ISISAN ÇALIŞMALARI NO.375

YENİLENEBİLİR ENERJİLER ALTERNATİF SİSTEMLER



ISISAN





Bilgi paylaştıkça çoğalır!

ISISAN AKADEMİ

33 Yıl ve 370 Yayın

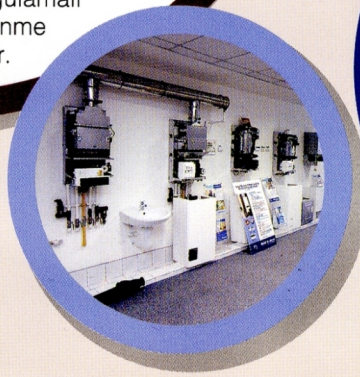
33 yıllık başarı dolu geçmişi, tesisat, proje ve uygulama alanındaki deneyimi ve bilgi birikimi ile sektörün önde gelen firması Isısan'ın 2007 yılı Eylül ayında kurduğu Isısan Akademi'de bugüne kadar düzenlediği 77 eğitime yaklaşık 2000 kişi katıldı. Uygulamalı eğitimlerde ısıtma, soğutma ve havalandırma sektörü temsilcilerinin yetkinlikleri ve deneyimleri arttı.



Isısan Akademi, 2008 yılında 500'ü aşkın eğitim düzenlemeyi planlıyor. Isısan, böylelikle faaliyet gösterdiği ısıtma, soğutma ve havalandırma sektörünün gelişmesi açısından önemli bir boşluğu doldurmaya devam edecek. Isısan'ın eğitim faaliyetleri İstanbul ile sınırlı değil. Ankara, Adana, İzmir, Antalya ve Bursa bölge müdürlüklerinde düzenlenen eğitimlerle Isısan bayilerini, servislerini ve sektör temsilcilerini, pazara sunduğu ürünlerle ilgili bilgilendiriyor. Eğitimlere üniversitelerin makine mühendisliği, mimarlık bölümü öğrencileri, çeşitli üniversitelere bağlı meslek yüksek okullarındaki iklimlendirme-soğutma, makine, tesisat teknolojileri gibi alanlarda eğitim gören yüksek öğrenimli tekniker adayları ile teknik ve mesleki lise öğrencileri de katılabiliyor. Eğitimler öğrencilere ihtiyaç duydukları bilgileri Isısan'ın pratik eğitim salonlarında, cihazların üzerinde birebir uygulamalı örnekleri ile öğrenme fırsatı sunuyor.



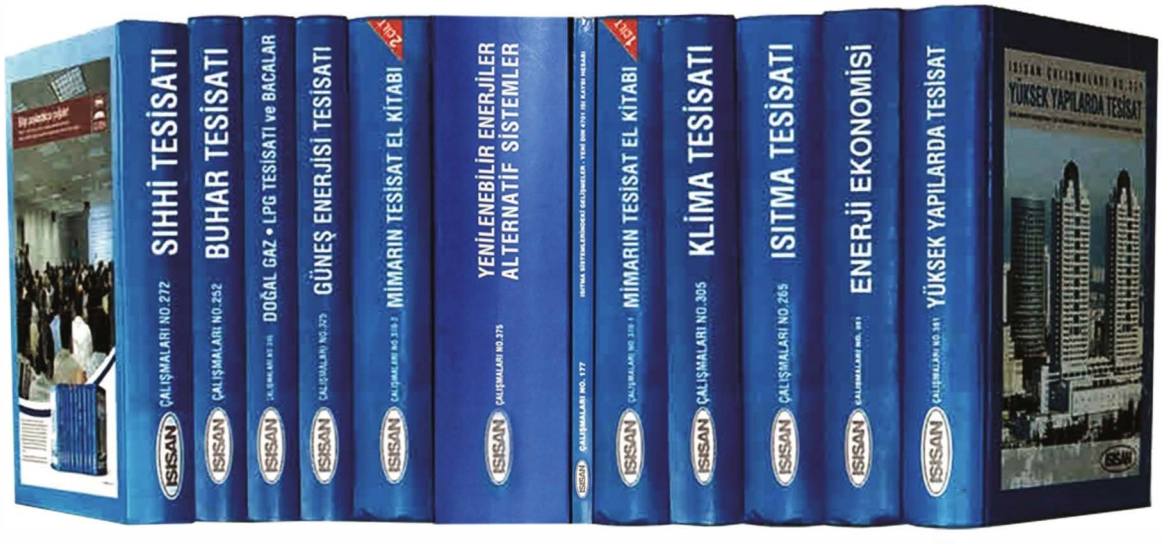




Isısan Akademi eksiksiz bir eğitim merkezi görevi görüyor. Sergilenen tüm ürünlerin çalışır halde olması, uygulamalı eğitim için önemli bir olanak sunuyor. Isısan Akademi aynı zamanda, binanın kendisinin şartlandırılması için kullanılan tesisat teknolojileri, yangın tesisatları, projelendirme ve uygulama detayları, yenilenebilir enerjiler ve alternatif sistemler ile ilgili örnek çevre dostu uygulamalar, kontrol sistemleri ve ileri bilgi teknolojileri ile oluşturulmuş güçlü altyapısı ile eğitim faaliyetleri için benzersiz bir ortam sunuyor.

YENİLENEBİLİR ENERJİLER ve ALTERNATİF SİSTEMLER





* Portions of this publication translated by permission from the ASHRAE publication "Ashrea Commercial/Institutional Ground-Source Heat Pump Engineering Manual" © 200X American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. Translated and distributed by Isısan Isıtma ve Klima Sanayi AŞ. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. To purchase the English language edition, contact ASHRAE, 1791 Tullie Circle, NE, Atlanta, GA 30329-2305 USA, www.ashrae.org

Bu yayının bazı bölümleri, izinli olarak ASHRAE'nin "Ashrea Ticari/Enstitüsel Toprak Kaynaklı Isı Pompaları Mühendislik El Kitabı" adlı yayınından tercüme edilmiştir. © 200X American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. Tercüme ve dağıtımı Isısan AŞ tarafından yapılmaktadır. ASHRAE tercümenin kesinliği hakkında sorumluluk kabul etmez. Kılavuzun İngilizce versiyonunu almak için, ASHRAE ile irtibata geçiniz: 1791 Tullie Circle, NE, Atlanta, GA 30329-2305 USA, www.ashrae.org

** Translation of VDI 4640 Part I, II and VDI 6002 Part I has been licensed by Verein Deutscher Ingenieure e. V. (Duesseldorf/Germany) but has not been examined. The German version is the official version as regards content of the VDI guideline.

Bu kitapta kullamlan "VDI 4640 Bölüm I, II ve VDI 6002 Bölüm I"in tercümeleri Verein Deutscher Ingenieure e. V. (Duesseldorf/Germany) tarafından Isısan AŞ'ye lisanslanmıştır, fakat kontrol edilmemiştir. Almanca versiyonu asıl yasal versiyon olup, asıl VDI direktifi olarak alınmalıdır.

Yenilenebilir Enerjiler ve Alternatif Sistemler kitabını Isısan yayınları içinde 32. kitap olarak sizlere sunuyoruz.
Çalışma hayatıma DSİ'de başladım. Mekanik tesisat konusunda 37 yıl, Isısan'da 33 yıl çalıştım. Böylece çalışma hayatımın 43. yılını tamamlamış bulunuyorum. Öğrenmeye ve öğrendiklerimi paylaşmaya çalıştım. Teknik dergilerde 200'den fazla makalem yayımlandı. TTMD'nin tüm Uluslararası sempozyumlarında ve MMO'nın TESKON Ulusal sempozyumlarında toplam 21 bildiri sundum. TTMD, Tesisat Mühendisleri ve Mimarlar için 500'den fazla seminerde bildiri sundum.
Son 18 yılda Mekanik Tesisat Mühendisleri ve Mimarlar için 32 kitap yayımladık. Isısan Yayınları giderek daha fazla Takım Çalışması oldu. Teorik ve pratik bilgilerin olduğu, sürekli güncelleştirilen bu kitaplar Tesisat Mühendislerinin proje ve uygulama konularında yararlandıkları ulaşılabilir bilgi kaynakları oldu. Birçok üniversite öğrencisi okul yıllarında da bu kitaplardan yararlandı. Takım çalışanlarına ve özellikle Prof. Dr. Ahmet Arısoy'a teşekkür ediyorum.
1999 yılında 10 $/Varil olan ham petrol fiyatı Temmuz/2008'de 146 $/Varil'e yükseldi. Global Ekonomik kriz vb nedenlerle bugünlerde 68 $/Varil seviyesine geriledi. Ancak ham petrol fiyatının yakın gelecekte 200 $/Varil değerinin üzerine çıkma olasılığı yüksek görünüyor.
Bugün projesi yapılan binaların mekanik tesisatlarının ekonomik ömrünün 25 yıl olacağını kabul etsek bile artan enerji maliyetleri nedeniyle yapacağımız tesisatların kaç yıl kullanılabileceği yani sürdürebilirliği sorgulanmalıdır. Yenilenebilir enerjilerden daha fazla yararlanılmalı ve enerji maliyeti düşük olan alternatif sistemler kullanılmaya çalışılmalıdır.
Yenilenebilir enerjiler içinde; güneş, rüzgar, jeotermal vb'den daha fazla yararlanmayı hedeflemeliyiz. Bu kitapta özellikle güneş enerjisinden kullanma sıcak suyu üretmesi ve bina ısıtması ile ilgili çok detaylı teorik ve pratik bilgiler ile birlikte hesaplama yöntemleri, alternatif projeler ve uygulama örnekleri bulacaksınız.
Enerji maliyetlerinde geleceğe dönük artışlar hesaplanırken, hepsinin aynı oranda artmayabileceği düşünülmektedir. Örneğin elektrik üretiminde hidrolik (barajlar), kömür, nükleer, jeotermal, rüzgar ve güneş enerjilerinden üretim imkanlarının da olması; gelecekte elektrik fiyatlarının ham petrol fiyatı kadar artmayabileceğini göstermektedir. Bu durum hava, su ve toprak kaynaklı ısı pompaları ve bunların güneş panelleriyle karışık olarak kullanıldığı alternatif sistemlerin gelecekte çok fazla kullanılabileceği tezini güçlendirmektedir.
Ambarlı ve diğer termik elektrik santralarının atık enerjisinden yaralanılması konusu kitap içinde alternatif sistemler bölümüne eklendi. Türkiye'nin önemli kaynaklarından biri olan termik santralların atık ısılarını denize ve havaya atmak yerine; New York, Helsinki, Moskova, Londra, Frankfurt vb de olduğu gibi şehirlerin ısıtılmasında, hatta soğutulmasında kullanmak mümkündür.
Yenilebilir Enerjiler ve Alternatif Sistemler kitabında yayımlanmak üzere *"ASHRAE Commercial / Institutional Ground-Source Heat Pump Engineering Manual" ve "Guidelines VDI 4640 Part 1,2 and VDI 6002 Part 1"* kitaplarından alıntılar yapılarak, tercüme edildi.
Bu kitap bir ön baskı olup sınırlı sayıda basılacaktır. Sizlerden gelen bilgiler doğrultusunda daha detaylı çalışmalar yapılarak yaklaşık 6 ay içinde 2. baskısı yapılacaktır.
Kitap; Sayın **Fatih Öner**'in liderliğindeki Yenilenebilir Enerjiler ve Alternatif Sistemler bölümü tarafından hazırlandı. Ekip içinde başta Sayın **Nejat Kiper** olmak üzere, Umut Uluçay, Banu Sarı ve Murat Türkmen yer aldı. Kendilerine özverili çalışmalarından dolayı teşekkür ederim.
Sayın **Erdinç Boz** her zamankinden de fazla katkı yaptı. Bu gönülden katılımı için kendisine özel olarak teşekkür ederim.
Jeotermal enerji bölümünü Prof. Dr. Mecit Toksoy, *Yrd. Doç Niyazi Aksoy ve Dr. Ümran Serpen* hazırladı. Kendilerine özel olarak teşekkür ederim.
Rüzgar Enerjisi bölümüne Prof. Dr. Barış Özerdem katkı yaptı. Kendisine teşekkür ederim.
Hidrojen bölümüne katkılarından dolayı TÜBİTAK MAM Enerji Enstitüsü'ne ve Dr.Atilla Ersöz'e teşekkür ederim.
Sayın **Nurettin Küçükçalı** pratik bilgiler ve tesisat şemalarını hazırladı. Kendisine özel olarak teşekkür ederim.
Sayın **Emre Akay** kitabın hazırlanmasında koordinatör olarak görev aldı ve ayrıca çok ciddi katkı yaptı. Aynı zamanda pazarlama bölümünde de çok başarılı olan Güler yüzlü arkadaşıma teşekkür ederim.
Isısan mühendis ve teknisyenlerin üstün çabaları ile tam bir takım çalışması yapıldı. *Sayın **Turhan Karakaya** liderliğindeki Klima Bölümü (Özgür Denizalp, Seda Dalmış, Aras Malcı, Sedef Mahyacı), Selman Tarmur, Ali Aktaş, Güneş Küçükçalı, Feyzi Oğuz, Sedat Akaryıldız, Barış Genç, Serdar İzgi, Aytekin Çakır, Ali Gülgüzel, İbrahim Ü. Tatlıdil, Ömer Gönültaş, Mehmet Songur, Munise Bilge Çitil, Bülent Sarıoğlu, Mehmet Efe, Emre Kaynar ve çizimleri yapan Hasan Çeribaş da bu takımın değerli üyeleridir.* Kendilerine teşekkür ederim.
Bu kitabın hazırlanmasına katkıları olan,
Prof. Dr. Ahmet Arısoy, Prof. Dr. Hikmet Karakoç, Prof. Dr. A. Nilüfer Eğrican, Makine Yüksek Mühendisleri: *Sayın Abdullah Bilgin, Salim Evyapan, Kani Korkmaz, Eren Kalafat, Serdar Uzgur, İsmail Can, Engin Kenber, Baycan Sunaç, Cafer Aktürk, Zühtü Ferah, Burhan Sadıkoğlu, Çoşkun Kobek, David Benett, Cevat Tanrıöver, Zeki Aksu, Ömer Köseli, İbrahim Köroğlu, Fatma Akım, Berk İnce, Fahri Sönmez, Can Külekçioğlu, Yoni Altaras, kitabın iç tasarımını yapan Sayın Cem Fahri Turhan*'a ve Edebiyat Öğretmeni *Fatma Arısoy*'a ayrıca bu kitabı okuyarak eleştirilerini bize iletme nezaketini gösterecek meslektaşlarımıza teşekkür ederim.

Kasım 2008
Rüknettin Küçükçalı
Makine Y. Mühendisi

GÜNCEL ISISAN YAYINLARI

Yenilenebilir Enerjiler ve Alternatif Sistemler

Mimarın Tesisat El Kitabı (2. baskı)

Yüksek Yapılarda Tesisat (2. baskı)

Enerji Ekonomisi (2. baskı)

Isıtma Tesisatı (5. baskı)

Klima Tesisatı (3. baskı)

Doğal Gaz - LPG Tesisatı ve Bacalar (5. baskı)

Güneş Enerjisi Tesisatı

Sıhhi Tesisat (2. baskı)

Buhar Tesisatı (2. baskı)

Isıtma Sistemlerindeki Gelişmeler ve Yeni DIN 4701 Isı Kaybı Hesabı

Doğal Gaz El Kitabı (4. baskı)

Villa Tesisatı

İÇİNDEKİLER

SAYFA

I. BÖLÜM
GİRİŞ 12

II. BÖLÜM
GÜNEŞ ENERJİSİ 19

2.1. GÜNEŞ ENERJİSİNİN TOPLANMASI 19

2.2. GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEM ÇEŞİTLERİ 21
2.2.1. PASİF SİSTEMLER 21
2.2.1.1. Güneş Mimarisi Uygulamaları 21
2.2.1.2. Ürün Kurutma ve Seralar 30
2.2.1.3. Su Arıtma Sistemleri 30
2.2.2. AKTİF SİSTEMLER 30
2.2.2.1. Elektrik Enerjisi Üretimi / Fotovoltaik Sistemler 30
2.2.2.2. Isı Enerjisi Üretimi 38

2.3. ISI ENERJİSİ ÜRETİMİNDE KULLANILAN GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİNDE TERİMLER VE TANIMLAR 40

2.4. KULLANIM SUYU ISITMASINA YÖNELİK CEBRİ SİRKÜLASYONLU GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ VE TEMEL SİSTEM BİLEŞENLERİ 40
2.4.1. GÜNEŞ KOLEKTÖRLERİ 41
2.4.1.1. Güneş Kolektörü Tipleri 41
2.4.1.2. Güneş Kolektörlerinin Verimliliği, Karakteristik Eğrileri ve Değerleri 42
2.4.2. KULLANIM SUYU ISITMASI İÇİN GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİ SEÇİM KRİTERLERİ 44
2.4.3. TEMEL SİSTEM ÇEŞİTLERİ 45
2.4.4. SİSTEM İŞLETİMİ 45
2.4.5. EK ISITMA SİSTEMLERİ 49
2.4.6. SİSTEM TASARIM PRENSİPLERİ 49
2.4.6.1. Güneş Enerjisi Sistemleri ile Konvansiyonel Isıtma Sistemleri Arasındaki Temel Farklar 49
2.4.6.2. Tasarım İçin Ön Koşullar 49
2.4.6.3. Yıllık İhtiyaç Profili 49
2.4.6.4. Tüketim Ölçümü 50
2.4.6.5. Kolektör Alanı 51
2.4.6.6. Güneş Enerjisi Boylerleri 57
2.4.6.7. Eşanjör (Isı değiştirici) Devreleri 58
2.4.6.8. Kolektör Devresi Borulama Sistemi 60
2.4.6.9. Isı Yalıtımı 61
2.4.6.10. Pompalar 61
2.4.6.11. Emniyet Tertibatı 61
2.4.6.12. Kolektör Devresindeki Isı Taşıyıcı Akışkan 63

2.5. KULLANIM SUYU ISITMASI SAĞLAYAN DOĞAL DOLAŞIMLI GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ 64
2.5.1. AÇIK DEVRE DOĞAL DOLAŞIMLI SİSTEMLER 64
2.5.1.1. Basınçsız Açık Devre Sistemler 64
2.5.1.2. Basınçlı Açık Devre Sistemler 64
2.5.2. KAPALI DEVRE SİSTEMLER 64
2.5.2.1. Her İki Devresi Basınçsız Kapalı Devre Sistemler 64
2.5.2.2. Kullanım Suyu Devresi Basınçlı Kapalı Devre Sistemler 64
2.5.2.3. Her İki Devresi Basınçlı Kapalı Devre Sistemler 65

2.6. KULLANIM SUYU ISITMASI, MAHAL ISITMA DESTEĞİ VE YÜZME HAVUZU ISITMASINA YÖNELİK CEBRİ SİRKÜLASYONLU GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ İÇİN ÜRÜN TEKNOLOJİLERİ 67
2.6.1. SİSTEM BİLEŞENLERİ 67
2.6.1.1. Güneş Kolektörleri 67
2.6.1.2. Güneş Enerjisi Boylerleri 74
2.6.1.3. Güneş Enerjisi Sistemi Kumanda Paneli 86

2.7. TASARIM 111
2.7.1. TASARIM ESASLARI 111
2.7.1.1. Güneş Enerjisi ile Kullanım Suyu Isıtması 111
2.7.1.2. Güneş Enerjisi ile Kullanım Suyu Isıtması ve Isıtma Desteği 111
2.7.1.3. Bilgisayar Simülasyonu ile Tasarım 111
2.7.2. KOLEKTÖR GRUBUNUN VE GÜNEŞ ENERJİSİ BOYLERİNİN BOYUTLANDIRILMASI 112
2.7.2.1. Villa ve İkiz Villalarda Kullanım Suyu Isıtması Sağlayan Sistemler 112
2.7.2.2. Tek ve İkiz Villalarda Kullanım Suyu Isıtması ve Isıtma Desteği Sağlayan Sistemler 115
2.7.2.3. Küçük Apartmanlar (3-5 Daireli) 116
2.7.2.4. Büyük Apartmanlar (Daire Sayısı ≤ 30) 118
2.7.2.5. Yüzme Havuzu Isıtması Sağlayan Sistemler 121
2.7.3. KOLEKTÖR MONTAJI İÇİN YER İHTİYACI 122
2.7.3.1. Çatı Üstü ve Çatı İçi Montajda Yer İhtiyacı 122

SAYFA

2.7.3.2. Düz Çatı Montajında Yer İhtiyacı 125
2.7.3.3. Bina Cephesine Montajda Yer İhtiyacı 126
2.7.4. TESİSATIN PLANLANMASI 129
2.7.4.1. Hidrolik Bağlantı 129
2.7.4.2. Düzlemsel Kolektörler İçin Kolektör Grubundaki Hacimsel Debi 136
2.7.4.3. Düzlemsel Kolektörler İçin Kolektör Grubundaki Basınç Kayıplarının Hesaplanması 136
2.7.4.5. Güneş Enerjisi Devresinde Boru Hatlarındaki Basınç Kaybı 139
2.7.4.6. Güneş Enerjisi Boylerleri Basınç Kaybı 140
2.7.4.7. Hidrolik Grup Seçimi 140
2.7.5. MEMBRANLI GENLEŞME TANKININ BOYUTLANDIRILMASI 141
2.7.5.1. Sistem Su Hacminin Hesaplanması 141
2.7.5.2. Düzlemsel Kolektörlü Güneş Enerjisi Sistemleri İçin Membranlı Genleşme Tankı 142
2.7.5.3. Vakum Borulu Kolektörlü Güneş Enerjisi Sistemleri İçin Membranlı Genleşme Tankı 146

2.8. MONTAJ İLE İLGİLİ PLANLAMA BİLGİLERİ 148
2.8.1. BORU HATTI, ISI YALITIMI VE KOLEKTÖR SICAKLIK DUYAR ELEMANI UZATMA KABLOSU 148
2.8.2. HAVA TAHLİYESİ 148
2.8.2.1. Otomatik Hava Purjörü 148
2.8.2.2. Doldurma Ünitesi ve Hava Ayırıcı 149
2.8.3. DÜZLEMSEL KOLEKTÖRLERİN MONTAJ SİSTEMLERİ İLE İLGİLİ TALİMATLAR 150
2.8.3.1. DIN 1055'e Göre Müsaade Edilen Standart Kar Yükleri ve Bina Yükseklikleri 150
2.8.3.2. Boru Bağlantı Seti Seçimi 151
2.8.3.3 Düzlemsel Kolektörlerin Çatı Üstü Montajı 151
2.8.3.4. Düzlemsel Kolektörler İçin Çatı İçi Montaj 158
2.8.3.5. Düzlemsel Kolektörlerin Düz Çatıya Montajı 159
2.8.3.6. Düzlemsel Kolektörlerin Bina Cephesine Montajı 164
2.8.3.7. Vakum Borulu Kolektörlerin Düz Çatıya Montajı 164
2.8.3.8. Güneş Enerjisi Sistemleri İçin Yüksek Gerilim Koruması 168

SAYFA

2.10. ÖRNEK TESİSAT ŞEMALARI 173
2.11. ÖZEL PROJELER 210
2.11.1. ÖZEL PROJE 1 210
2.11.2. ÖZEL PROJE 2 216
2.12. ÖRNEK SİMÜLASYONLAR 218
2.12.1. KULLANIM SUYU ISITMASI İÇİN GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİ ÖRNEK SİMÜLASYON RAPORU 218
2.12.2. ÇEŞİTLİ GÜNEŞ ENERJİSİ UYGULAMALARI İÇİN İLLERE GÖRE SİMÜLASYON SONUÇLARI VE KARŞILAŞTIRMALARI 220

III. BÖLÜM
ÇEVRE ENERJİSİ 247

3.1. TEMEL KAVRAMLAR VE BİLGİLER 247
3.1.1. MEKANİK ENERJİ İLE ÇALIŞAN ISI POMPALARI 247
3.1.2. TERMAL ENERJİ İLE ÇALIŞAN ISI POMPALARI 248
3.1.3. ETKİNLİK VE VERİMLİLİK TANIMLARI 248
3.1.3.1. Etkinlik Katsayısı (EK veya COP) 249
3.1.3.2. Enerji Verimlilik Oranı (EER) 249

3.2. TERMODİNAMİK AÇIDAN ISI POMPALARI 249
3.2.1. TERS CARNOT ÇEVRİMİ 249
3.2.2. İDEAL BUHAR SIKIŞTIRMALI SOĞUTMA ÇEVRİMİ 250
3.2.3. GERÇEK BUHAR SIKIŞTIRMALI SOĞUTMA ÇEVRİMİ 251

3.3. ISI POMPASI ÇALIŞMA PRENSİBİ 252
3.3.1. ISI POMPALARINDA KULLANILAN ISI KAYNAKLARI 252
3.3.1.1. Çevre Havası 252
3.3.1.2. Toprak 253
3.3.1.3. Yüzey Suları 253
3.3.1.4. Yer altı Suları 253
3.3.1.5. Atık Hava 253
3.3.1.6. Atık Sıvılar 253
3.3.2. KOMPRESÖRLER 254
3.3.2.1. Kompresörlerin Sıkıştırma Metotlarına Göre Sınıflandırılması 254
3.3.2.3 Inverter Sistemler 258
3.3.3. SOĞUTUCU AKIŞKANLAR 260
3.3.4. ISI POMPASI İŞLETİM ŞEKİLLERİ 265
3.3.4.1. Monovalent (Tekli) İşletim (Şekil 3.36) 265

SAYFA

3.3.4.2. Monoenergetic (Tek Enerjili) İşletim (Şekil 3.37) ... 265
3.3.4.3. Bivalent (İkili) İşletim ... 267
3.4. TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPALARI ... 268
3.4.1. TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPASI UYGULAMA ÇEŞİTLERİ ... 269
3.4.1.1. Yatay Toprak Isı Değiştiricileri ... 269
3.4.1.2. Dikey Toprak Isı Değiştiricileri ... 271
3.4.1.3. Yeraltı Suyu Uygulaması ... 274
3.4.1.4. Yüzey Suyu Uygulaması ... 275
3.4.2. TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPASI ÖZELLİKLERİ VE SİSTEM BİLEŞENLERİ ... 275
3.4.2.1. Toprak Kaynaklı Isı Pompalarında Bina İçi Isıtma Tesisatı ... 275
3.4.2.2. Isı Pompaları İle Enerji Tasarrufu ... 276
3.4.2.3. Yüksek Verimli Toprak Kaynaklı Isı Pompalarının Özellikleri ... 277
3.4.2.4. Toprak Kaynaklı Isı Pompası Teknik Özellikleri ... 278
3.4.2.5. Yüksek Verimli Toprak Kaynaklı Isı Pompaları Sistem Bileşenleri ... 280
3.4.3. TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPALARININ SEÇİMİ ... 283
3.4.3.1 Bina Isı Kaybının Yaklaşık Olarak Hesaplanması ... 283
3.4.3.2. Sıcak Kullanım Suyu İçin İlave Kapasite ... 285
3.4.3.3. Isı Kaynağının Seçimi ... 285
3.4.3.4. Tesisat Örnekleri ... 287
3.4.4. TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPALARININ ÇEVRESEL İNCELEMESİ ... 296
3.4.4.1. Tanımlar ... 296
3.4.4.2. Yer Altı Isı Rejimi ... 296
3.4.4.3. Sistem Tasarımı İçin Prensipler ... 297
3.4.4.4. Yatay Ve Dikey Toprak Isı Değiştiricili Isı Pompası Sistemleri İle İlgili Genel Şartlar ... 299
3.4.4.5. Isı Pompaları Emniyet Ekipmanları ... 300
3.4.4.6. Saha Değerlendirmesi ... 300
3.4.4.7. Yerleşim Şartları ... 300
3.4.4.8. Toprak Kaynaklı Isı Pompalarının Çevresel Etkileri ... 300
3.4.4.9. Yer Altı Devreleri İçin Malzeme Seçimi ... 303
3.4.5. TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPALARINDA KAYNAK DEVRESİ PLANLAMASI ... 303
3.4.5.1. Kuyu Sistemleriyle Yer Altı Sularının Doğrudan Kullanılması ... 303

SAYFA

3.4.5.2. Yatay Toprak Isı Değiştiricileri ... 305
3.4.5.3. Dikey Toprak Isı Değiştiricileri ... 307
3.4.5.4. Farklı Toprak Isı Değiştiricileri Uygulamaları ... 314
3.4.5.5. Toprak Kaynaklı Isı Pompası Sistemlerinin Sökülmesi ... 318
3.4.6. TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPALARINDA KAYNAK DEVRESİ PLANLAMASI ... 318
3.4.6.1. Giriş ... 318
3.4.6.2 Arazi Ölçüm Gereksinimleri ... 320
3.4.6.3 BİNA YÜKÜNÜN HESAPLANMASI 326
3.4.6.4. Sistem Seçimi ... 328
3.4.6.5. Toprak Kaynaklı Isı Değiştirici Sistemleri ... 335
3.5. HAVA KAYNAKLI ISI POMPALARI ... 348
3.5.1. ÇALIŞMA PRENSİBİ ... 348
3.5.2. SİSTEM BİLEŞENLERİ ... 349
3.5.2.1. Hava Kaynaklı Isı Pompası İç Ünitesi 349
3.5.2.2. Hava Kaynaklı Isı Pompası Dış Ünitesi 349
3.5.2.3. Hava Kaynaklı Isı Pompası Boyleri ... 354
3.5.2.4. Hava Kaynaklı Isı Pompası Kontrol Ünitesi ... 354
3.5.3. SİSTEM SEÇİMİ ... 354
3.5.3.1. Isı Kaybı ve Kazancı Hesaplarının Yapılması ... 356
3.5.3.2. Isı Değiştiricilerinin Seçimi ... 356
3.6.3.3. Cihaz Seçimi ... 358
3.5.3.4. Örnek Simülasyon ... 359
3.5.3.5. Türkiye Şartlarında Hava Kaynaklı Isı Pompalarının Kullanılabilirliği ... 362
3.5.4. SAHA TESTLERİ ... 362
3.5.4.1. Norveç ... 363
3.5.4.2. Fransa ... 365
3.5.5. HAVA KAYNAKLI ISI POMPALARININ TÜRKEYE İÇİN KULLANILABİLİRLİĞİ VE ÖRNEK CİHAZ SEÇİMLERİ ... 366
3.5.6. TESİSAT ŞEMALARI ... 377
3.6. SU KAYNAKLI ISI POMPALARI ... 392
3.6.1. SU KAYNAKLI ISI POMPASI SİSTEMİNE GENEL BAKIŞ ... 392
3.6.2. SU KAYNAKLI ISI POMPALARI ... 395
3.6.2.1. Su Kaynaklı Isı Pompası Cihaz Bileşenleri ... 395
3.6.2.2. Su Kaynaklı Isı Pompası Tipleri ... 398
3.6.2.3. Su Kaynaklı Isı Pompası Cihaz Seçimi ... 403
3.6.2.4. Su Kaynaklı Isı Pompalarının Montajı ... 403

		SAYFA
3.6.2.5.	Su Kaynaklı Isı Pompalarının İsteğe Bağlı Özellikler	407
3.6.3.1.	Soğutma Kulesi Tipleri	411
3.6.3.2	Kule Kontrolü ve Donma Koruması	413
3.6.3.3.	Kule Seçimi	413
3.6.4.	KAZAN KAPASİTESİNİN BELİRLENMESİ VE KAZAN SEÇİMİ	414
3.6.5.	DEPOLAMA TANKI KULLANIMI	415
3.6.6.	SU KAYNAKLI ISI POMPASI SİSTEMİNİN DİĞER BİLEŞENLERİ	416
3.6.6.1.	Boru Devresi ve Pompalar	416
3.6.6.2.	Drenaj Hattı Tasarımı	418
3.6.6.3.	Esnek Bağlantı Setleri	418
3.6.6.4.	Termostatlar	420
3.6.6.5.	Su Devresi Sıcaklık Kontrolü ve Bina Otomasyonu	421
3.6.6.6.	Hava Kanalları	421
3.6.7.	TESİSAT ŞEMALARI	422
3.7.	**ISI POMPASI BİNA İÇİ TESİSAT UYGULAMALARI**	442
3.7.1.	DÖŞEMEDEN ISITMA	442
3.7.1.1.	Döşeme Konstrüksiyonu ve Kullanılan Malzemeler	444
3.7.1.2.	Döşemeden Isıtma Sisteminin Projelendirilmesi	445
3.7.1.3.	Eleştiriler	447
3.7.1.4	Avantajlar	451
3.7.1.5	Döşemeden Isıtma ile İlgili Tavsiyeler	451
3.7.2.	RADYATÖRLER	453
3.7.2.1.	Radyatör Sistemi İle İlgili Pratik Notlar	453
3.7.2.2.	Radyatör Seçimi	453
3.7.2.3.	Radyatör Miktarının Artırılmasının Yakıt Tüketimi Ve Yatırım Maliyeti Üzerine Etkisi	454
3.7.2.4.	Radyatörlerin Karşılaştırılması	455
3.7.2.5.	Radyatörlerin Yerleştirilmesi	455
3.7.2.6.	Radyatörlerin Arkası İçin Isı Yalıtım Levhaları	456
3.7.2.7.	Radyatörlerin Montajı	457
3.7.2.8.	Termostatik Radyatör Vanaları	457
3.7.3.	FANCOIL CİHAZLARI	458
3.7.3.1.	Fancoil Tipleri ve Uygulamaları	461
3.7.3.2.	Fancoil Seçimi için Gerekli Bilgiler	461
3.7.3.3.	Fancoil Seçimi ile ilgili diğer notlar	462
3.7.3.4.	Fancoil Ses Seviyesinin Hesaplanması	463
3.7.3.5.	Fancoil Montajında ve İşletmeye Almada Dikkat Edilecek Hususlar	464
3.7.4.	KANAL SİSTEMİ TASARIMINA GENEL YAKLAŞIM	465
3.7.4.1.	Standart Kanallar ve Bileşenleri	465
3.7.4.2.	Hava Dağıtımı	465
3.7.4.3.	Ön Taslak Çizimi	465
3.7.4.4.	Kanal Tasarım Yöntemleri	465
3.7.4.5.	Kanal Sisteminde Hızlar	467
3.7.4.6.	Basınç Sınıflandırması	467
3.7.4.7.	Kanal Sızdırmazlığı	468
3.7.4.8.	Kanal Yalıtımı, Isı Kayıp ve Kazançları	469
3.7.4.9.	Yangın ve Duman Kontrolü	471
3.7.4.10.	Kanallarda Ses ve Titreşim	472
3.7.4.11.	Test, Ayar ve Balans (TAB)	472
3.7.4.12.	Yuvarlak Kanallarda Hava Debisi Ölçümü	472
3.7.4.13.	Dirsekler ve Yönlendirici Kanatlar	473
3.7.4.14.	Kanal Boyutlandırması Hesap Esasları	473
3.7.4.15.	Akışa Göre Direnç	476
3.7.4.16.	Fan – Sistem Etkileşimi	476
3.7.4.17.	Kanal Boyutlandırma Yöntemleri	477
3.7.4.18.	Fanlı Isıtma/Soğutma Cihazlarına Yönelik Kanal Tasarımı	494
3.7.4.19.	HAVA KANALLARI UYGULAMA ALTERNATİFLERİ	499
3.7.4.20.	KANAL SİSTEMLERİNDE EKONOMİ	501
3.7.4.21.	Yuvarlak Kanalların Montaj ve Yatırım Açısından İncelenmesi	503
3.7.4.22.	Yuvarlak Hava Kanalı Sistemleri	505
3.7.4.23.	Kanallardaki Hava Kaçaklarının Maliyeti	513
3.8.	**VRV SİSTEMLER**	515
3.8.1.	VRV SİSTEMİN ORTAYA ÇIKARILMASI VE GELİŞTİRİLMESİNDEKİ TEMEL NEDENLER	515
3.8.2.	VRV SİSTEMDE KULLANILAN İÇ ÜNİTE TİPLERİ	517
3.8.3.	VRV SİSTEM TESİSAT LİMİTLERİ, ÇALIŞMA SICAKLIK ARALIKLARI, TESİSATTA KULLANILAN BAKIR BORULAR	517
3.8.4.	VRV SİSTEMLERİN ÇALIŞMA PRENSİBİ	519
3.8.5.	HAVA SOĞUTMALI VRV SİSTEMLER	520
3.8.5.1.	Oda Sıcaklık Kontrolü, Enerji Ekonomisi	520
3.8.5.2.	Minimum Yer İhtiyacı	520
3.8.5.3.	Kat Bazında Çözüm İmkanı, Zonlama	520

SAYFA

3.8.5.4. Defrost ... 521
3.8.5.5. Enerjinin Paylaşımı ... 523
3.8.5.6. Arıza Durumunda Sistem Davranışı ... 523
3.8.5.7. Diversite ... 523
3.8.5.8. Taze Hava İhtiyacı ... 523
3.8.6. SU SOĞUTMALI VRV SİSTEMLERİ ... 523
3.8.6.1. Su Soğutmalı VRV Tipleri ... 524
3.8.6.2. Su Soğutmalı VRV Sisteminin Uygulama Alanları ... 524
3.8.6.3. Su Soğutmalı VRV Isı Geri Kazanımlı (Water Cooled Heat Recovery) Sistemler ... 526
3.8.6.4. Toprak Kaynaklı Su Soğutmalı VRV Isıtma + Soğutma ... 528
3.8.6.5. Oda Sıcaklık Kontrolü, Enerji Ekonomisi ... 528
3.8.6.6. Dış Cephe Üzerinde Yer İhtiyacı ... 528
3.8.6.7. Enerjinin Taşınması ... 529
3.8.6.8. Kat Bazında Çözüm İmkanı ... 529
3.8.6.9. Enerjinin Paylaşımı ... 532
3.8.6.10. Arıza Durumunda Sistem Davranışı ... 532
3.8.6.11. Diversite ... 532
3.8.6.12. Defrost Faktörü ... 532
3.8.6.13. Taze Hava İhtiyacı ... 532
3.8.7. OTEL, ÇARŞI, VB YAPILARDAKİ ATIK ISIDAN YARARLANILABİLECEK ALTERNATİF ÇÖZÜM ÖNERİLERİ ... 532
3.8.7.1. Atık Isının Hava Soğutmalı VRV Sistem Soğutma Modunda İken Kullanma Sıcak Suyunun Hazırlanmasında Kullanımına Yönelik Çözüm Önerileri ... 533
3.8.7.2. Alışveriş Merkezi Uygulamalarında Isı Geri Kazanımlı VRV Sistemlerin Kullanımı ... 533

IV. BÖLÜM

RÜZGAR ENERJİSİ ... 538

4.1. GİRİŞ ... 538
4.2. RÜZGAR OLUŞUMU ... 539
4.3. RÜZGAR İLE İLGİLİ TANIMLAR 539
4.4. RÜZGAR ÖLÇÜMLERİ ... 540
4.4.1. BEAUFORT RÜZGAR ÖLÇEĞİ ... 540
4.4.2. RÜZGAR GÖZLEM İSTASYONLARI (RGİ) ... 540
4.4.3. RÜZGAR GÜLÜ ... 541
4.4.4. RÜZGAR DEĞERLENDİRMELERİ ... 541
4.5. RÜZGAR TÜRBİNLERİ ... 541

SAYFA

4.5.1. RÜZGÂR TÜRBİNİ İÇ YAPISI ... 543
4.5.2. RÜZGAR GÜCÜNÜN İLETİMİ VE ÜRETİM ... 544
4.5.3. RÜZGAR TÜRBİNİ ÇEŞİTLERİ ... 544
4.5.3.1. Yatay Eksenli Rüzgar Türbinleri ... 544
4.5.3.2. Dikey Eksenli Rüzgar Türbinleri ... 545
4.5.3.3. Eğik Eksenli Rüzgar Türbinleri (Wagner RT) ... 546
4.5.3.4. Deniz Üstü Rüzgar Türbinleri ... 546
4.5.4. RÜZGAR TÜRBİNİ GÜÇ EĞRİSİ ... 546
4.5.5. RÜZGAR TÜRBİNLERİNDE GÜÇ DENETİMİ ... 546
4.5.6. RÜZGAR TÜRBİNLERİNİN ŞEBEKEYE BAĞLANMASI ... 548
4.5.7. RÜZGAR TÜRBİNİ ÖMRÜ ... 548
4.5.8. RÜZGAR TÜRBİNLERİNİN BAKIMI ... 548
4.5.9. RÜZGAR TÜRBİNİ GÜVENLİĞİ ... 548
4.6. RÜZGAR JENERATÖRLERİ ... 548
4.6.1. ASENKRON (İNDÜKSİYON) JENERATÖR ... 548
4.6.2. RÜZGAR JENERATÖRLERİYLE ELEKTRİK ÜRETİMİ ... 549
4.6.3. İKİ HIZLI JENERATÖRLER ... 549
4.7. RÜZGAR SANTRALİ (PARKI VE ÇİFTLİĞİ) ... 549
4.8. ÇEVRESEL ETKİLER ... 550
4.9. RÜZGAR ENERJİSİNDE KARA KULLANIMI ... 550
4.10. MEKANİK GÜRÜLTÜ OLUŞUMU 550
4.11. RÜZGAR TÜRBİNLERİNDE SES ... 550
4.12. RÜZGAR ENERJİSİ EKONOMİSİ 551
4.13. TÜRKİYE'DE RÜZGAR ENERJİSİ ... 551

V. BÖLÜM

HİDROJEN ... 556

5.1. GİRİŞ ... 556
5.2. ENERJİ VE ISIL VERİM ... 557
5.3. HİDROJEN REZERVLERİ ... 557
5.4. YAKIT HÜCRELERİ ... 558
5.4.1. YAKIT HÜCRELERİ BİLEŞENLERİ ... 558
5.4.2. YAKIT HÜCRESİ ÇEŞİTLERİ ... 559
5.4.3. PEM YAKIT HÜCRELERİ ... 559
5.4.4. YAKIT PİLİ (SODYUM BOR HİDRÜR – $NABH_4$) ... 559
5.4.5. SODYUM BOR HİDRÜRDEN HİDROJEN ÜRETİMİ ... 560

SAYFA

5.5. HİDROJEN DAĞITIMI ... 560
5.6. HİDROJENİN DEPOLANMASI ... 561
5.7. HİDROJEN ÜRETİM YÖNTEMLERİ ... 561
5.7.1. FOSİL YAKITLARDAN HİDROJEN ÜRETİMİ ... 561
5.7.2. BİYOKÜTLEDEN HİDROJEN ÜRETİMİ ... 563
5.7.2.1. Gazlaştırma ... 565
5.7.2.2. Piroliz (Karbonlaştırma) ... 565
5.7.2.3. Alkol Fermentasyonu ... 565
5.7.2.4. Anaerobik Dönüşüm ... 566
5.7.2.5. Biyolojik Prosesler ... 566
5.7.2.6. Biyokütleden Metanol ve Hidrojen Üretimi ... 567
5.7.3. SUDAN HİDROJEN ÜRETİMİ ... 567
5.7.3.1 Suyun Doğrudan Isıl Bozunmasıyla Hidrojen Üretimi ... 567
5.7.3.2. Isıl-Mekanik Yöntemlerle Hidrojen Üretimi ... 567
5.7.3.3. Foto Dönüşümler ... 567
5.7.3.4. Suyun Elektrolizi ... 570

VI. BÖLÜM
BİYOENERJİ ... 572
6.1. BİYODİZEL ... 572
6.2. BİYODİZEL ÜRETİM YÖNTEMİ ... 572
6.2.1. ALKOL VE KATALİZÖRÜN KARIŞTIRILMASI ... 572
6.2.2. REAKSİYON ... 572
6.2.3. AYIRMA ... 572
6.2.4. ALKOLÜN UZAKLAŞTIRILMASI ... 572
6.2.5. GLİSERİN NÖTRALİZASYONU ... 572
6.2.6. METİL ESTER YIKAMA İŞLEMİ ... 572
6.3. BİYODİZELİN ÇEVRESEL ÖZELLİKLERİ ... 573
6.4. BİYODİZEL YAKITININ TOPLUMSAL FAYDALARI ... 573
6.5. BİYODİZEL ÜRETİM VE TÜKETİM ALANLARI ... 573
6.5.1. ULAŞTIRMA SEKTÖRÜ ... 574
6.5.2. KONUT SEKTÖRÜ ... 574
6.5.3. SANAYİ SEKTÖRÜ ... 574
6.6. BİYODİZELİN YAKIT OLARAK TEKNİK ÖZELLİKLERİ ... 576
6.7. DAĞITIM VE TÜKETİM AŞAMALARINDA DEPOLAR VE MOTORLAR ÜZERİNDE UYGULANAN ÖNLEMLER ... 576
6.8. BİYOGAZ ... 577
6.8.1. BİYOGAZ NEDİR? ... 577
6.8.2. BİYOGAZIN KULLANIM ALANLARI ... 577

SAYFA

6.8.3. BİYOGAZIN DİĞER YAKITLARLA KARŞILAŞTIRILMASI ... 579
6.8.4. BİYOGAZ ÜRETİMİNDE KULLANILABİLECEK ATIKLAR ... 579
6.8.5. BİYOGAZ ÜRETİMİ ... 579
6.8.6. BİYOGAZ TESİSLERİNİN TASARLANMASINDA DİKKAT EDİLECEK KONULAR ... 580
6.9. BİYOGAZ VE TÜRKİYE ... 580
6.10. BİYOKÜTLE ENERJİSİ ... 581
6.10.1. KONUNUN TANIMI, AMAÇ VE KAPSAMI ... 581
6.10.2. BİYOKÜTLE TEKNOLOJİSİ ... 581
6.10.3. DÜNYADA BİYOKÜTLE ENERJİSİ KULLANIMI, ULAŞILAN TEKNOLOJİK DÜZEY VE GELECEĞİ ... 582
6.10.4. TÜRKİYE'DE BİYOKÜTLE POTANSİYELİ VE KULLANIMI ... 583
6.11. TÜRKİYE'DE ÖNCELİKLE İNCELENMESİ GEREKEN KONULAR ... 583

VII. BÖLÜM
DALGA ENERJİSİ ... 584
7.1. SALINIMLI SU SÜTUNU PRENSİBİ İLE ÇALIŞAN ENERJİ DÖNÜŞTÜRÜCÜLERİ ... 585
7.2. ŞAMANDIRA TİP ENERJİ DÖNÜŞTÜRÜCÜLERİ ... 585
7.3. KANALLARDA DALGA TAŞMALARI ... 586
7.4. YÜZER SİLİNDİR ŞEKLİNDEKİ BİRİMLER ... 586
7.5. DALGA ENERJİSİ POTANSİYELİ 587

VIII. BÖLÜM
JEOTERMAL ENERJİ ... 589
8.1. JEOTERMAL ENERJİ NEDİR ? ... 589
8.2. JEOTERMAL SİSTEMLER ... 589
8.2.1. HİDROTERMAL SİSTEMLER ... 591
8.2.2. DESTEKLİ JEOTERMAL SİSTEMLER ... 591
8.2.3. ÜST TABAKA BASINÇLI SİSTEMLER ... 592
8.2.4. MAGMA ... 592
8.3. JEOTERMAL SİSTEMLERDEN ÜRETİM VE GERİ BASIM ... 592
8.4. JEOTERMAL ENERJİNİN KULLANIM YOLLARI ... 593
8.4.1. DOĞRUDAN KULLANIM ... 593
8.4.2. DOLAYLI KULLANIM - ELEKTRİK ÜRETİMİ ... 596

SAYFA

8.5. DÜNYADA JEOTERMAL ENERJİ ÜRETİMİ ... 597
8.6. TÜRKİYE'NİN JEOTERMAL ENERJİ POTANSİYELİ ... 598
8.6.1. TÜRKİYE'DE JEOTERMAL ENERJİNİN EKONOMİSİ ... 600
8.6.2. TÜRKİYE'DE JEOTERMAL ENERJİNİN YASAL DURUMU ... 600

IX. BÖLÜM
HİDROELEKTRİK ENERJİ ... 601
9.1. GENEL BİLGİ VE KULLANIM AMAÇLARI ... 601
9.2. HİDROELEKTRİK SANTRALLERİN DEZAVANTAJLARI ... 602
9.3. HİDROELEKTRİK SANTRALLERİN AVANTAJLARI ... 602
9.4. TÜRKİYE'DE HİDROELEKTRİK ENERJİ ... 602
9.5. TEMEL KAVRAMLAR VE BİLGİLER ... 603
9.5.1. TOPOGRAFYA ETÜDÜ ... 603
9.5.2. AKARSUYUN REJİMİNİ TAYİN EDEN FAKTÖRLER ... 605
9.5.2.1. Debi Hesabı ... 605
9.5.2.2. Net Düşü Hesabı ... 605

X. BÖLÜM
NÜKLEER ENERJİ ... 606
10.1. NÜKLEER HAMMADDE: URANYUM, TORYUM ... 606
10.2. NÜKLEER SANTRALLERDEN ELEKTRİK ÜRETİMİ ... 607
10.3. NÜKLEER SANTRALLERDE GÜVENLİK ... 607
10.4. NÜKLEER REAKTÖRLERİN ENERJİ ÜRETİMİ DIŞINDAKİ KULLANIM ALANLARI ... 607
10.5. NÜKLEER ENERJİNİN DÜNYADAKİ DURUMU ... 609
10.6. KULLANILMIŞ NÜKLEER YAKITLARIN DEPOLANMASI ... 609
10.7. YERLİ NÜKLEER YAKIT KAYNAKLARI ... 610
10.8. RADYOAKTİVİTE ... 611
10.9. RADYASYONUN BİYOLOJİK ETKİLERİ ... 611

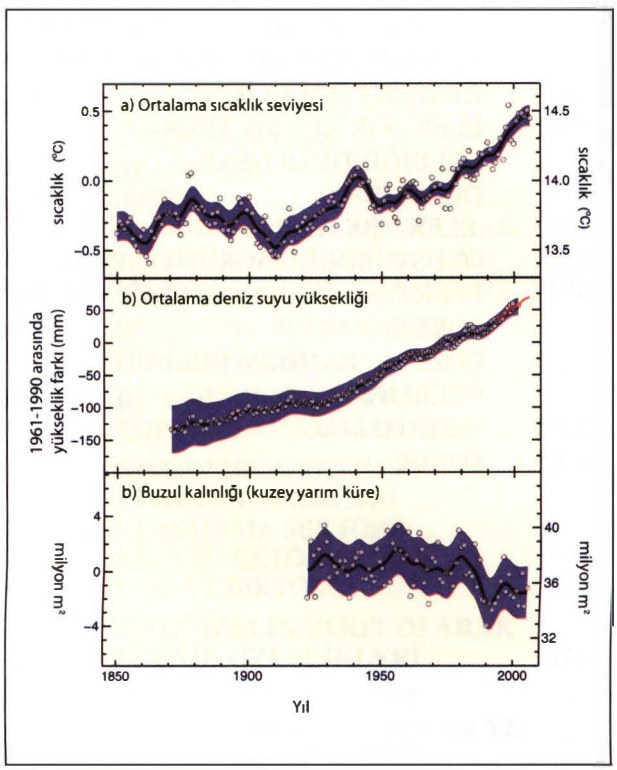
SAYFA

XI. BÖLÜM
ÖZEL KONULAR ... 612
11.1. TERMİK ELEKTRİK SANTRALLERİNİN ATIK ISISININ KULLANIMI VE EKONOMİK DEĞERİ ... 612
11.1.1. GİRİŞ ... 612
11.1.2. AMBARLI TERMİK SANTRALİ ... 612
11.1.2.1. Sistem Nasıl Kurulabilir? ... 613
11.1.2.2. Ambarlı Termik Elektrik Santralinin Teknik Verileri ... 614
11.1.3. TÜRKİYE'DEKİ DİĞER TERMİK ELEKTRİK SANTRALLERİN DE ATIK ENERJİSİNDEN YARARLANILMALIDIR ... 615
11.1.4. YENİ KURULACAK TERMİK LEKTRİK SANTRALLERİ ŞEHİRLERİN YAKINLARINDA KURULABİLİR, ATIK ENERJİLERİNDEN (KOJENERASYON) YARARLANILABİLİR VE ŞEHİRLER ISITILIP SOĞUTULABİLİR ... 615
11.1.5. SONUÇ ... 616
11.2. ELEKTRİK KESİNTİLERİ SONRASINDA OLUŞAN SORUNLAR VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ (RANDOM RESTART ÖZELLİĞİ) ... 619
11.2.1. ELEKTRİK KESİLİP TEKRAR GELDİĞİNDE OLUŞAN DURUMLAR ... 619
11.2.2. ELEKTRİK KESİNTİSİNİN OLUŞTURDUĞU SORUN DIŞINDA, ELEKTRİK TEKRAR GELDİĞİNDE İKİ SORUN OLUŞUR ... 619
11.2.3. ÇÖZÜM: "RANDOM RESTART ÖZELLİĞİ" ... 620
11.2.4. NE YAPILMALI? ... 620
11.2.5. SONUÇ ... 620

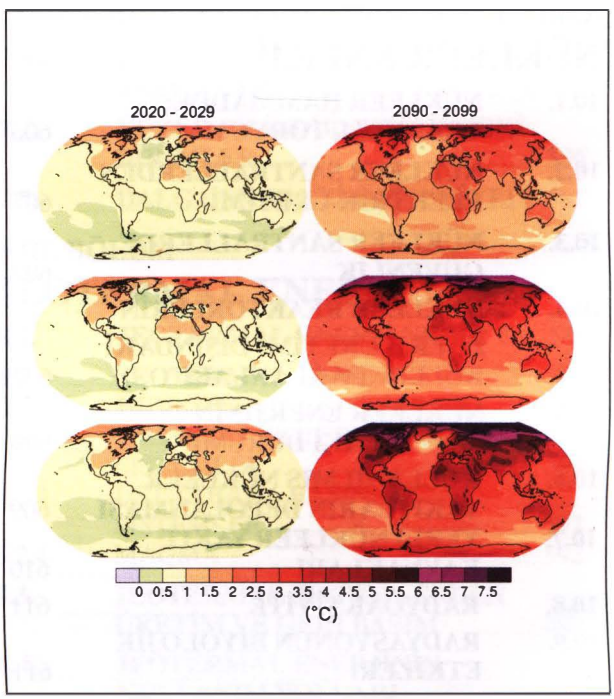
I. BÖLÜM
GİRİŞ

Son yıllarda dünyanın gündemini oluşturan önemli konulardan biri olan "Küresel Isınma" gerçeği, ülkemizde de yazılı ve sözlü basında, çeşitli firmalarda, çevre örgütlerinde ve hükümetin gündeminde sıkça konuşulan, içeriği ve sonuçları irdelenen bir konu haline gelmiştir. Küresel ısınmanın etkileri, dünya üzerinde yıllardır görülmektedir ama, özellikle son yıllarda gündemde en ön sıralara oturmuştur. Bunun nedeni ise, küresel ısınmanın etkilerinin 20. yüzyılın sonlarına doğru giderek daha fazla hissedilmesidir. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) 2007 raporuna göre, 20. yüzyılın ortalarından itibaren artan sıcaklıklar, çoğunlukla sera gazı salınımlarındaki antropojenik (insanlar tarafından yapılmış olan) artışa bağlıdır. Bu salınımların günümüz itibariyle herhangi bir artış gösterınemesi durumda bile, deniz suyu seviyelerindeki yükselmenin ve ortalama sıcaklıklardaki artışın, fosil yakıt tüketimine paralel şekilde devam edeceği belirtilmiştir. Yine IPCC raporuna göre, 1850-2006 arasında yaşanan en sıcak 12 yılın 11'inin 1995 - 2006 arasında yaşandığı gözlemlenmiştir. Yani 50 yılda gerçekleşen lineer sıcaklık artışı, son 100 yılda yaşanan artışın neredeyse 2 katı [+0,13°C] olmuştur. Bu durumdan da anlaşılacağı gibi, küresel ısınmanın etkileri son dönemlerde önceki yıllara oranla daha hızlı bir şekilde artmaktadır. Genel bir değerlendirme yapmak gerekirse, 1850'den 2005'e kadar gerçekleşen 0,74°C'lik sıcaklık artışının (hava ve deniz suyu sıcaklıkları), deniz suyu seviyelerinde 20. yüzyıl toplamında 0,17 m'lik bir yükselme meydana getirdiği gözlemlenmiştir. Buzullar, dünyanın sıcaklık artışından en çok etkilenen bölgeleridir. Kuzey kutbunda 1980'den beri yapılan araştırmalara göre belirlenen 3°C'lik sıcaklık artışına bağlı olarak 1900'den 2003'e kadar %15'e varan bir erime meydana gelmiştir (*Şekil 1.1*). Yine NASA tarafından çekilen uydu fotoğraflarına bakıldığında 1979 – 2007 yılları arasında Kuzey Yarım küredeki buzul kütlesinin yaklaşık % 15'inin eridiği net bir şekilde görülmektedir (*Şekil 1.2*).

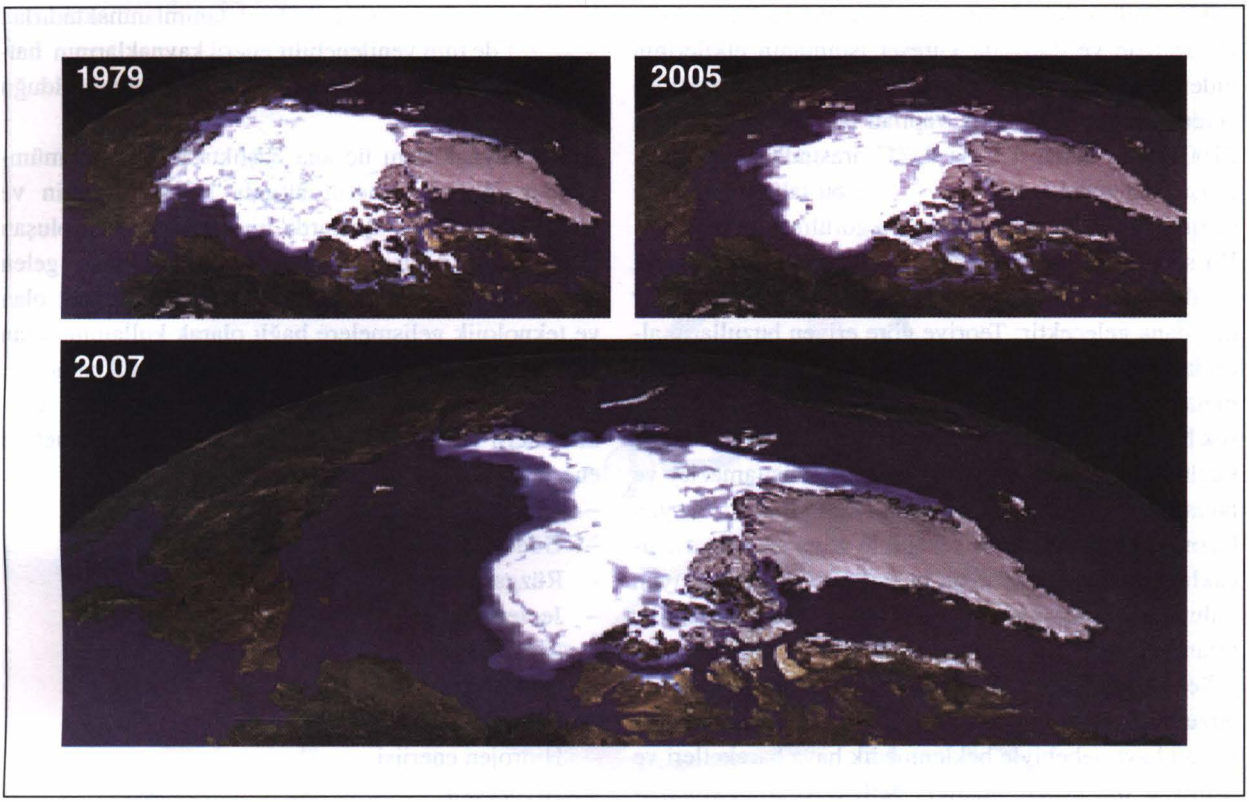
Dünya'da küresel ısınmaya bağlı değişiklikler bu yönde gelişmekteyken, ülkemizde de bundan farklı bir tablo görülmemektedir. Günümüzde, özellikle yaz aylarında barajlarda yaşanan su sıkıntısını, son 10 yıl içerisinde ülkemize düşen yağmur miktarının %36 mertebelerinde azalmasına veya son 40 yılda üç adet Van gölü bü-



Şekil 1.1. 1961 – 1990 YILLARI ARASINDAKİ ORTALAMALARA GÖRE İNCELENEN A) ORTALAMA YÜZEY SICAKLIKLARI, B) ORTALAMA DENİZ SUYU YÜKSEKLİKLERİ C) KUZEY YARIM KÜREDEKİ BUZUL KALINLIĞI



Şekil 1.2. ÜÇ DEĞİŞİK MODELLEMEYE GÖRE SICAKLIK 2020 – 2029 VE 2090 – 2099 ARASI SICAKLIK ANOMALİSİ (IPCC2007)



Şekil 1.3. KUZEY YARIM KÜRENİN UYDU FOTOĞRAFLARI (NASA)



Şekil 1.4. İSVİÇRE TRIFTGLETSCHER BUZULUNDA 2002 – 2003 YILLARI ARASINDA MEYDANA GELEN ERİME (137 m)

yüklüğünde sulak alanın yok olmasına bağlayabiliriz. Ülkemizde ve dünyada küresel ısınmanın etkilerinin giderek artacağı öngörülmektedir. 1980-1999 arası incelemeler temel alınarak yapılan tahminlere göre ise, 2100 yılına kadar 1,8 ila 4,0°C arasında bir sıcaklık artışı beklenmektedir. *Şekil 1.4*'de bu tahminlere göre hazırlanan bir sıcaklık anomalisi görülmektedir.

Bir senaryoya göre bu sıcaklık artışlarına bağlı olarak, ısı dengesinin bozulmasıyla beraber aşırı soğumalar meydana gelecektir: Teoriye göre eriyen buzulların altında ortaya çıkan tundralar (çürümüş eski bitki örtüsü) metan gazı üreterek sera etkisini arttırır. Sadece yüksek bölgelerde kalan ve yüzeyi azalmış kar tabakası ile küçülen buz yüzeyleri artık güneşi yansıtamazlar ve buna bağlı olarak sıcaklık daha fazla yükselir. Eriyen buzullar ve kar tabakası sebebiyle artan su miktarı, sıcaklık etkisi ile daha fazla buharlaşmaya, dolayısıyla, bulutlanmanın artmasına neden olur. Artan bulutlanma, artan yağmur ve kar olarak geri döner ve beklenmedik seller oluşur. Bu arada, sıcak okyanus akıntıları, eriyen buzulların etkisi ile soğumaya başlar, okyanuslarda soğuyan hava sebebiyle beklenmedik hava hareketleri ve fırtınalar oluşur. Bulutlanma belli doygunluğa ulaştığında, güneş ışığı dünyaya ulaşamaz. Güneş artık kalın bulutların arkasında kalmaktadır ve böylelikle buzul çağı başlamış olur. Bahsedilen sıcaklık artışları, sayısal olarak az görünse de, bu artış dünya yüzeyinin büyük bir kısmı sularla kaplı olduğu için yavaş gerçekleşmektedir. Bugün aslında 1960'lı yıllarda salınan sera gazlarına bağlı sıcaklık artışını yaşamaktayız. Ayrıca bundan önceki buzul çağı ile günümüz arasında 5°C kadar bir sıcaklık farkı olduğu unutulmamalıdır.

Dünya genelinde fosil kökenli yakıtlara, küresel ısınmaya olan etkileri sürdürülebilir olmayışları ve maliyetlerindeki sürekli artış nedeniyle her geçen gün daha fazla endişeyle bakılmaktayken, birincil enerji kaynağı olarak yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaştırılmasına yönelik çalışmalar da devam etmektedir. Ülkemiz açısından yenilenebilir enerji kaynaklarının genel bir değerlendirmesini yapmadan önce, enerji türleri ve enerji kaynaklarının incelenmesi faydalı olacaktır.

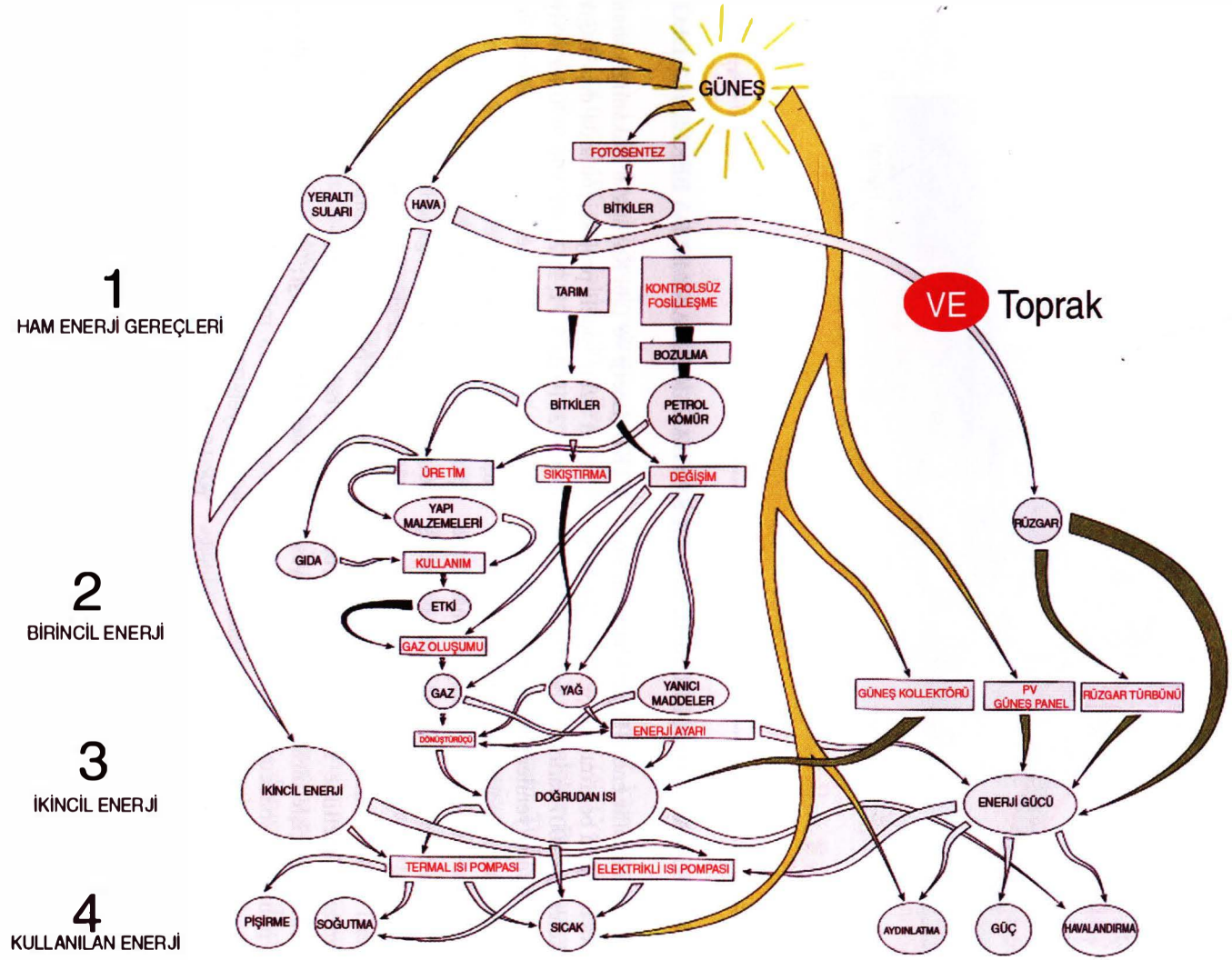
Enerji kaynakları ikiye ayrılır. Bunlardan ilki kaynağından çıkarıldıktan sonra hiçbir işleme uğramadan tüketilen kömür, doğal gaz, ve petrol gibi kaynaklar olup, 'birincil enerji kaynağı' olarak tanımlanmaktadır. Birincil enerji kaynağının dönüşümünden elde edilen elektrik, kok, havagazı vb enerji kaynakları ise 'ikincil enerji kaynağı' olarak adlandırılmaktadır.

Dünyadaki enerji türlerinin kökeni olarak güneş enerjisi gösterilmekte, diğer enerjiler ise güneş enerjisi kökenli, 'dönüşüm enerjileri' olarak tanımlanmaktadırlar. *Şekil 1.5*'de tüm yenilenebilir enerji kaynaklarının hatta fosil yakıtların bile enerji kaynağının güneş olduğu görülmektedir.

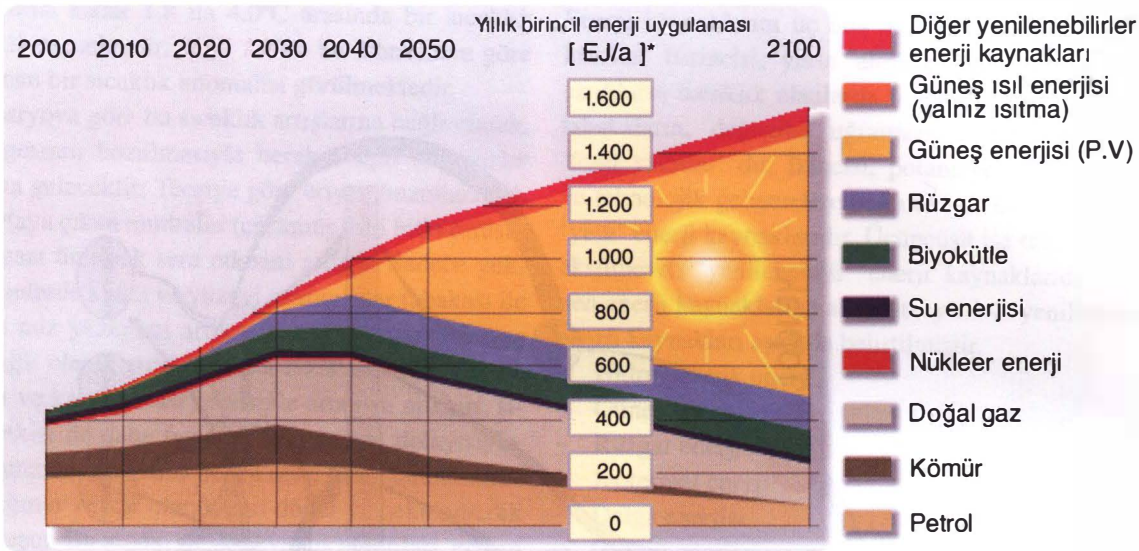
Enerji kaynaklarını üç ana başlıkta incelemek mümkündür. Birincisi, yerin altında kalan bitkilerin ve canlıların bataklık alanlarda birikmesi sonucu oluşan tabakaların, değişime uğramasıyla meydana gelen 'fosil yakıtlar' dır. İkincisi, potansiyeli mevcut olan ve teknolojik gelişmelere bağlı olarak kullanımı artan 'yeni' enerji kaynaklarıdır. Üçüncüsü ise tükenmeyen, eksilmeyen 'yenilenebilir' enerji kaynaklarıdır. Bilinen enerji kaynaklarına alternatif yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları aşağıda belirtilmiştir.

- Hidroelektrik enerji
- Güneş enerjisi
- Rüzgar enerjisi
- Jeotermal enerji
- Dalga enerjisi
- Gel-git enerjisi
- Okyanus ısısı enerjisi
- Hidrojen enerjisi
- Biyoenerji

Enerji ve tercih edilen enerji kaynağı değerlendirilirken, kaynağın fiyatı, elde edilme kolaylığı, başka ülkelere bağımlı olma durumu, ayrıca çevre ve sağlık açısından etkileri göz önüne alınır. Yaklaşık 6,5 milyarlık dünya nüfusunun, 4,5 milyarının dünya ortalamasından daha düşük enerji tükettiği, 2,4 milyarının hala ticari olmayan enerji kaynaklarına (odun, bitki-hayvan artıkları) bağlı olduğu, 1,6 milyar kişiye elektriğin hala ulaşmamış olduğu ve gelişmiş ülkelerde kişi başına enerji tüketiminin gelişmekte olan ülkelere göre yedi kat yüksek olduğu bilinmektedir. Diğer taraftan, enerji kaynakları tüm ülkelere eşit olarak dağılmış durumda değildir. Dünyada bazı ülkeler rezerve sahip olup üretici konumundayken, diğerleri ise bu enerji kaynağını kullanan tüketici konumundadırlar. Buna bağlı olarak, dünya genelinde, uzun vadede çözüm stratejileri, yenilenebilir enerji kaynakları kullanımının yaygınlaştırılması üzerine planlanmaktadır. *Şekil 1.6*'da görüldüğü gibi, 21. yüzyılda tüketilmesi beklenen birincil enerji kaynakları için yapılan öngörülere göre, doğalgaz, kömür, petrol gibi fosil yakıtların, kullanımının azalacağı ve hatta biteceği beklenmektedir. Çok uzak olmayan bir gelecekte, fosil bazlı enerji kaynaklarında ciddi bir darboğaz oluşumu ve bunun paralelinde fiyat artışı olasıdır. Buna karşın, rüzgar, güneş, su, hava vb yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının son yıllarda hızla artacağı düşünülmektedir. Avrupa Birliği, hazırladığı çeşitli raporlarda, 2020 yılı için enerji üretiminde



Şekil 1.5. GÜNEŞ AĞACI



Şekil 1.6. 2100 YILINA KADAR BİRİNCİL ENERJİ KAYNAĞI KULLANIMINDA BEKLENEN DEĞİŞİM

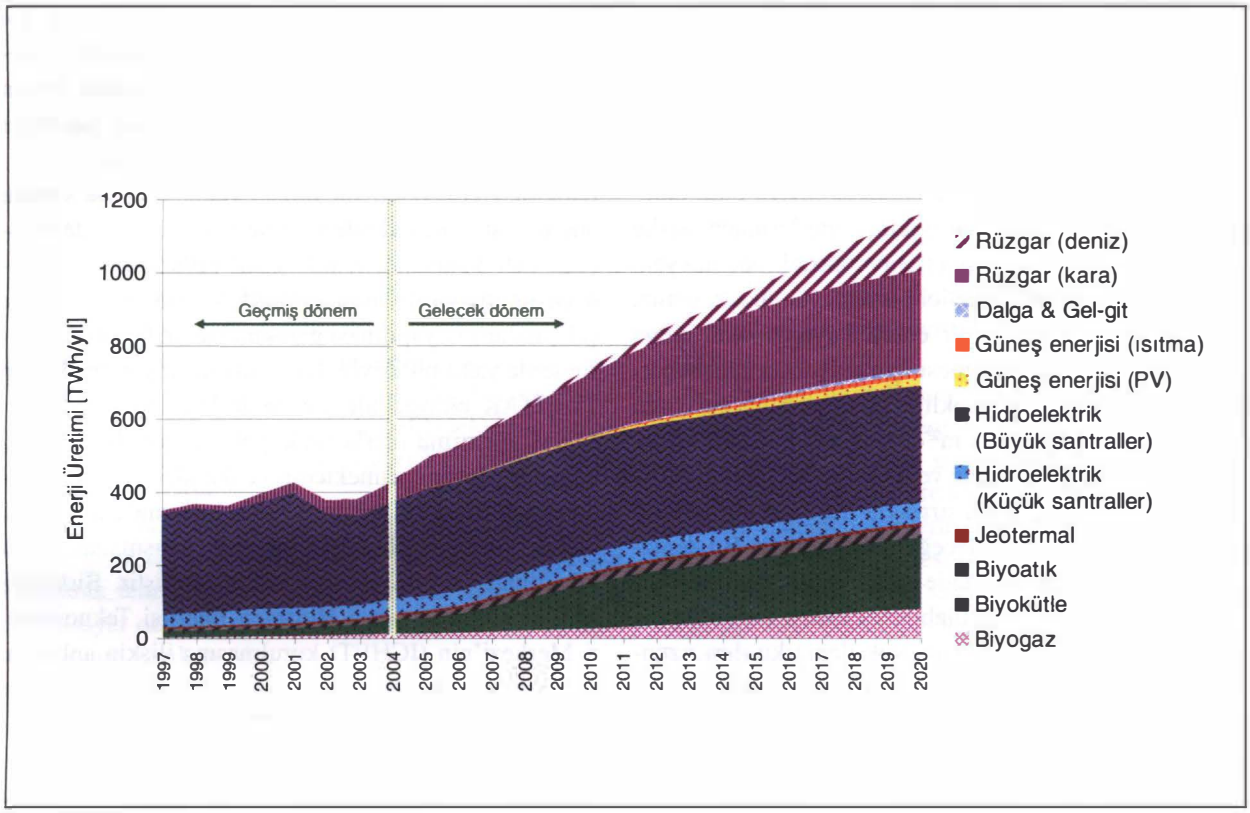
%20 oranında yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanmayı hedeflediğini belirtmiştir. *Şekil 1.7*'de Avrupa Birliği ülkelerinin 2007 tarihinde hazırladığı, 2020 yılına kadar hedeflenen yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımdaki artışı gösteren grafik bulunmaktadır. Genel anlamda yenilenebilir enerji kaynaklarına sürdürülebilir enerji potansiyeli olarak bakmak yanlış olmayacaktır.

Dünya'da enerji kaynaklarına olan yaklaşım bu yöndeyken, ülkemizde , özellikle 1980'li yıllarda serbest piyasa ekonomisine geçişle birlikte uygulanan siyasal ve ekonomik politikalar sonucunda dışa bağımlılık artmıştır. Enerji politikamız mevcut doğal kaynaklarımızı en etkin ve verimli şekilde kullanmaya ve yeni kaynaklarımızı en iyi şekilde değerlendirme yönelik olmalıdır. Ülkemiz, yerli, yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları ile enerji ihtiyacının önemli bir kısmını karşılayabilecek bir potansiyele sahiptir. Türkiye'de enerji ihtiyacının büyük bir çoğunluğu fosil yakıt kaynaklarından sağlanmaktadır. 2006 yılında genel arz 99,6 MTEP (milyon ton petrol eşdeğeri) olmuştur. Bu arzı karşılamak için yerli enerji üretimi 26,8 MTEP düzeyinde kalmış olup, net ithalat 72,8 MTEP olarak gerçekleşmiştir. Yani 2006 yılı itibarıyla enerji tüketimimizin sadece %27'si yerli kaynaklarla karşılanabilmiştir. ETKB (Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı) tarafından yapılan uzun vadeli projeksiyonlarda dışa bağımlılık oranın 2010'da %71, 2020 yılı için %70'ler seviyesinde olacağı tahmin edilmektedir. Önümüzdeki yıllarda yaşanması muhtemel bir enerji darboğazının aşılması için yerel kaynakların kullanımına yönelik bir enerji politikası izlenmesi gereği açıkça görülmektedir. Ülkemiz, yenilenebilir enerji kaynakları bakımından oldukça zengin bir potansiyele sahiptir. Bu kaynaklara genel anlamda bakacak olursak:

Hidroelektrik enerji: Türkiye'nin brüt hidroelektrik potansiyeli 433 milyar kWh/yıl, teknik hidroelektrik potansiyeli 216 milyar kWh/yıl, ekonomik potansiyeli ise 150 milyar kWh/yıl mertebelerindedir. Ekonomik potansiyelin, önümüzdeki yıllarda yeni projelerle birlikte artarak yaklaşık 170 milyar kWh/yıl'a ulaşacağı tahmin edilmektedir.

Haziran 2007 tarihi itibarıyla, Türkiye'de işletmede olan 148 hidroelektrik santralinin toplam kurulu gücü 13.306 MW ve ortalama elektrik üretimi 47.590 GWh/yıl'dır. Buna göre, Türkiye teknik potansiyelinin %22'sini, ekonomik potansiyelinin ise %32'sini ancak değerlendirebilmektedir.

Rüzgar enerjisi : Bugünkü teknik koşullarda, 10 metre yükseklikteki, ortalama 7 m/s hızda, yılda 2.500 saat



Şekil 1.7. AVRUPA BİRLİĞİ YENİLENEBİLİR ENERJİLER 2020 HEDEFLERİ

kullanma süresi ile kurulabilecek ekonomik rüzgar potansiyeli 48.000 MW yani yılda 120 milyar kWh düzeyindedir. Bu araziler, Türkiye toplamının %1,3 'üne denk gelmektedir. Daha düşük hızlarda (ortalama 6 m/s) kullanılabilecek rüzgar enerjisi arazilerine baktığımızda ise 132.000 MW rüzgar enerjisi potansiyeli bulunduğu ve toplam rüzgarlı arazinin ise Türkiye'nin %3,57'sine denk geldiği görülmektedir. ETKB öngörülerine göre, Türkiye'nin mevcut 48.000 MW'lık rüzgara dayalı elektrik enerjisi üretim kapasitesinin 2020 yılına kadar yalnızca 3.019 MW'lık kısmının değerlendirilmesi öngörülmektedir.

Jeotermal enerji: Ülkemiz, jeolojik konumu ve buna bağlı tektonik yapısı nedeniyle, jeotermal enerji açısından büyük potansiyele sahiptir ve kaynak zenginliği yönünden dünyada 5. sırada bulunmaktadır. MTA tarafından yapılan araştırmada 600'den fazla termal kaynak bulunmuştur. Bu çalışmalara göre Türkiye'nin brüt teorik ısıl potansiyeli 31.500 MWt olarak belirlenmiştir. 2005 yılı sonu itibarıyla MTA tarafından jeotermal sondaj değerlendirmelerine göre, teorik potansiyelin 2.924 MWt'ı görünür potansiyel olarak kesinleşmiştir. Türkiye'deki sıcak su çıkışlarının 600 MWt potansiyeli de bu potansiyele dahil edildiğinde, toplam görünür jeotermal potansiyelimiz 3.524 MWt 'a ulaşmaktadır. Ülkemizdeki jeotermal kaynakların %95'i ısıtmaya uygun sıcaklıkta olup (40°C ve üzerinde toplam 140 jeotermal alan) çoğunlukla Batı, Kuzeybatı ve Orta Anadolu'da bulunmaktadır. Türkiye'nin toplam jeotermal ısı ve elektrik potansiyeli, 5 milyon konut ısıtma eşdeğeri veya 150 bin dönüm sera ısıtması, 1 milyonun üzerinde kaplıca yatak kapasitesi, 29 milyar $/yıl fuel-oil eşdeğer (30 milyon ton/yıl) 30 milyar m³/yıl doğalgaz eşdeğerindedir.

Güneş enerjisi: Ülkemiz, coğrafi konumu sebebiyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli açısından birçok ülkeye göre şanslı durumdadır. Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresinin 2.640 saat (günlük toplam 7,2 saat), ortalama toplam ışınım şiddetinin 1.311 kWh/m².yıl (günlük toplam 3,6 kWh/m²) olduğu tespit edilmiştir. Ülkemizde yıllık ortalama toplam ışınımın en küçük ve en büyük değerleri sırasıyla 1.350 kWh/m².yıl ile Karadeniz bölgesinde, 1.750 kWh/m².yıl ile Güneydoğu Anadolu bölgesinde gerçekleşmektedir. Bu ışınım şiddetleriyle Türkiye'nin, Güneydoğu Anadolu ve Akdeniz bölgelerini kapsayan bölümünde, güneş kolektörleriyle su ısıtma sistemleri yıl boyunca çok yüksek karşılama oranı ile çalışabilmektedir. Bazı endüstriyel uygulamalar, hacim ısıtma uygulamaları (güneş mimarisi) ve elektrik üretiminde

fotovoltaik pillerin kullanımı da yaygınlaşmaktadır. Türkiye, ısısal güneş enerjisi üretimi açısından Çin, ABD ve Japonya'dan sonra dünyada 4. sıradadır. Güneşten elektrik üretimi ise 500 kW kurulu güç ile pilot uygulamalar seviyesindedir.

Dalga enerjisi: Üç tarafı denizlerle çevrili olan ülkemizde, ilk yatırımdan ve bakım giderlerinden başka gideri olmayan, birincil enerjiye bedel ödenmeyen, doğaya herhangi bir kirletici bırakmayan, ucuz, temiz, çevreci ve çok büyük bir enerji kaynağı olan dalga enerjisinin değerlendirilmesi için araştırma çalışmaları yapılmalıdır. Dalga yüksekliği, 20 m ve dalga periyodu 15 sn olan okyanuslarda m²'de 485 kW güç elde edilebilmektedir. Karadeniz'de ve Akdeniz'de yapılan çalışmalarda, bu iki denizden sırasıyla 1,92 kW/m² ve 2,06 kW/m² güç elde edilebileceği belirlenmiştir. Bu denizlerden dalga enerjisiyle elde edilebilecek güç değerleri fosil yakıtlara alternatif olabilecek enerji yoğunluğuna sahiptir. Türkiye'nin toplam açık deniz kıyıları uzunluğu 8.210 km'dir. Tüm kıyılarda bu tesislerin kurulmasının olanaklı olmadığını düşünerek sadece beşte birinden yararlanılarak sağlanabilecek dalga enerjisi teknik potansiyeli 18,5 TWh/yıl düzeyindedir. Hidroelektrik santrallerinde her 3 saniyede bir 10 ton suyu 30 metreden aşağıya düşürerek, elde edilecek enerjiyi, 1 m dalga yüksekliğine sahip deniz yüzeyinde bir dönümden az alanda elde etmek mümkündür.

Biyoenerji: Dünya'da biyokütle 2006 yılında birincil enerji tüketiminde %18 pay almıştır. Yenilenebilir enerji tüketiminin yaklaşık üçte ikisini oluşturan biyokütle, toplam enerji tüketiminde de %12,9'luk bir paya sahiptir. 2006 yılında ülkemizde de benzer bir tablo görülmektedir. Toplam enerji arzında yenilenebilir enerji %10,5'lik bir pay alırken biyokütle enerjisi %5,2 ile bu payın yarısını oluşturmaktadır. Ülkemizde enerji ormancılığına uygun (kavak, söğüt, kızılağaç, akasya gibi hızlı büyüyen ağaçlar) dört milyar hektar devlet orman alanına sahiptir. Söz konusu alan uygun planlamalar dahilinde, modern enerji ormancılığında değerlendirilmeli ve bu ağaçların yakacak olarak kesimi önlenmelidir. Yapılan hesaplamalar, bir milyon hektar alana kurulacak enerji ormanlarından yılda yaklaşık yedi milyon ton biyokütle enerji kaynağı elde edilebileceğini göstermektedir. Bu miktar yaklaşık 30 milyon varil ham petrole eşdeğerdir. Türkiye'de hayvansal atıkların biyogaz üretiminde değerlendirilmesi ile, fermantör içi sıcaklığın 38°C olması ve optimum fermantör sıcaklığında çalışması durumunda bu potansiyelin 2,2-3,3 milyar m³/yıl arasında olması teorik olarak mümkün görünmektedir. Bu da 2,4 milyon ton taş kömürü eşdeğeri bir enerjiye karşılık gelmektedir. Türkiye'de biyogazdan elektrik üretimi konusunda yaklaşık 8,4 MW'lık kurulu güç bulunduğu anlaşılmaktadır. Ülkemizde şeker pancarı tarımına dayalı biyoetanol üretim potansiyeli 2-2,5 milyon ton civarında olup bu değer 2007 benzin tüketimimizin %60-70'i kadardır.

Hidrojen enerjisi: Ülkemizde yakıt pillerine verilen önem düşük düzeylerdedir. Enerji politikamızda geleceğe dair yatırımlar içinde yakıt pillerinin de yer alması ve dünya ile aynı seviyede araştırma geliştirme çalışmalarının yapılması gerekmektedir. Çeşitli üniversitelerde yakıt pilleriyle ilgili çalışmalar yapılmaktadır. TÜBİTAK bünyesinde Gebze'de kurulan TÜBİTAK-MAM araştırma merkezinde yakıt pilleriyle ilgili çalışmalar devam etmektedir. Ülkemizde çoğunlukla üniversitelerde ve araştırma kuruluşlarında akademik olarak yürütülen hidrojen enerjisi çalışmaları, 2004 yılı itibarıyla yeni bir aşama kaydetmiştir. Birleşmiş Milletler Uluslar arası Hidrojen Enerjisi Teknolojileri Merkezi'nin (ICHET) kurulmasına ilişkin anlaşma, Türkiye Cumhuriyeti Hükümeti ile Birleşmiş Milletler Sanayii Kalkınma Örgütü (UNIDO) arasında imzalanmış ve geleceğin enerjisi olarak adlandırılan hidrojen enerjisi merkezi İstanbul'da kurulmuştur. Ülkemizde hidrojene olan yatırımlar kısıtlı da olsa, Türkiye, hidrojenin depolanmasında en önemli kaynak olan bor rezervlerinin %72'sine sahiptir. Buradan da anlaşılacağı gibi hidrojen ile ilgili gelecekte daha ciddi yatırımlar yapılacaktır.

Türkiye'de yenilebilir enerjilerin kullanımı yanı sıra, alternatif sistemler de her geçen gün daha fazla gündeme gelmektedir. Uzun bir geçmişe sahip olan ısı pompaları, toprak, su, ve hava kaynaklı olarak yoğun bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Atık ısı kullanımı, özellikle termik santrallerin ısılarının yakın yerleşim alanlarında ısıtma amaçlı değerlendirilmesi, kojenerasyon ve trijenarasyon uygulamaları ve absorbsiyonlu sistemler alternatif uygulama örnekleri olarak sıralanabilir. Enerji verimliliği ve yenilenebilir enerjilerin kullanımı ile ilgili yeni kanun ve yönetmelikler yayınlanmıştır (Ek 1.1 ve Ek 1.2). Bu yönde teşvik mekanizmaları devreye girmeye başlamıştır ve desteklerin artması beklenmektedir. Yenilenebilir enerji kullanımını arttırmak, tesisat sektörünün her kademesinde tasarım, uygulama açısından en önde gelen düşünce biçimi olmalıdır. Yatırımcılar bu konunun uzun vadede avantajlarının farkına varmaktadırlar. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaştırılması uzun ve zorlu bir yola benzetilebilir. Gelecek kuşaklara yaşanacak iyi bir dünya bırakmak, hepimizin görevidir. Bu çalışma yenilebilir enerjiler ve alternatif sistem uygulamaları üzerine bilgi verme amaçlı hazırlanmıştır.

II. BÖLÜM
GÜNEŞ ENERJİSİ

Bugünkü yaşam standartlarında doğal kaynakları koruyarak ve düşük emisyonlar oluşturarak enerji ihtiyacının karşılanması için yenilenebilir enerji kaynaklarının yoğun olarak kullanımı şarttır. Somut bir ifadeyle mimari tasarımlar ve tesisat mühendisliği için güneş enerjisinin farklı amaçlar ile kullanımı bu açıdan çok önemli bir konu haline gelmiştir.

Bu bölüm, güneş enerjisi sistemlerinin kullanım suyu ısıtması için tasarlanmasına, ürünlerden bağımsız olarak yardımcı bilgiler sunmayı hedeflemektedir. Bu bölümde bahsedilen planlama esasları VDI 6002 normuna dayanmaktadır.

Ön sistem tasarımı burada verilen bilgilere göre yapılmalı, gereksinimler ve diğer tüm parametreler dikkate alınarak tekrar kontrol edilmelidir. En uygun yöntem bilgisayar destekli simülasyon programları ile optimizasyonun yapılmasıdır.

Sistemin doğru olarak tasarlanmasının ardından her bileşen için, devreye alma, bakım ve fonksiyon testleriyle ilgili tüm üretici kılavuzları dikkate alınmalıdır. Sıcak su sistemlerinde hijyen, tasarım ve uygulama esnasında dikkate alınması gereken en önemli konulardan birisidir. Bu bölüm, ana uygulama alanı olan kullanım suyu ısıtma sistemlerini incelemektedir.

2.1. GÜNEŞ ENERJİSİNİN TOPLANMASI

Güneş en yüksek konumunda iken dünya yüzeyine düşen küresel ışınımın enerji yoğunluğu 1.000 W/m²'nin biraz üzerindedir. Bunun bir kısmı yayılı (yansıma ve atmosfere yayılma yoluyla oluşan) bir kısmı da doğrudan ışınım olarak dünya yüzeyine ulaşır. Doğrudan ışınım, yansıtıcı sistemler kullanılarak toplanabilir. Yayılı ışınımın tamamı toplanamaz.

Şekil 2.1'de dünya yüzeyine düşen yıllık güneş ışınımı miktarı bölgesel olarak gösterilmiştir.

Şekil 2.2'de belirtilen ortalama değerler güneş enerjisi teknolojileri ile faydalanılabilecek enerji potansiyeli hakkında fikir verebilir.

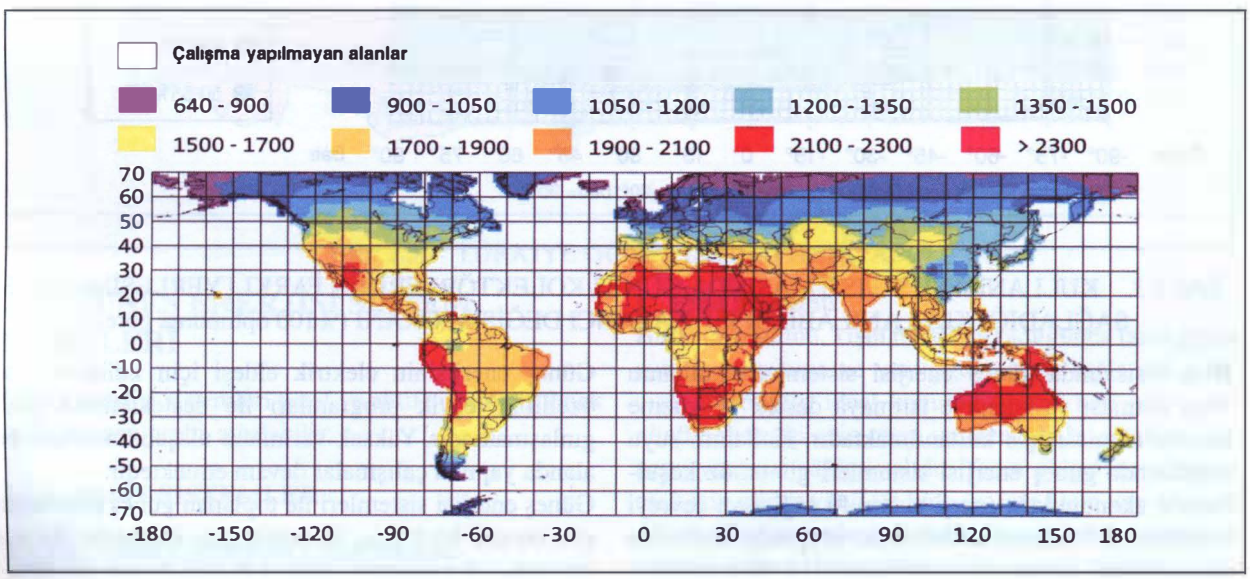
Güneş enerjisi ile kullanım suyu ısıtması yapan küçük ölçekli sistemlerde güneşe doğru yönelim (azimut) ve eğim açısındaki değişim güneş enerjisi kazancında her zaman çok büyük kapasite kaybı yaratmaz (*Şekil 2.3*).

Kolektör alanının engellerle (bina, ağaç vb) ya da diğer kolektörlerle gölgelenmesi güneş enerjisi kazancında çok büyük negatif etkiye sahiptir. Bu yüzden kolektörlerin gölgelenme durumu mutlaka kontrol edilmelidir.

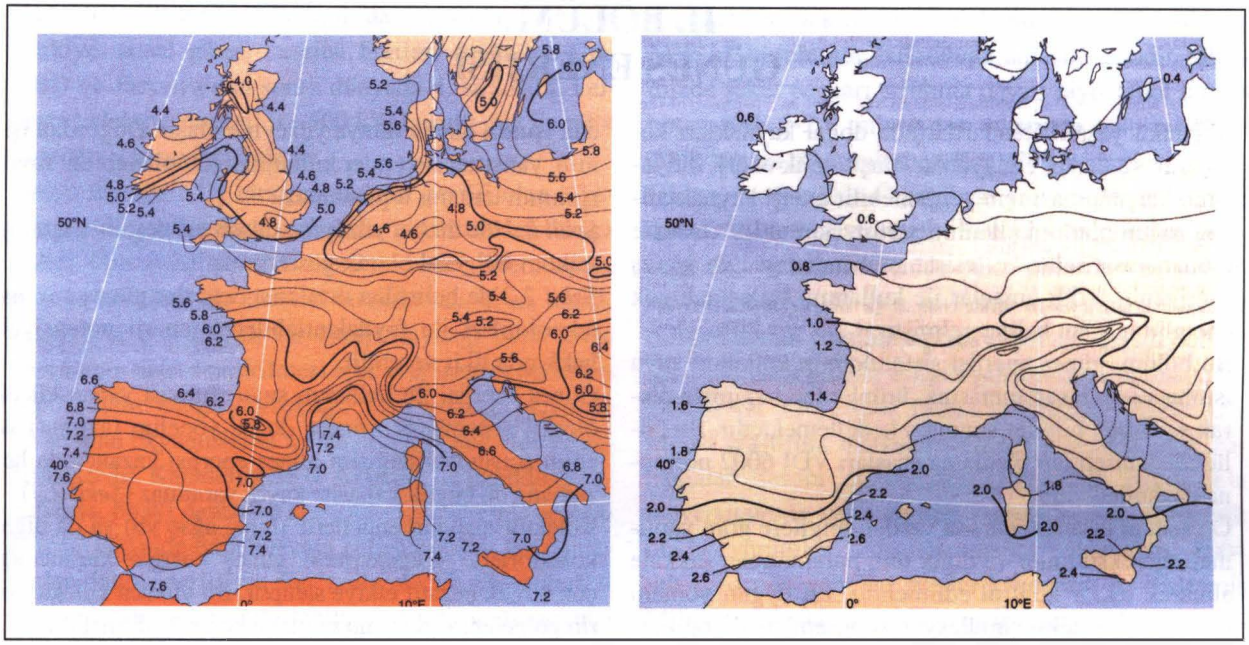
Gölgeleme, kolektörlerin montaj yerindeki ufuk çizgisinin belirlenmesi ile güneş pozisyonlarının diyagramından saptanabilir. *Şekil 2.4*'te bu diyagramın basitleştirilmiş bir şematik gösterimi mevcuttur. İlkbahar ve sonbahar aylarında sabahları kısmi gölgeleme ve kışın belirgin gölgeleme gösterilmektedir. Bu çeşit bir gölgeleme, güneş enerjisi kazancı, simülasyon programı ile hesaplanırken göz önünde bulundurulmalıdır. Çatıda değişiklik planlarken güneş kolektörleri için düşünülen ya da uygun olan çatı alanlarının gölgelenmesi engellenmelidir.

Türkiye Güneş Verileri

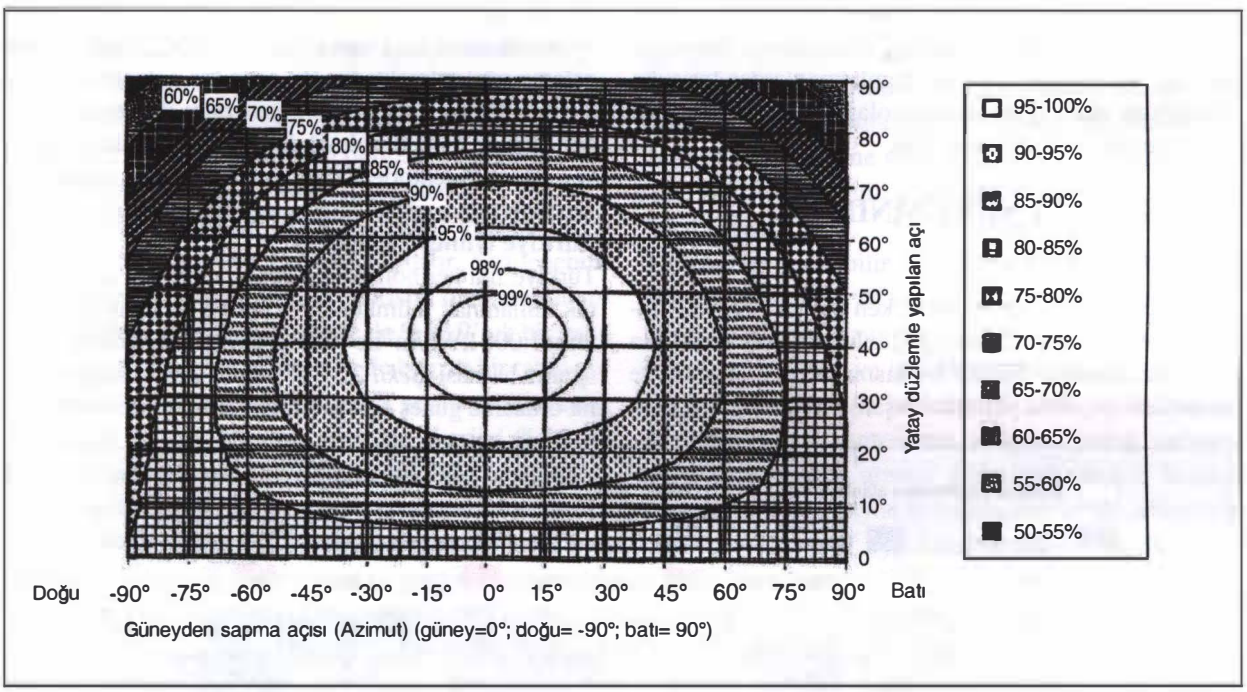
Türkiye'nin her bölgesinde güneş enerjisini verimli olarak kullanmak mümkündür. Türkiye'de yıllık güneş ışınımı 1.000 kWh/m² ile 1.700 kWh/m² arasındadır. Güneş ışınımı haritası (*Şekil 2.5*), bölgelere göre hesaplanan yıllık ortalama güneş enerjisi miktarlarını göstermektedir.



Şekil 2.1. DÜNYA YILLIK GÜNEŞ ENERJİSİ KAZANCI (kWh/(m².yıl)



Şekil 2.2. AVRUPA'DA YATAY YÜZEYE GELEN KÜRESEL IŞINIMIN GÜNLÜK ORTALAMA DEĞERİ İÇİN EŞÇİZGİLER (kWh/(m^2.gün))

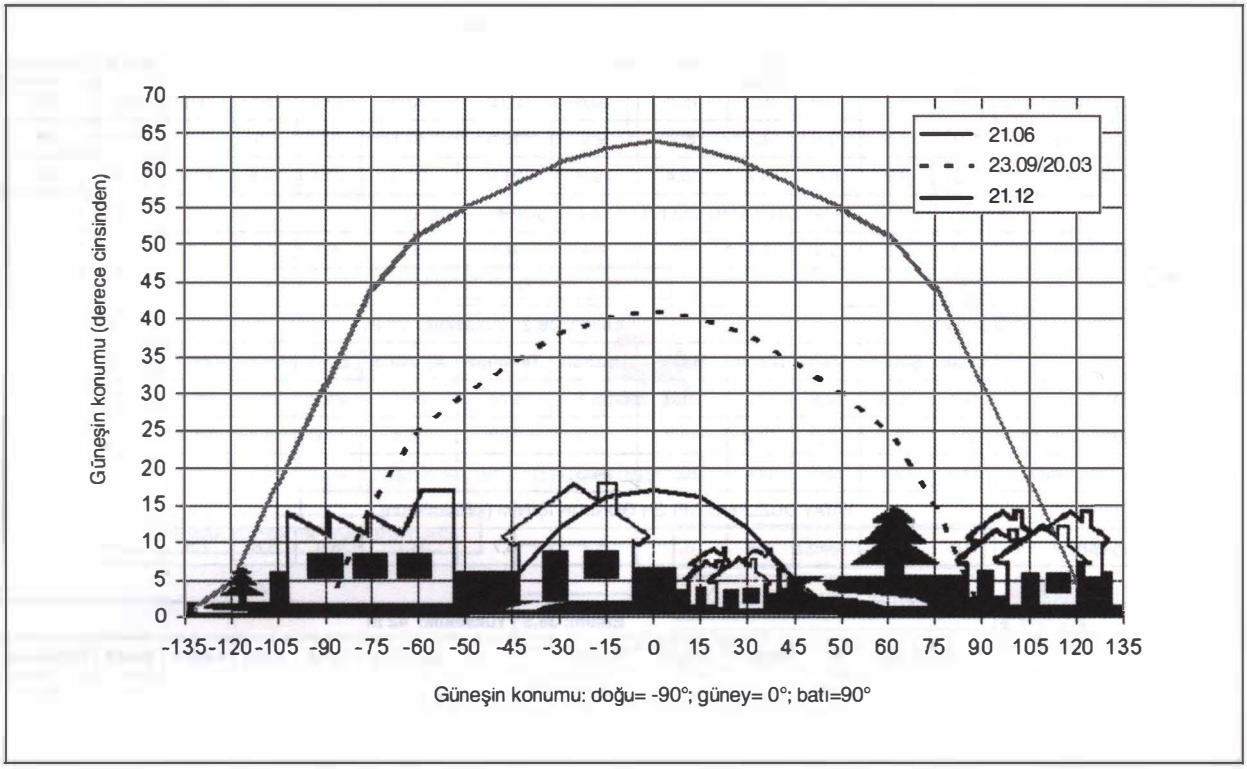


Şekil 2.3. KULLANIM SUYU ISITMASINDA GÜNEŞ KOLEKTÖRLERİNİN FARKLI YERLEŞİMLERDE SAĞLADIĞI KULLANILABİLİR ISI KAZANCI DEĞİŞİM ORANI (%100 optimuma göre)

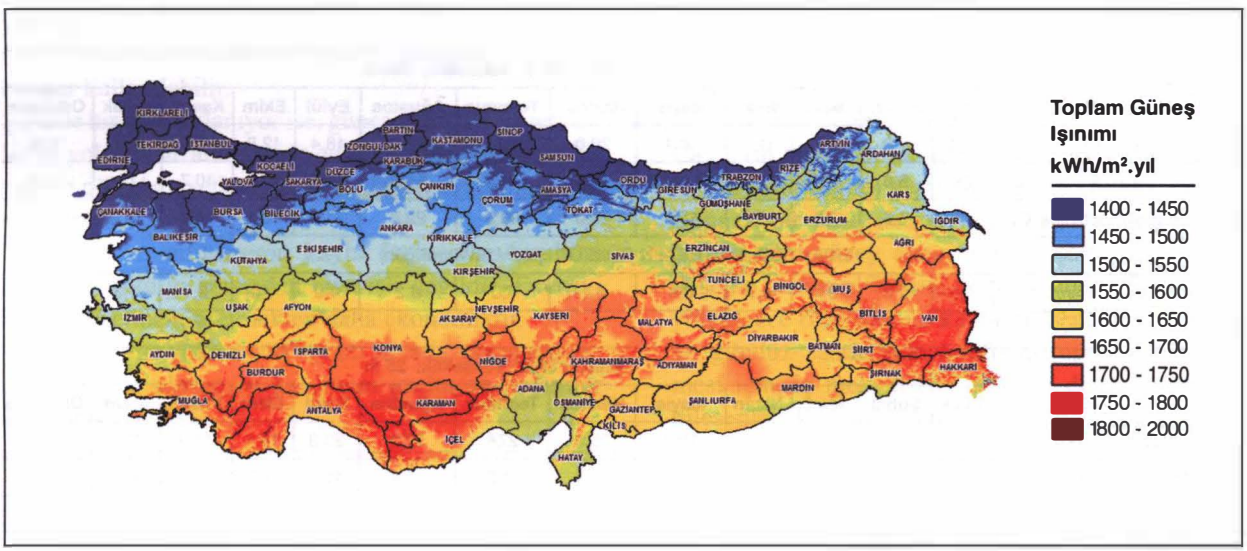
Bina tesisatında güneş enerjisi sistemleri, kullanım suyu ısıtması ve istenirse ısıtmaya destek ve yüzme havuzu ısıtması için kullanılmaktadır. Kullanım suyu ısıtmasında güneş enerjisi sistemleri günümüz koşullarında ekonomiktir, enerji tasarrufu sağlar ve çevreyi kirletmez. Bu nedenle kullanımları yaygındır. Kullanım suyu ısıtması ile beraber ısıtma desteği sağlayan güneş enerjisi sistemleri ise giderek yaygınlaşmaktadır.

Güneş enerjisinin elektrik eldesi için kullanımı ise özellikle teşvik programları ile desteklenerek yaygınlaşmaktadır. Yüksek verimlere ulaşabilmek için bu alanda yapılan çalışmalar devam etmektedir.

Güneş enerjisi sistemleri ile toplanan güneş ışınımının çok önemli bir kısmı, ısı üretiminde kullanılır. Bu uygulama, yakıt tasarrufu sağladığı gibi zararlı gaz emisyonları ile çevrenin kirletilmesini de önler.



Şekil 2.4. GÜNEŞ KONUMLARININ GÖLGELEME İLE BİRLİKTE GÖSTERİMİ



Şekil 2.5. TÜRKİYE GÜNEŞ IŞINIMI HARİTASI

2.2. GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEM ÇEŞİTLERİ

Güneş enerjisi sistemleri pasif ve aktif sistemler olmak üzere iki ana gruba ayrılabilir;

2.2.1. PASİF SİSTEMLER

2.2.1.1. Güneş Mimarisi Uygulamaları

a. Güneş Enerjisinin Isıtınada Pasif Kullanımına Yönelik Mimari Çözümler

- **Bina Konumu**

Binanın konumu, kışın mümkün olduğunca fazla güneş ışınımı yakalama ve yazın gölgeleme sağlamak amacıyla önemlidir. İdeal konumlandırma için güney yönünü belirleyip evin uzun cephesinin bu yönle uygun açıyı yapması sağlanmalıdır. Yazın gölgeleme elde etmek için güneş yönü ile bina arasına kışın yapraklarını döken ağaçlar yerleştirilebilir. Bu sayede sonbaharda ağaçlar yapraklarını döktüğünde güneş ışığının evin içine ulaşması sağlanır.

İSTANBUL	Enlem: 41.0° Yükseklik: 0 m												
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ortalama
Çevre Sıcaklığı (°C)	5,1	5,5	6,7	10,2	15,8	20,6	23,2	23,3	19,7	15,5	11,9	8,0	13.8
Mak-Min Sıcaklık Farkı (°C)	5,4	5,5	6,8	8,2	8,8	9,8	10,3	10,1	9,2	7,8	6,2	5,4	7,8
Şebeke Suyu Sıcaklığı(°C)	10,2	9,0	9,5	11,8	15,4	19,2	21,9	22,9	22,4	19,8	16,9	13,2	16,0
YATAY DÜZLEME GELEN GÜNLÜK IŞINIM (kWh/m²-gün)													
Toplam Güneş Işınımı	1,3	2,0	3,0	4,4	5,7	6,4	6,3	5,7	4,3	2,9	1,8	1,2	3,8

ADANA	Enlem: 36,6° Yükseklik: 20 m												
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ortalama
Çevre Sıcaklığı (°C)	9,3	10,3	12,9	17,0	21,3	25,1	27,6	28,1	25,2	20,8	15,7	11,1	18,7
Mak-Min Sıcaklık Farkı (°C)	9,4	10,1	11,2	12,2	13,2	11,9	11,8	12,4	14,0	14,1	12,3	10,1	11,9
Şebeke Suyu Sıcaklığı(°C)	14,5	13,4	15,1	17,4	20,7	24,3	27,3	29,0	28,6	25,9	21,2	17,4	21,2
YATAY DÜZLEME GELEN GÜNLÜK IŞINIM (kWh/m²-gün)													
Toplam Güneş Işınımı	2,0	2,8	3,8	4,9	6,1	6,7	6,7	6,1	5,0	3,6	2,5	1,9	4,3

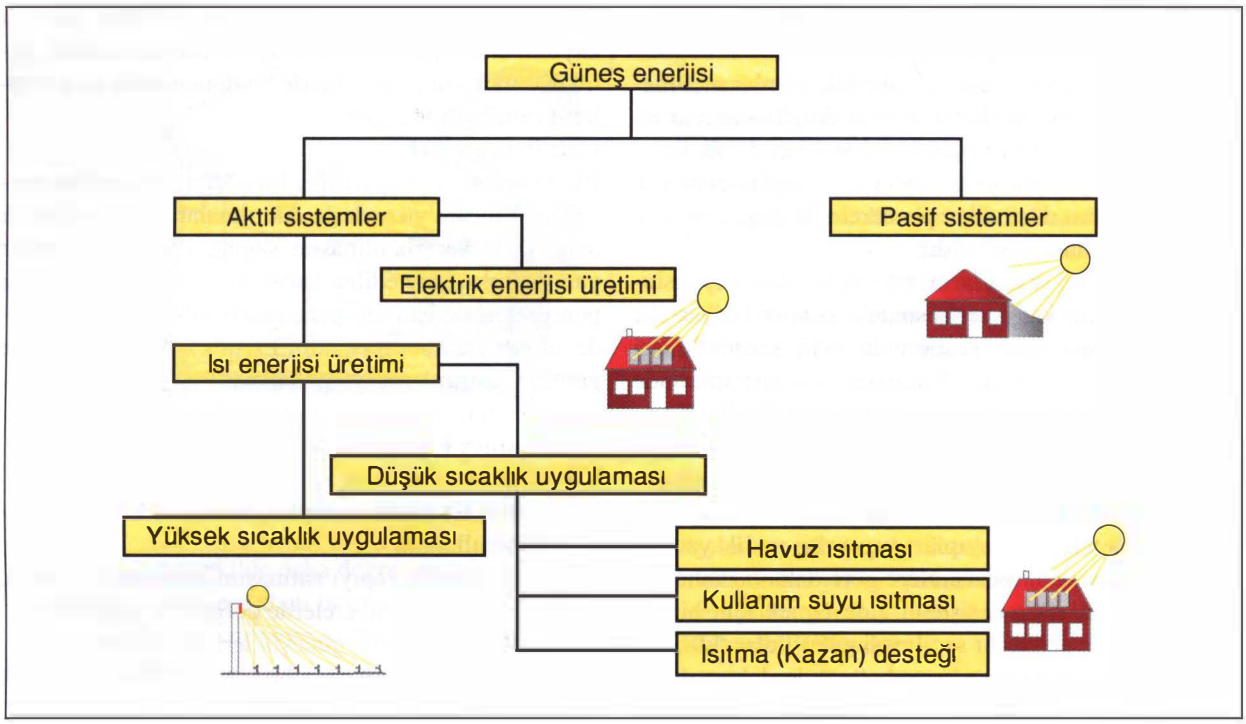
ANTALYA	Enlem: 36,5° Yükseklik: 42 m												
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ortalama
Çevre Sıcaklığı (°C)	10,1	10,7	12,8	16,4	20,5	25,0	28,2	28,1	24,9	20,3	15,6	11,9	18,7
Mak-Min Sıcaklık Farkı (°C)	8,6	9,0	9,5	9,6	9,2	10,4	10,8	10,9	11,2	10,9	10,7	8,7	10,0
Şebeke Suyu Sıcaklığı(°C)	13,8	12,7	13,9	16,1	19,5	23,5	26,8	28,5	27,8	25,2	21,5	17,0	20,5
YATAY DÜZLEME GELEN GÜNLÜK IŞINIM (kWh/m²-gün)													
Toplam Güneş Işınımı	2,1	2,9	3,9	5,1	6,2	6,9	6,9	6,3	5,1	3,7	2,7	2,0	4,5

ANKARA	Enlem: 39,6° Yükseklik: 894 m												
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ortalama
Çevre Sıcaklığı (°C)	0,3	1,0	4,7	11,2	16,1	20,0	37644,0	23,3	18,4	12,9	7,7	2,5	11,8
Mak-Min Sıcaklık Farkı (°C)	7,6	8,6	10,8	12,6	13,014,2	14,9	14,9	14,9	14,5	13,3	10,7	7,3	11,9
Şebeke Suyu Sıcaklığı(°C)	8,2	6,6	7,8	10,7	14,5	18,0	20,9	22,8	21,6	18,1	14,6	10,9	14,6
YATAY DÜZLEME GELEN GÜNLÜK IŞINIM (kWh/m²-gün)													
Toplam Güneş Işınımı	1,5	2,3	3,4	4,7	6,0	6,7	7,0	6,2	4,9	3,3	2,1	1,3	4,1

İZMİR	Enlem: 38,2° Yükseklik: 25 m												
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ortalama
Çevre Sıcaklığı (°C)	8,6	9,6	11,1	15,5	20,4	25,0	27,6	27,3	23,3	18,4	14,3	10,6	17,6
Mak-Min Sıcaklık Farkı (°C)	6,5	7,6	8,6	10,3	11,1	11,4	11,3	11,4	11,1	9,7	7,9	6,7	9,5
Şebeke Suyu Sıcaklığı(°C)	12,3	11,5	13,1	16,6	21,2	26,2	29,8	31,0	29,0	24,9	20,4	15,1	20,9
YATAY DÜZLEME GELEN GÜNLÜK IŞINIM (kWh/m²-gün)													
Toplam Güneş Işınımı	1,8	2,6	3,7	4,9	6,2	6,7	6,8	6,4	5,1	3,5	2,3	1,7	4,3

BURSA	Enlem: 40,1° Yükseklik: 100 m												
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ortalama
Çevre Sıcaklığı (°C)	5,2	6,0	8,0	12,6	17,4	21,6	24,2	23,9	19,7	15,4	11,3	7,5	14,4
Mak-Min Sıcaklık Farkı (°C)	7,5	8,4	10,0	11,7	12,4	13,6	13,9	14,2	13,6	12,1	9,7	7,8	11,2
Şebeke Suyu Sıcaklığı(°C)	9,2	8,0	9,2	12,2	16,6	21,2	24,2	25,2	23,9	19,7	15,9	11,9	16,5
YATAY DÜZLEME GELEN GÜNLÜK IŞINIM (kWh/m²-gün)													
Toplam Güneş Işınımı	1,4	2,1	3,0	4,3	5,8	6,4	6,6	5,8	4,5	3,0	1,9	1,4	3,9

Tablo 2.6. BAZI İLLER İÇİN AYLARA GÖRE GÜNEŞ IŞINIM DEĞERLERİ



Şekil 2.7. GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEM ÇEŞİTLERİ

Çam, sedir ağacı veya diğer yapraklarını dökmeyen ağaçları kuzey ve doğu yönlere rüzgarı kesmesi için yerleştirmek mümkündür. Ağaçsız alanlarda rüzgar ve fırtına etkisini azaltmak için çeşitli yapılar ve çevredeki binalar kullanılabilir.

Şehirde bir ev tasarlanıyor ise, güneşin arazi üzerinde izlediği yol dikkate alınmalı ve gelecekte yapılabilecek binaların gölgeleme etkisi göz önünde bulundurulmalıdır.

- **Yalıtım**

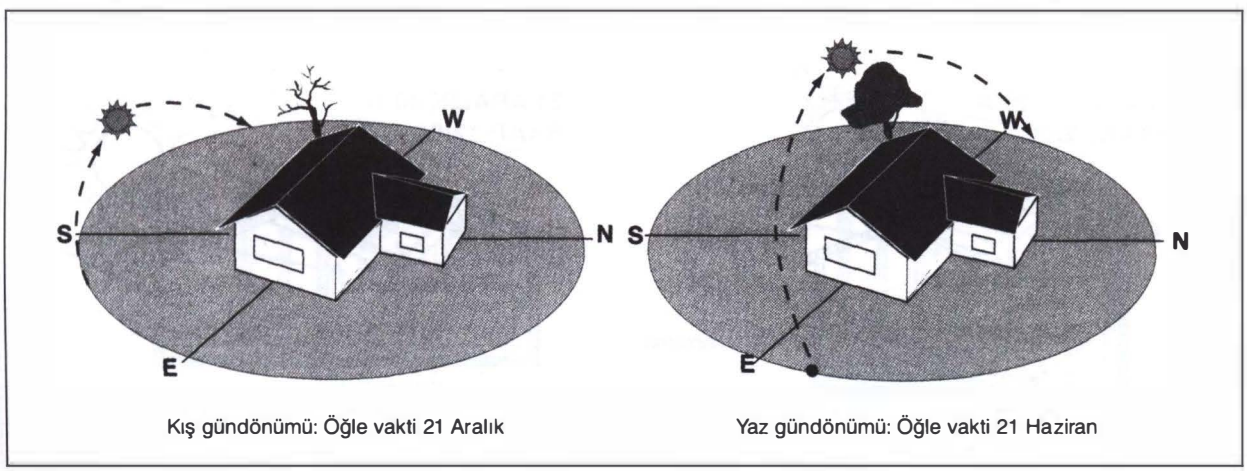
Yalıtımsız ve infiltrasyon kaybı fazla olan bir bina enerji verimliliği açısından elverişli değildir. Enerjiyi muhafaza etmek, üretmekten daha ekonomiktir.

Yazın soğutma yükleri yüksek bir binada, tavan arasında ışınım ile oluşan ısı kazancını azaltacak önlemler almak gereklidir.

- **Pencere Tasarımı**

Pencereler evin pasif güneş kolektörleridir. Dikey yerleştirilmiş olan camlar kışın düşük eğimli gelen güneş ışınlarını geçirirken, yazın dik gelen ışınları alamamaktadır. Böylece normal bir mimari ile en yüksek güneş enerjisi verimliliği elde edilir.

- Camların büyük bölümünü binanın güney cephesine (en uzun cephe) yerleştirmek faydalıdır.
- Dengeli bir pasif ısıtma yaklaşımında güney cephedeki cam yüzey alanı, normal şartlarda toplam döşeme alanının %7'sini geçmemelidir. Eğer geçiyorsa gece oluşacak ısı kaybının dengelenebilmesi ve gündüz saatlerinde konforsuzluğun önlenebilmesi için, iç mekanlarda ilave ısı depolayıcı yapı bileşenleri kullanılmalıdır. Normal şartlarda duvar,



Şekil 2.8. YAZ VE KIŞ MEVSİMLERİNDE GÜNEŞİN EN YÜKSEK KONUMLARI

döşeme, tavan ve mobilyalarda depolanan ısı enerjisi yeterli olmaktadır.

- Mümkün olan en yüksek kalitedeki camlar seçilmelidir. Üç camlı ve Kripton gazı dolgulu camlar en verimli olanlarıdır ve gece ısı kayıpları düşüktür.
- Evin güney cephesinde veya ışınım toplayıcı olarak kullanılması düşünülen pencerelerde düşük verimli camlar kullanılmamalıdır.
- Evin hakim rüzgarların etkisinde olan cephesindeki ve tam karşı cephesindeki pencerelerin açılır tasarlanması gece saatlerinde evin serinletilmesi için faydalı olacaktır. Pasif soğutma sistemlerinde pencereler büyük önem arz etmektedirler. Pasif olarak iklimlendirilen bir evde bazı pencerelerin doğal havalandırma yapılabilmesi için açılabilir olması gerekmektedir. Ancak unutulmamalıdır ki, açılabilir pencereler ısı kayıpları yaratırlar ve ilk yatırım maliyetleri sabit pencerelere göre daha fazladır. Bu sebeple en verimli sistemi elde etmek için birkaç pencerenin açılabilir seçilmesi yeterli olacaktır.
- Kuzey, kuzeydoğu ve kuzeybatı yönlerdeki cam yüzeyleri sınırlı tutulmalıdır.
- Güney yönünde de aşırı miktarda cam yüzeyinden kaçınılmalıdır çünkü aşırı cam yüzeyi aşırı ısı kazancı anlamına gelir.

Çatı Altı Pencereleri

Çatı altı pencereleri güneşten ısı kazancını arttırmak ve doğal aydınlatma sağlamak için kullanılır. Bu pencereler, genellikle dikey olarak ve iç duvarlardan duvar yüksekliğinin en az 1 ya da 1,5 katı mesafede konumlandırılır. Böylece ısı depolayıcı olarak tasarlanan iç duvarların güneş ışınımını büyük ölçüde alması sağlanır (*Şekil2.9*). Bu pencereler, güneye bakan cephelerde çevrede bulunan ağaç, bina vb etmenlerden kaynaklanabilecek gölgelemelerin, iç mahal konforunu bozmasını engeller.

Her zaman için yüksek kaliteli camların kullanılması gerekmektedir. Bu camların ısı iletim katsayıları, ısı kayıplarını önleyebilmek için düşük olmalıdır. Soğuk iklimlerde bu tip cam uygulamaları özellikle gece ısı kaybını artıracağından hassasiyetle tasarlanmalıdır, gerekirse motorlu güneşliklerle bu dönemlerde ısı kayıpları azaltılmalıdır.

Çatı Pencereleri

Pasif ısıtılan evler için diğer bir çözüm de çatı pencereleridir. Bu cam yüzeylerin dik olmaları kış güneşinden daha fazla yararlanılmasını sağlar. Pencere ne kadar yatay olursa, elde edilen kazanım o kadar az olur. Çatı pencereleri de çatı altı pencereleri gibi bazı durumlarda sıkıntı yaratabilmektedir. Erişim zorluğu nedeniyle gereken durumlarda gölgeleme ve ısı kaybını azaltıcı önlemlerin uygulanması zorlaşmaktadır.

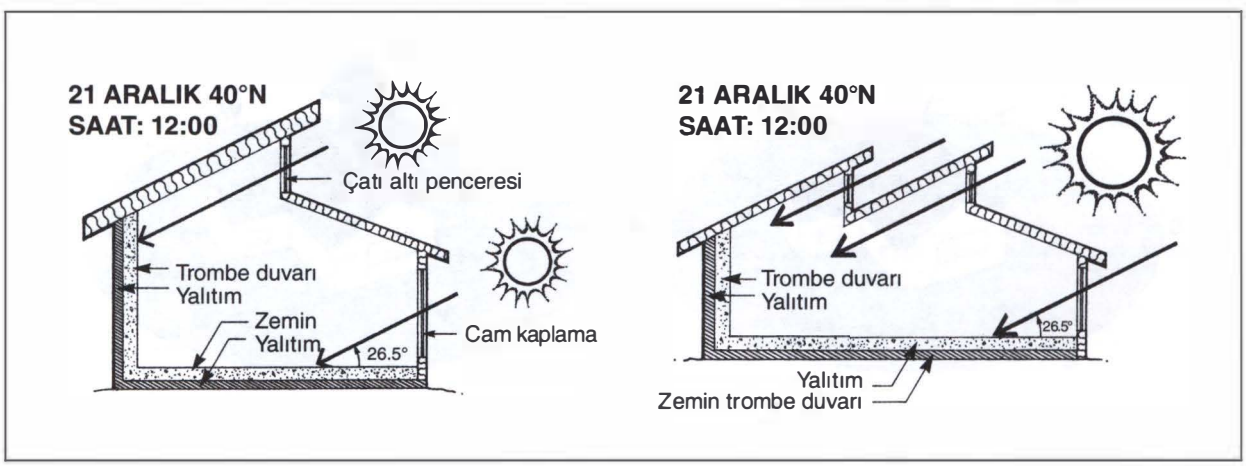
Pasif Güneş Enerjisi Uygulamaları Tasarımında Ele Alınması Gereken Konular

- Verimli bir havalandırma için ısı geri kazanım üniteleri kullanımı
- Yazın güneşin yapıyı ısıtmasını önlemek için doğu, batı ve güney pencerelerde gölgeleme sağlanması
- Yazın pencerelerde güneşliklerin kullanımı
- İç mekanlarda güneş ışınımını absorbe edebilecek yapı bileşenlerinin kullanımı.

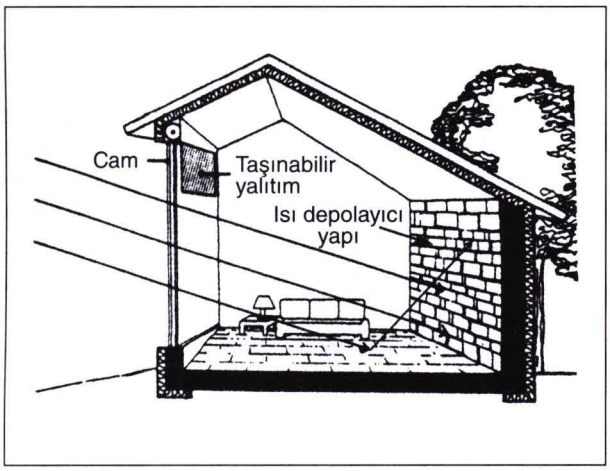
Güneş ışınımı, iyi yalıtımlı bir evi hızla yüksek sıcaklıklara ulaştırıp konfor şartlarını olumsuz etkileyebilir. Koyu renge boyanmış çimento/kiremit zemin ve duvarlar gibi ışının toplayıcı yapı bileşenleri, ısıyı depolar ve sıcaklığın ayarlanmasına yardımcı olur. Gündüz depolanan enerji, gece boyunca odaya geri aktarılır ve ısıl dengenin korunması sağlanır.

Pasif güneş enerjisi tasarımlarının iç sıcaklıklarda dengesizliğe neden olmaması için en doğru yaklaşım, güneş ışınım alanlarını (pencereler) ve zemin/duvar gibi ısı depolayan yapı bileşenlerini doğru tasarlamaktır. Bu bileşenlerin hatalı tasarımı sonucunda sera etkisine benzeyen gün boyunca sıcak ve gece soğuk olmaya meyilli ortamlar oluşur.

Doğru projelendirme için ısı kaybı hesabının en doğru şekilde yapılmış olması temel şarttır. Yıllık ısıtma yükünün ne kadarlık bir kısmının güneş enerjisi ile



Şekil 2.9. ÇATI ALTI PENCERESİ



Şekil 2.10. DOĞRUDAN ISI KAZANCI

karşılanacağı bu şekilde daha doğru hesaplanır. Güneş, bir metrekare pencere alanı başına 1.000 W güç sağlayabilmektedir. Bu enerjinin kullanılmaması büyük bir kayıptır. Isıtma yapılması gereken birçok iklimde, iyi tasarlanmış bir pasif güneş enerjisi evi, ısıtma ihtiyacının %25 ila %80'ini güneşten karşılayabilmektedir. Bu değerler, hava infiltrasyonu çok az olan ve enerji verimliliği fazla olan binalar için geçerlidir.

b. Güneş Enerjisinin Soğutmada Pasif Kullanımına Yönelik Mimari Çözümler

Amerika Birleşik Devletleri Enerji Bakanlığı verilerine göre ısıtma ve soğutma için gereken enerjinin %44'ünü evler tüketmektedirler. Pasif soğutma sistemleri, uygun işletim maliyetli evlerin inşa edilmesini sağlamaktadır. Bu sistemlerde işletim maliyeti yüksek olan pompaların, kompresörlerin kullanımına ihtiyaç duyulmaz. Pasif soğutma, doğaya verilen zararı büyük ölçüde azaltmaktadır. Hangi iklim şartlarında tasarım yapılırsa yapılsın, uygulamalarda kullanabilecek bazı temel kurallar vardır. Bu kurallar, iç ve dış ısı kazançlarını azaltmaya yöneliktir.

- **İç Isı Kazançlarının Azaltılması**

Soğutma sezonunda aydınlatmadan, insanlardan, bilgisayarlardan ve elektrikli cihazlardan dışarıya ısı aktarılmaktadır. Isı kazancını azaltmak için aydınlatma ve elektrikli cihaz kullanımında azaltma yönüne gidilir.

- **Aydınlatma**

  Aydınlatmada kullanılan akkor ampuller çok verimsizdir. Işığı yaymak için kullandıkları elektrik enerjisinin sadece %5-10'luk kısmı ışığa çevrilebilmektedir. Geri kalan kısım ısı enerjisine dönüşmektedir. Kompakt floresan ampuller ise aynı armatürlerde kullanılabilir ve aynı miktarda aydınlatma elde etmek için %75 daha az enerji harcarlar. Daha az elektrik tüketirken, daha az ısı açığa çıkarmaktadırlar. Daha az ısının açığa çıkması, soğutma döneminde iç ısı kazanç değerlerinin düşmesi anlamına gelmektedir. Aydınlatmada yapılabilecek bir diğer kazanım da, mekanın her yerini aydınlatmaktansa sadece kullanılan alanın aydınlatılması yöntemine dayanmaktadır.

- **Elektrikli Cihazlar**

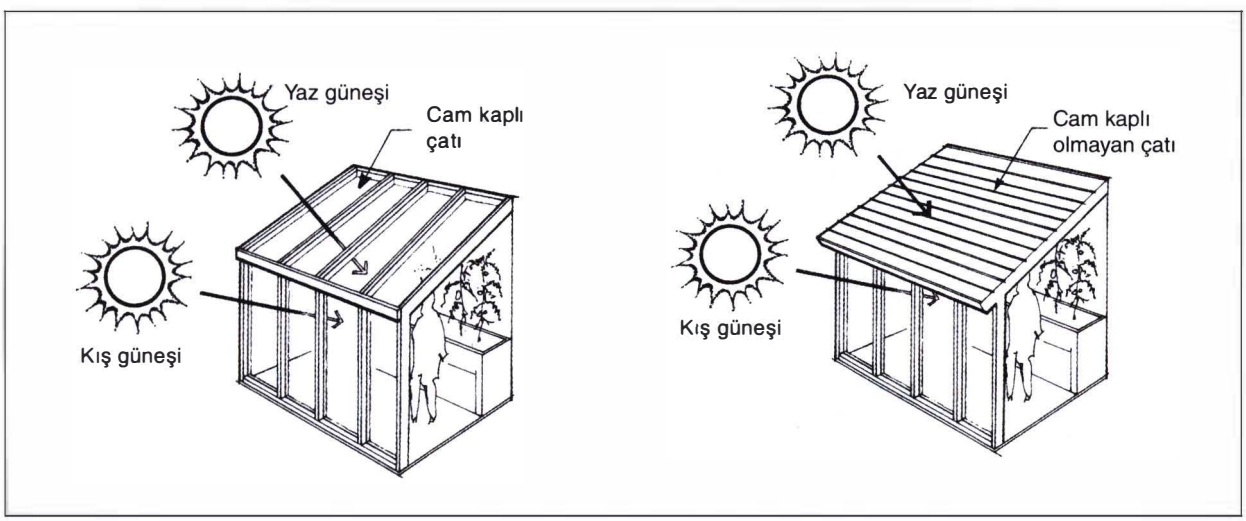
  Isıtma sezonunda, ısıtma sistemine destek sağlayacak olan çamaşır, bulaşık makineleri, su ısıtıcılar, ütü, fırınlar vb elektrikli cihazlar ve diğer eşyaların yarattığı ısı kazançları soğutma dönemlerinde konforsuzluk yaratmaktadır. Bu tip cihazları özellikle sabah ve akşam saatlerinde kullanmak yararlı olacaktır. Normal fırınlar yerine mikrodalga fırınların kullanımı hacmin (mahalin) ısı kazancını azaltacaktır.

- **Dış Isı Kazançlarının Azaltılması**

Dış ısı kazançlarının başında duvarlarda, çatılarda ve pencerelerde meydana gelen aşırı ısı kazançları gelmektedir. Soğutma döneminde güneş ışınımıyla ısınan sıcak hava, iç mekanlara girmeye çalışmaktadır. İçeri giren sıcak hava dış ısı kazançlarını artırmaktadır.

- **Binanın Yönü ve Pencerelerin Yerleşim Planları**

  Kuzey yarımkürede bulunan bir binanın yerleşimi doğu batı hattında olmalıdır. Hava sıcaklıkları ne ka-



Şekil 2.11. GÜNEŞ MİMARİSİ UYGULAMALARI

dar yüksek olursa, pasif olarak binayı soğutmak da o kadar zor olur. Çift bölümlü cam uygulamaları ve çatı pencerelerinin kullanımı soğutma yükünü arttırıcı etmenlerdir. Soğutma dönemlerinde pencerelerde gölgelemeler yapılarak, ısı kazancı azaltılabilir.

Saçaklar, ilkbaharın sonu, yaz ve sonbaharın başında kışa göre daha dik gelen güneş ışınlarının cam yüzeylere gelmesini ve aşırı ısınmayı engelleyebilirler. İki katlı villa tipi bir evde üst katın zemin kirişinin biraz dışarıya çıkık olması da aynı şekilde dik gelen ışınları keserek soğutma döneminde ısı kazançlarının azaltılmasına yardımcı olur.

Pasif soğutma yapmanın bir diğer yöntemi de, evin gölgelenmesi gereken yerlerine ağaçlandırma yapmaktır. Gölgelemenin yanında yapraklarda oluşan buharlaşmanın etkisiyle de evin çevresinin serin tutulması sağlanmaktadır. Gölgeleme amaçlı yapılacak ağaçlandırmada, bitki boyu, yapraklanma oranı vb ayrıntılara dikkat edilmelidir. Örnek olarak, doğu-batı yönünde yapılacak olan yeşillendirme için kısa boylu bitkiler en ideal çözümü oluşturmaktadır. Bunun sebebi doğu-batı yönünde olan ışınımın düşük açılarda gerçekleşmesidir. Böyle durumlarda, yüksek boylu ağaçların dikilmesi fazladan bir avantaj sağlamamakla birlikte, aydınlatma için negatif etki yaratacaktır.

Güney cephede ise yüksek boylu ağaçların dikilmesi gerekmektedir. Böylece maksimum gölgeleme elde ederken, minimum soğutma ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Bu yöntem sayesinde, sonbaharda yaprakların dökülmesine bağlı, güneş ışınımından sağlanan pasif fayda artırılarak ısıtmaya destek de sağlanabilir.

- **Mekanik Gölgeleme Araçları**

Tente ve panjurların kullanımı ekonomik açıdan en uygun bir seçenektir. Seçimi düzgün yapılmış bir tente ısı kazancını, güney cephede %65, batı cephede ise yaklaşık %77 azaltabilir. Tente ve panjurların açık renk olması tavsiye edilir. Pencerelere ve duvarlara gölgeleme yapmalarının yanı sıra gelen ışığı geriye yansıtırlar. Isınan sıcak havanın yukarı doğru hareketini ve tahliyesini sağlayabilmek için tente uygulamalarında, tente ile bina arasında boş alan bırakılmalıdır.

Yatay ve dikey hareketi kontrol edilebilen panjurların kullanımı, aşırı ısınmalara karşı binaların korunmasına yardımcı olur. Saydam güneş kırıcılar kullanılarak, güneşin aydınlatma etkisi engellenmeden mekanlarda gölgeleme yapılabilir.

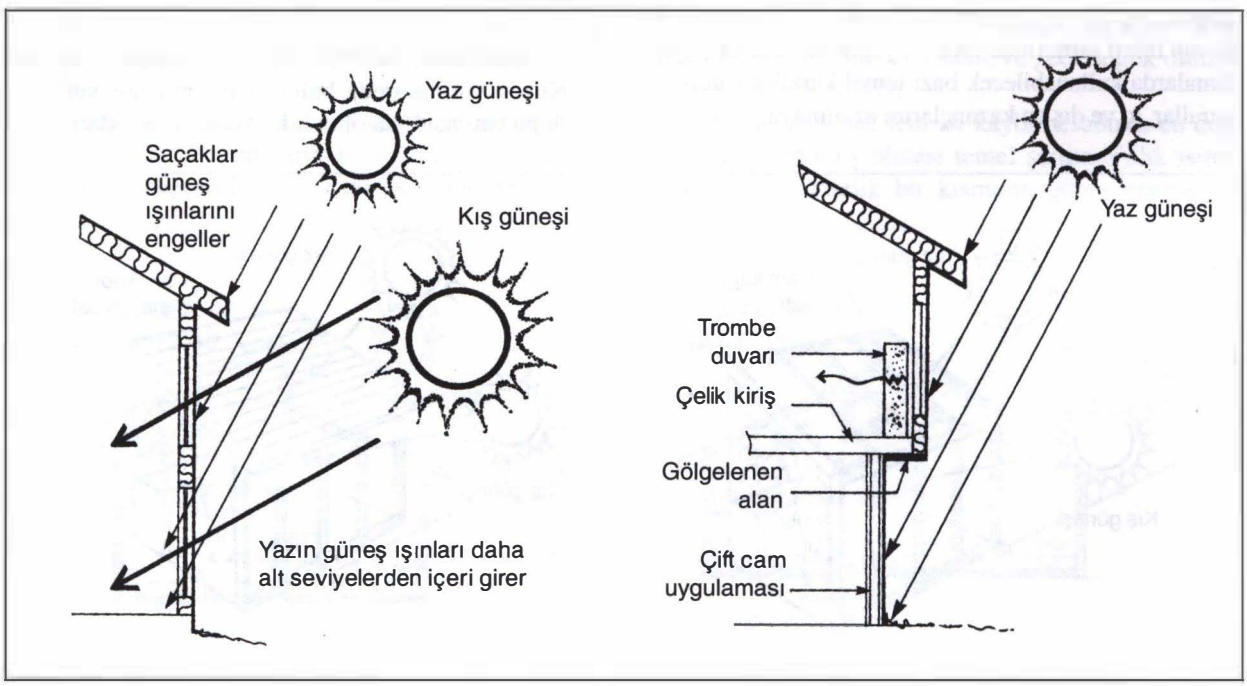
İçten yapılabilecek mekanik gölgelemeler arasında ise perdeler ve jaluziler bulunmaktadır. Bu gölgeleme araçları hem güneşten koruma sağlamakta hem de dekoratif olarak hacme değer katmaktadırlar.

- **Bina ve Çatı Rengi**

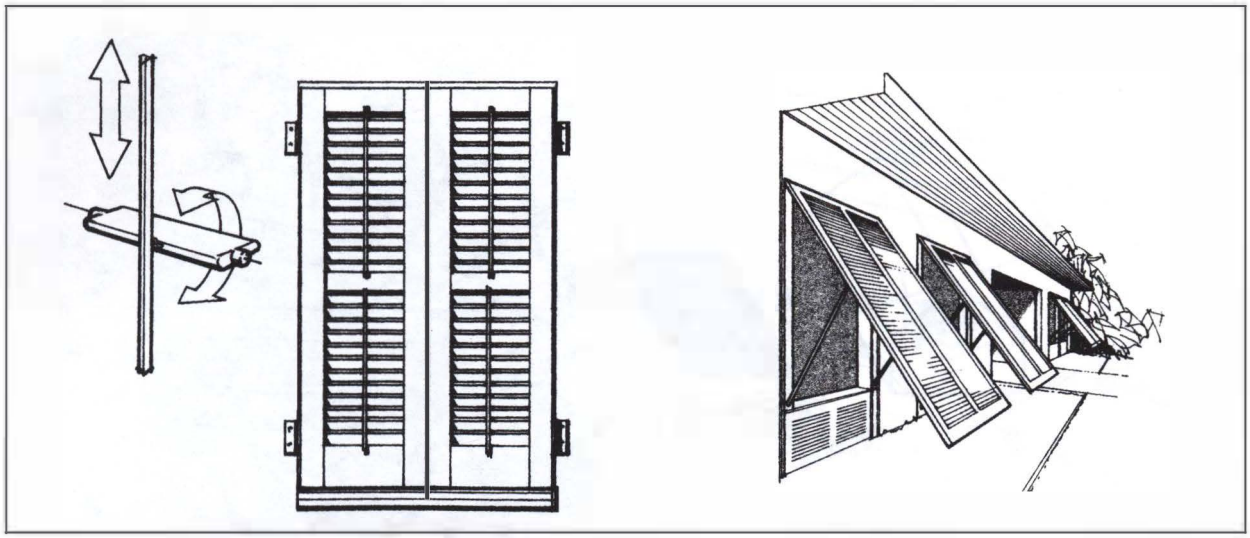
Binanın yönü, pencerelerin yerleşimi ve gölgelemeler, soğutma yüklerini belirli oranda azaltırlar. Daha iyi sonuçlar elde etmek için binaların dış cephe ve iç cephe boya renklerinde bazı değişiklikler yapılabilir. Açık renkli cephe boyası seçilmesi yalnız başına etkili olmayabilir ancak, alınan diğer önlemlerle beraber soğutma yüklerini etkili bir biçimde azaltmaya yardımcı olacaktır.

- **Binalarda Yalıtım**

Bina yalıtımı, sadece soğuk iklimlerde inşa edilen binaların ısı kayıplarını azaltmaya yönelik değildir. Aynı zamanda yazın binaların ısı kazancını da azal-



Şekil 2.12. GÖLGELEME VE GÜNEŞ IŞINLARININ ENGELLENMESİ



Şekil 2.13. MEKANİK GÖLGELEME ARAÇLARI

tır. Isı kazancının büyük bir kısmının çatıdan kaynaklanacağı unutulmamalıdır. Duvarların yalıtımı çatı yalıtımına göre daha az önem arzetse de, mutlaka önerilir. Zeminin yalıtılması soğutma yükünde çok etki yaratmamakla birlikte, ısıtma sezonunda zeminden gerçekleşen ısı kayıpları ve konfor açısından büyük önem taşımaktadır.

- **Hava Sızıntıları**

Binayı çevreleyen cephelerde meydana gelen çatlaklar, kapı ve pencere üstlerindeki sızdırmaz contalarda oluşan boşluklar, sıcak havanın bina içerisine girmesine, bu nedenle ek ısı kazancına sebep olurlar. Bu problemin önüne geçmek için binaları, sızdırmaz yapı bileşenleriyle inşa etmek gerekir. Buhar bariyerleri, hazır yapı malzemeleri ve bina cephe kaplamaları hava sızıntılarını önlemek için yararlanabilecek yöntemlerdendir.

- **Doğal Havalandırma**

Doğal havalandırma, yüzyıllardır binalardaki fazla ısıyı dışarı atmada kullanılan bir yöntemdir. Tropik iklimlerin hakim olduğu yerlerde, bambudan yapılmış evler iyi bir doğal havalandırma sağlamaktadırlar. Bazı yerlerde evlerin sütunlar üzerine inşa edildikleri görülür. Bu da doğal havalandırma için seçilmiş bir yapı tekniğidir.

- **Çapraz Havalandırma ve Ventüri Etkisi**

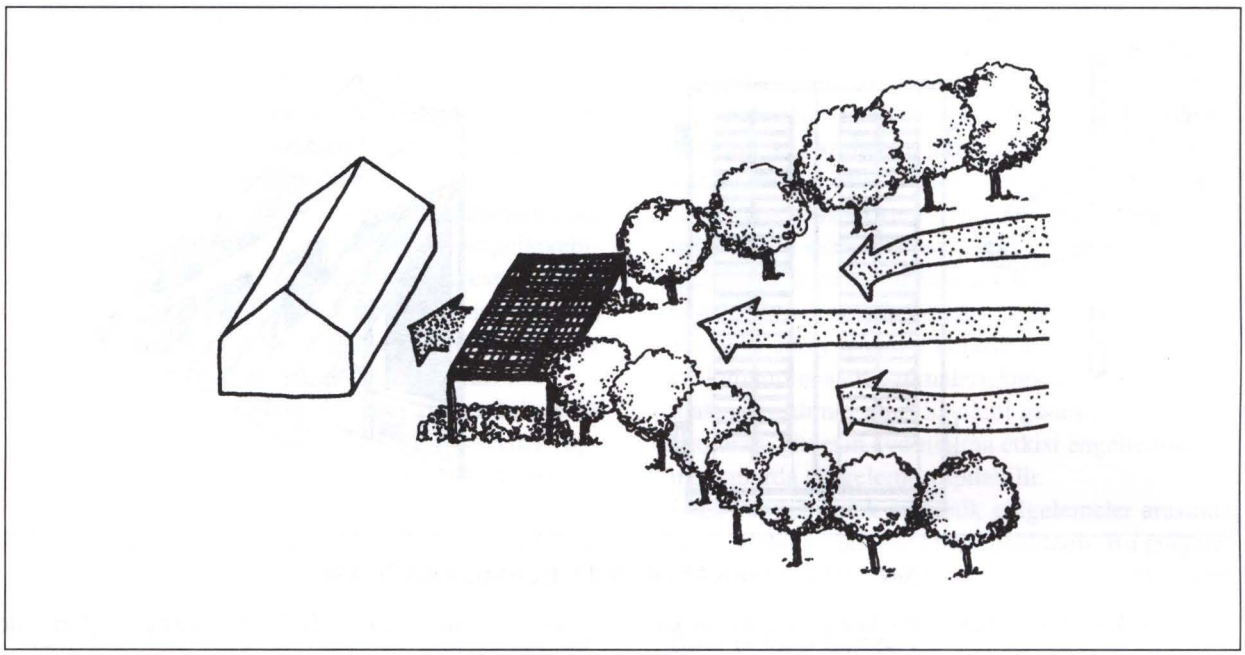
Pasif olarak iklimlendirilen bir binada, yerleşimi düzgün yapılmış pencereler, gündüz ve gece saatlerinde çapraz havalandırma sağlayarak hacimdeki fazla ısıyı dışarıya aktarırlar. Çapraz havalandırma, havanın bir yerden başka bir yere doğal hareketiyle gerçekleşir. Bunu yapmak için pencereleri açmak yeterlidir. Bahçe düzenlemesinin doğru yapılması, soğutma yüküne olumlu etki yapacaktır. *Şekil 2.14*'te görüldüğü gibi, ağaçların ve çevredeki yeşilliklerin yerleşim düzenine bağlı olarak venturi etkisiyle bina için olumlu havalandırma şartları elde edilmektedir.

- **Rüzgar Kulesi**

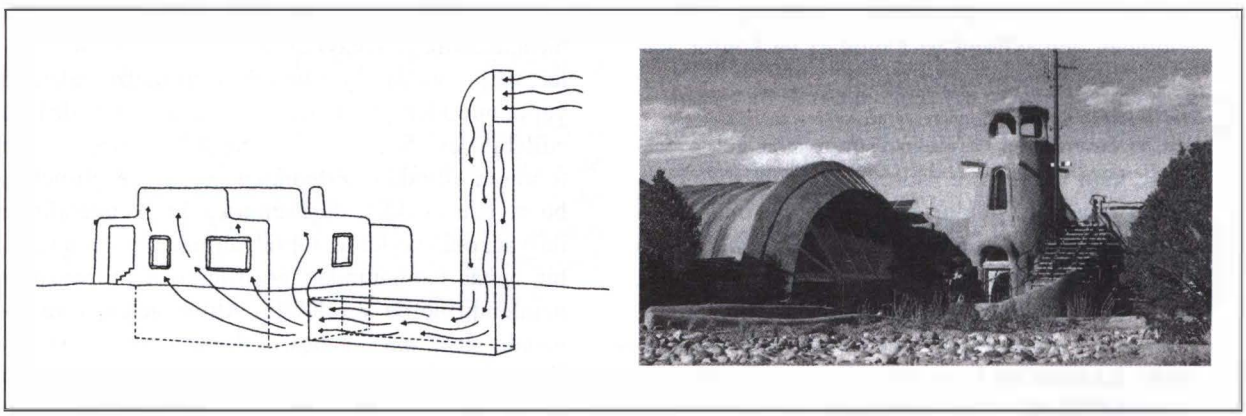
Rüzgar kulesi, yakaladığı rüzgarı *Şekil 2.15*'te gösterildiği gibi binanın içine aktaran ve böylece doğal havalandırmayı kolaylaştıran bir yapıdır. Bu kuleler, kerpiç ya da diğer toprak bazlı malzemelerden yapılabildikleri gibi normal yapı ürünleri ile de inşa edilebilirler. *Şekil 2.15*'te görüldüğü üzere hava toprağın altından ilerledikten sonra eve girmekte, bu sayede sıcaklığı düşürülmektedir. Nemlendirme ihtiyacı olan yerlerde, toprak altında ilerleyen hava, bir buhar katmanından geçirilerek aynı zamanda nemlendirme de yapılabilir. Alttan gelen hava binadaki sıcak havayı dışarı çıkmaya zorlamaktadır. Kış aylarında, yani serin havaya ihtiyaç olmadığı durumlarda, rüzgar kulesinin kapıları kapatılmakta ve böylece serin havanın binada yaratabileceği ısı kaybı etkisi ortadan kaldırılmaktadır.

- **Toprak Altı Kanallar**

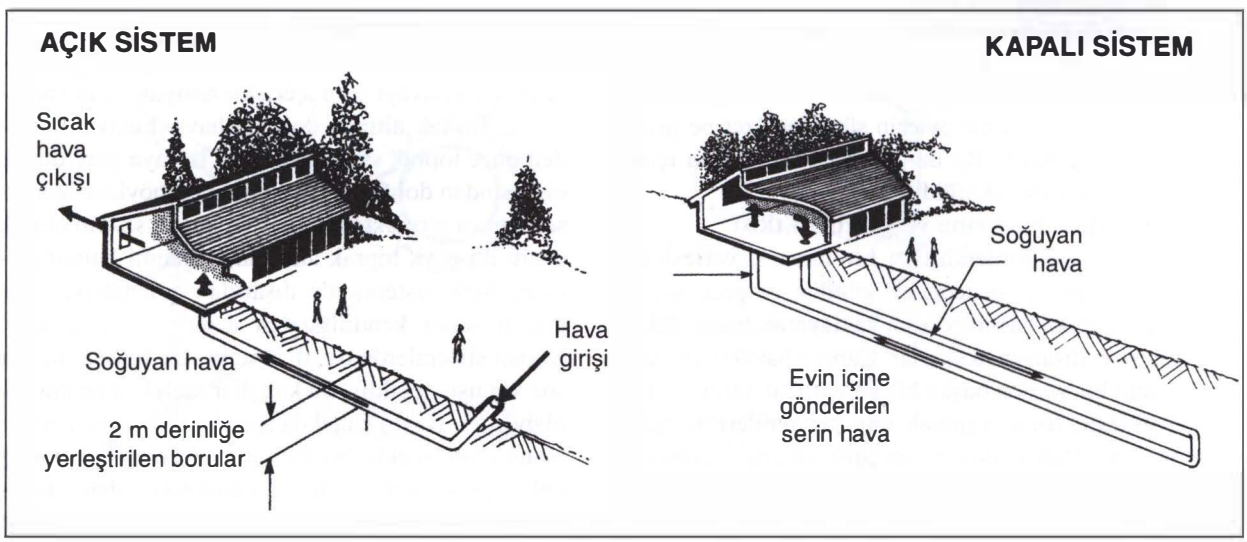
Soğutma kanalları, pasif olarak ya da bir fan vasıtasıyla dış havayı evin içerisine taşıyan uzun kanallardır. Toprak altında dolaşan hava, binaya girmeden önce toprak sıcaklığının dış havaya göre düşük olmasından dolayı soğumaktadır ve böylece içeriye serin hava girmektedir. Açık ve kapalı sistem olmak üzere iki çeşit toprak altı kanal sistemi bulunmaktadır. Açık sistemlerde dışarıdan gelen hava ısındıktan sonra kendiliğinden dışarıya çıkmaktadır. Kapalı sistemlerde ise, dışarıdan taze hava alınması söz konusu değildir. Bu kanallar metal ya da plastik olabilirler. İki tip kanal da ısıl olarak yüksek performans göstermekle beraber, plastik kanallar montaj kolaylığı sağlamaktadır ve neme karşı daha dayanıklıdır. İdeal kurulum için kanallar toprağın 2 m altında olmalıdır, böylelikle yeterli ısı alışverişi ve



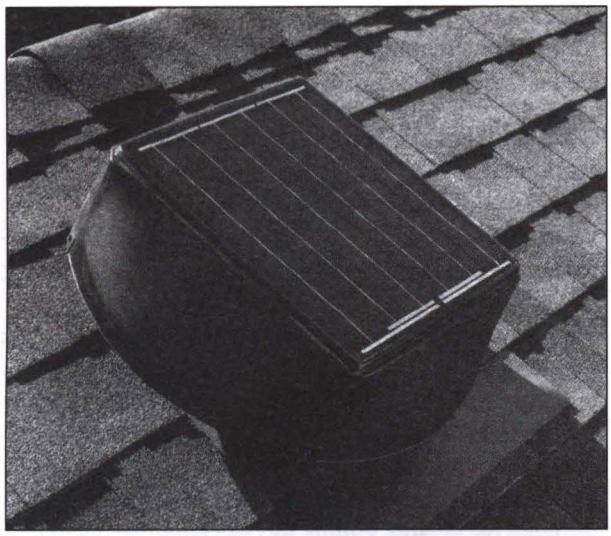
Şekil 2.14. BAHÇE DÜZENLEMESİNİN ÖNEMİ



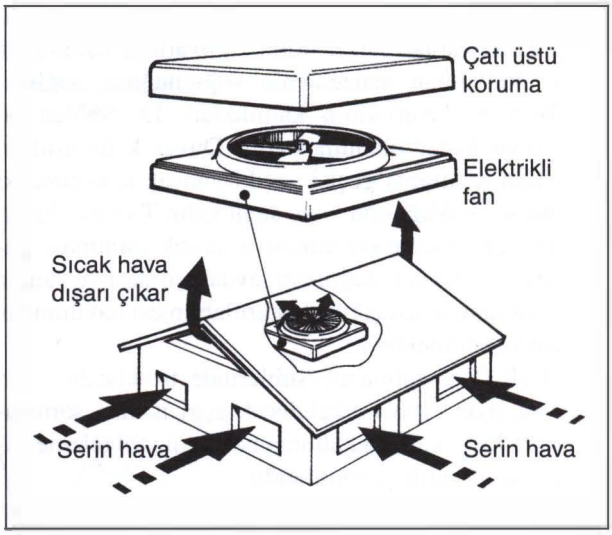
Şekil 2.15. RÜZGAR KULESİ



Şekil 2.16. AÇIK VE KAPALI SİSTEM TOPRAK ALTI KANAL UYGULAMALARI



Şekil 2.17. GÜNEŞ ENERJİSİ İLE ÇALIŞAN HAVALANDIRMA FANI



Şekil 2.18. TAVAN ARASI HAVALANDIRMA

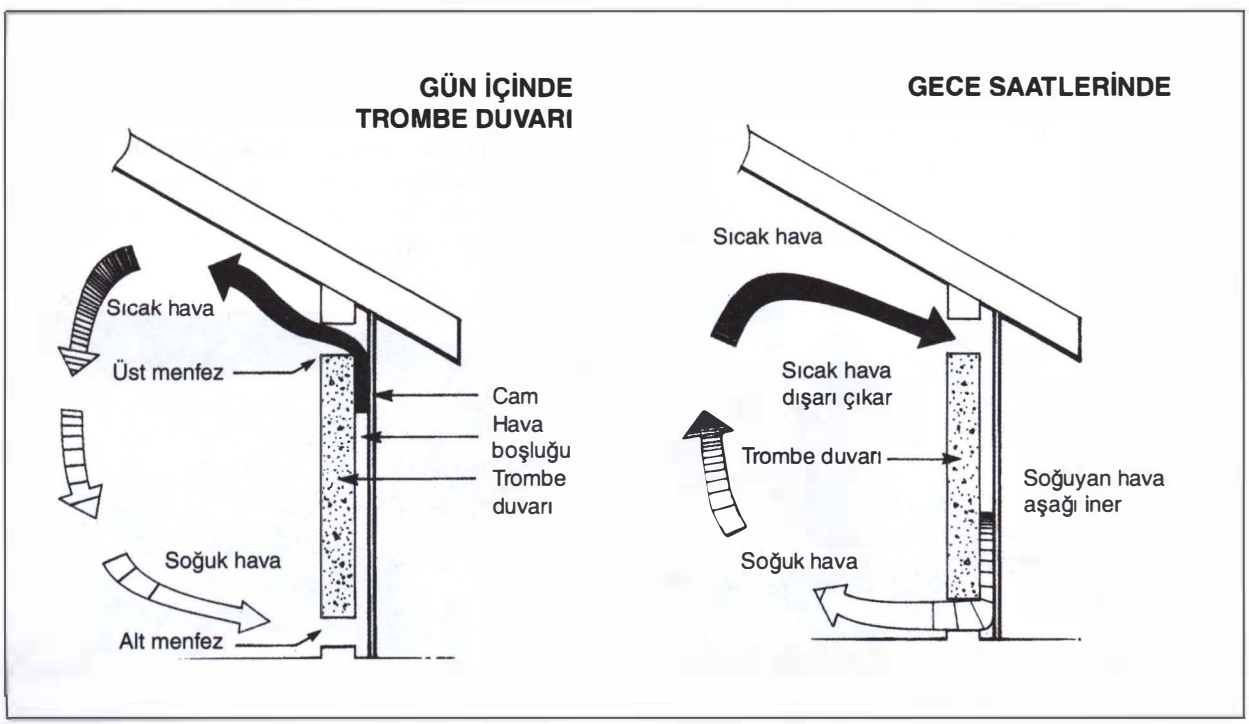
soğutma etkisi sağlanabilir. Ayrıca taze hava girişlerinde, kanallara böcek, kuş vb canlıların girmemesi için gerekli önlemler alınmalıdır (*Şekil 2.16*).

- **Tavan Arası Havalandırma**

Tavan arası pasif ya da aktif olarak havalandırılabilir. Çatılara yerleştirilen fanlar bu işi aktif olarak yapabilir. Ancak elektrik tüketimini azaltmak adına güneşten elektriğini temin eden fanların kullanılması daha doğru bir yöntem olabilir. Doğal havalandırma fanları, sadece dış hava sıcaklığı, iç hava sıcaklığından daha düşük olduğu zaman çalışmaktadırlar.

- **Trombe Duvarı**

Bu sistemler aynı zamanda, ısı depolama duvarları olarak da adlandırılırlar. Bu duvarlar binanın güney cephesinde bulunur. Isı depolama (trombe) duvarları, dış ortamdan iç ortama olan ısı transferini gerçekleştirir. Bu transferde önemli olan, güneşin battığı ya da batmaya yaklaştığı saatlerde ısının iç ortamda olmasıdır. Böylece güneşin battığı yani ısı kaynağının ortadan kalktığı zamanlarda gün içinde duvarda depolanan ısı enerjisi kullanılarak, gece boyunca ihtiyaç duyulan ısıtma yükünün belli bir kısmı doğal olarak karşılanabilir. Güneşin binayı ısıtmaya başladığı an ile, trombe duvarından bina



Şekil 2.19. TROMBE DUVARI GECE VE GÜNDÜZ ÇALIŞMA ŞEKLİ

içine doğru olan ısı transferinin başladığı an arasındaki zaman farkı, trombe duvarının kalınlığına ve kullanılan malzemenin yoğunluğuna bağlıdır. Trombe duvarlarının kalınlıkları 15 cm'den 60 cm'ye kadar olabilmektedir. Duvar kalınlaştıkça, ısının iç ortama geçişi gecikir, ancak iç ortamdaki duvar sıcaklığı gün boyu sabit kalır. Trombe duvarı üzerine pencere konulması, aydınlık yaratması, güneş ışınımından doğrudan faydalanılması ve yangın durumunda acil çıkış oluşturulabilmesi bakımından tercih edilmektedir.

Özellikle soğutma mevsimlerinde, trombe duvarları nedeniyle ortaya çıkabilecek aşırı ısınma sorunlarıyla karşı karşıya kalınmaması için, gölgeleme yapacak çıkıntılar yapılmalıdır.

Trombe duvarı güneye doğru yönlendirilmelidir. Güney yönünden sapma, kışın daha az ısı kazancı elde edilmesine ve yazın aşırı ısınma oluşmasına neden olur.

Bu tip duvarlar için seçilen camların ısı geçirgenlik kat sayıları düşük olmalıdır. Gündüz depolanan ısının gece ve bulutlu günlerde dışarı kaçmasını engellemek için trombe duvarı ile cam yüzey arasında yalıtım yapılmalıdır. Trombe duvarının yüzeyine uygulanan boya yüksek sıcaklıklara dayanıklı olmalıdır.

2.2.1.2. Ürün Kurutma ve Seralar

Güneş enerjisinin tarım alanındaki uygulamalarıdır. Bu tip sistemler ilkel pasif yapıda olabileceği gibi, hava hareketini sağlayan aktif ekipmanlar da içerebilir. Güneş enerjisinin seralarda pasif kullanımı çok yaygındır.

2.2.1.3. Su Arıtma Sistemleri

Bu sistemler esas olarak sığ bir havuzdan ibarettir. Havuzun üzerine eğimli şeffaf cam yüzeyler kapatılır. Havuzda buharlaşan su, bu kapaklar üzerinde yoğuşturularak toplanır. Bu tip sistemler, temiz su kaynağının bulunmadığı bazı yerleşim yerlerinde kullanılmaktadır. Su arıtma havuzları üzerine yapılan Ar-Ge çalışmaları ilk yatırım ve işletme maliyetlerinin azaltılmasına ve verimin artırılmasına yöneliktir.

2.2.2. AKTİF SİSTEMLER

- Elektrik Enerjisi Üretimi (Fotovoltaik Sistemler)
- Isı Enerjisi Üretimi

2.2.2.1. Elektrik Enerjisi Üretimi / Fotovoltaik Sistemler

a. Teknoloji ve Çalışma Prensibi

Fotovoltaik terimi, foto 'ışın' ve voltaik 'elektrik' kelimelerinin birleşmesinden oluşmuştur. Fotovoltaik paneller, güneş ışığındaki enerjiyi elektrik enerjisine çevirirler.

Fotovoltaik paneller, ilk olarak 1960'lı yıllarda uzaya gönderilen araçların enerjilerini sağlamak amacıyla kullanılmışlardır. Daha sonraki yıllarda, deniz fenerleri, meteoroloji istasyonları ve cep telefonu baz istasyonları gibi elektrik temininin zor olduğu yerlerde kullanılmaya başlanmış, günümüzde ise hesap makinelerinden başlayarak günlük hayatta konut ve işyeri tarzı binalarda kullanımı her geçen gün artmaktadır.

Işık Hakkında Genel Bilgi

Beyaz ışık, sadece kırmızı ve mor ötesi ışınlar arasında kalan ve insanların ışık olarak adlandırdığı görülebilir kısımdır (390-760 nm). Beyaz ışık, bir prizma aracılığı ile spektral renkler halinde görülür. Bu renk aralığı, mordan koyu kırmızıya doğru uzanır. Işık, şafak ile alacakaranlık zamanlarında kırmızı, gün içerisinde ise mavi renk ağırlıklıdır. Bu durum renk sıcaklığı olarak adlandırılır ve Kelvin (K) cinsinden ölçülür. Daha sıcak görünen bir rengin, renk sıcaklığı daha düşüktür. Renk sıcaklığı 2.500 K (gün doğumu) ile 5.000 K (gün batımı) arasında değişmektedir.

b. Fotovoltaik Hücrelerin Yapıları

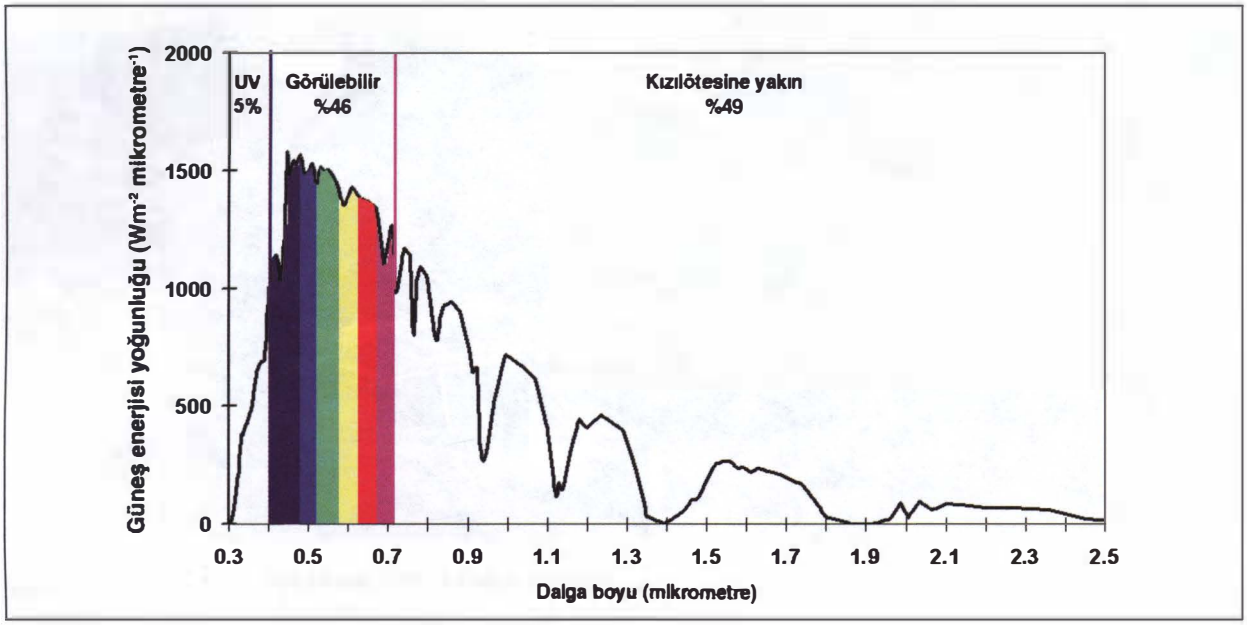
Fotovoltaik hücreler, güneş ışığını oluşturan fotonların enerjisini absorbe etme özelliğine sahip yarı iletken malzemelerden oluşurlar. Bu yarı iletken malzemelerin atomları, değerlik bandı ve iletkenlik bandı olmak üzere iki farklı enerji düzeyi içerirler. Elektronlar, değerlik bandından daha yüksek enerji seviyesi olan iletkenlik bandına geçebilmek için, enerjiye ihtiyaç duyarlar. Bu ihtiyaç duyulan enerjiye 'tamamlayıcı' enerji adı verilir ve güneşten sağlanır.



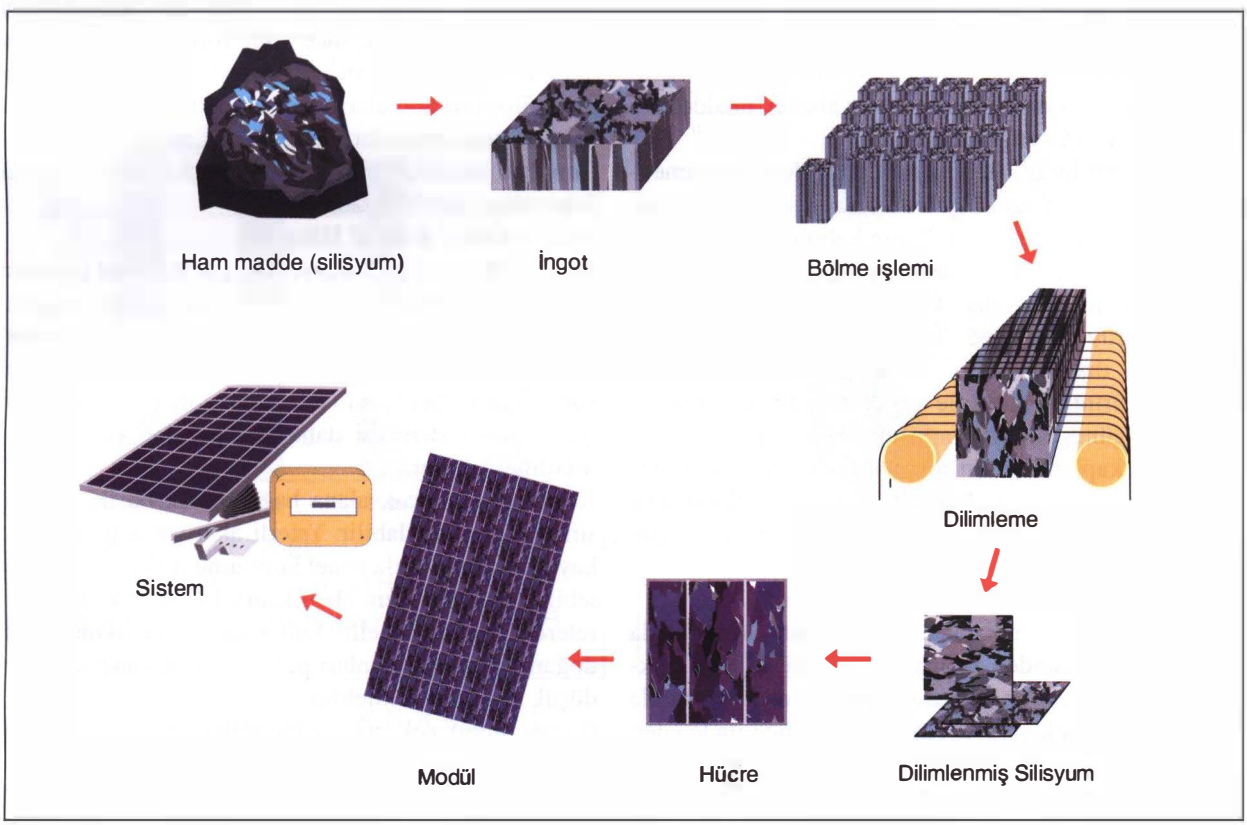
Şekil 2.20. PASİF SİSTEM UYGULAMASI



Şekil 2.21. FOTOVOLTAIK SİSTEM UYGULAMASI



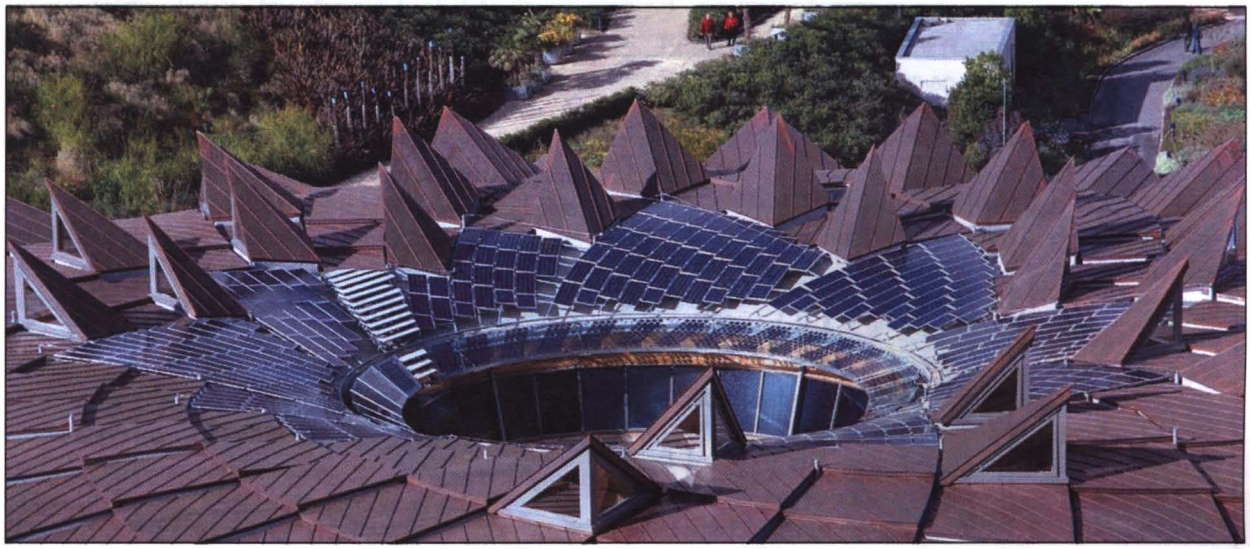
Şekil 2.22. IŞINIM SPEKTRAL ŞİDDET DİYAGRAMI



Şekil 2.23. FOTOVOLTAIK HÜCRE ÜRETİMİ

Fotovoltaik hücrelerin üretildiği yarı iletken malzemeler içinde ticari olarak en çok kullanılanı silisyumdur. Günümüz üretim teknolojilerinde üç farklı çeşit silisyum kullanılmaktadır. Bunlardan ilki, silisyum bakımından en az saf olanıdır ve metalurjik kalitedeki silisyum olarak adlandırılmaktadır. Saflık oranı %98'dir. Birim fiyat olarak en ucuz olanıdır. İkincisi elektronik kalitedeki silisyumdur, elektronik malzeme üretiminde kullanılır. Saflık oranı %99,9 mertebelerindedir. Birim fiyatı en pahalı olanıdır. Üçüncü tip ise saflık derecesi bakımından elektronik kalitedeki silisyuma çok yakın olan güneş pili kalitesindeki silisyumdur.

Silisyum, yeryüzünde oksijenden sonra en çok bulunan elementtir. Ancak silisyum, doğada silisyum dioksit



Şekil 2.24. FOTOVOLTAIK SİSTEM BİNA UYGULAMASI

şeklinde bulunmaktadır. Bu sebeple, metalurjik kalitedeki silisyumdan, güneş pili kalitesinde silisyum elde edebilmek için bir dizi işlem uygulamak gerekmektedir. Bunlardan ilki metalurjik kalitedeki silisyumu yüksek sıcaklıkta eritip daha sonra soğumaya bırakmaktır. Bu sayede silisyum içerisindeki yabancı maddelerin büyük bir kısmı ayrışmaktadır.

Soğutulmaya bırakılan silisyum, külçelere bölünmektedir. Bu oluşturulan külçeler ise daha sonra özel kesme makineleri sayesinde 0,2 mm kalınlığında silisyum dilimlerine bölünmektedirler. Bu işlemler sonucunda fotovoltaik hücreler özel üretim yerlerine getirilerek son hallerini almaktadırlar. 0,2 mm kalınlığındaki plakaların üzerine 800°C sıcaklıkta P-N bağlantısı, difüzyon fırını aracılığı ile yapılmaktadır. Daha sonra plakalar, güneş ışığını yansıtmalarını engelleyen bir tabaka ile kaplanırlar. En son olarak da, elektrik akımının geçişini sağlayacak kaynak işlemleri yapılmakta ve hücreler seri halde bağlanarak panel oluşturacak hale getirilmektedirler. (*Şekil 2.23*)

c. Fotovoltaik Panellerin Güç Birimleri

Fotovoltaik bir panelin kapasitesi "Watt-Crête ya da Watt-peak" cinsinden belirtilir. "Wc ya da Wp" şeklinde yazılır. Verilen değer, optimum koşullar altında fotovoltaik panelden elde edilebilecek gücü ifade eder. Bu optimum koşullar, yaklaşık 1.000 W/m²'lik ışınım altında, güneş ışınlarının en dik geldiği öğle vaktinde, 25°C dış hava sıcaklığında ve hava kütle katsayısının 1,5 olduğu varsayılarak elde edilen değerlere göre belirlenir. Panel yüzeyinin aşırı sıcak olması güç kayıplarına neden olmaktadır, bu sebeple sistemin iyi bir şekilde havalandırılması gerekir.

Hava kütle katsayısı, güneşin yere göre konumuna bağlı olarak, güneş ışınlarının yere ulaşıncaya kadar kat etmeleri gereken mesafeye göre belirlenen bir kat sayıdır. Normal koşullar altında bu değer 1,5 olarak alınır.

d. Malzeme Tipleri

Fotovoltaik hücre üretiminde iki temel üretim şekli bulunmaktadır. Bunlardan ilki kristal formdaki silisyum hücreler, ikincisi ise ince film formundaki silisyum hücrelerdir. Dünya üzerindeki ana üretim, kristal formdaki silisyum hücreler üzerine yoğunlaşmıştır. Bunun sebebi, performanslarının daha iyi olmasıdır. Kristal formdaki hücreler tekli kristal ve çoklu kristal olmak üzere ikiye ayrılmaktadırlar.

Tekli – Çoklu Kristal Hücreler

Tekli kristal yapıdaki hücreler ile çoklu kristal yapıdaki hücreler arasındaki en temel farklılık, güneş ışınımlarını absorbe etmede yaşanan farklılıklardır. Bu, performans farklılıklarına neden olur. Tekli kristal hücrelerin yapım maliyetleri çoklu hücrelere göre daha yüksektir, çünkü saflık derecesi daha yüksek olan silisyumdan üretilmektedirler.

Kurulum yapılacak alana bağlı olarak bu iki tip arasında seçim yapılabilir. Yeterli alan varsa performans kayıpları, daha fazla panel kurulumu ile kompanse edilebilir. Eğer kurulum alanı kısıtlı ise, tekli kristal hücrelerden oluşan paneller kullanılarak, yer sıkıntısından doğan kurulum sorunları performans kazançları ile en düşük seviyeye çekilebilir.

Güneş pilleri pek çok farklı malzemeden üretilebilir. Günümüzde en çok kullanılanları şunlardır:

Kristal Silisyum: Önce büyütülüp, daha sonra 200 mikron kalınlıkta ince tabakalar halinde dilimlenen tekli kristal silisyum bloklardan üretilen güneş pillerinde, laboratuvar şartlarında %24, ticari modüllerde ise %15'in üzerinde verim elde edilmektedir. Dökme silisyum bloklardan dilimlenerek elde edilen çoklu kristal silisyum güneş pilleri ise daha düşük maliyetle üretilmekte, ancak verimleri daha düşük olmaktadır. Verim, laboratuvar şartlarında %18, ticari modüllerde ise %14 civarındadır.

Galyum Arsenit (GaAs): Bu malzemeyle laboratuvar şartlarında %25 ve %28 (optik yoğunlaştırıcılı) verim elde edilmektedir. Diğer yarı iletkenlerle birlikte oluşturulan çok eklemli GaAs pillerde %30 verim elde edilmiştir. GaAs güneş pilleri uzay uygulamalarında ve optik yoğunlaştırıcılı sistemlerde kullanılmaktadır.

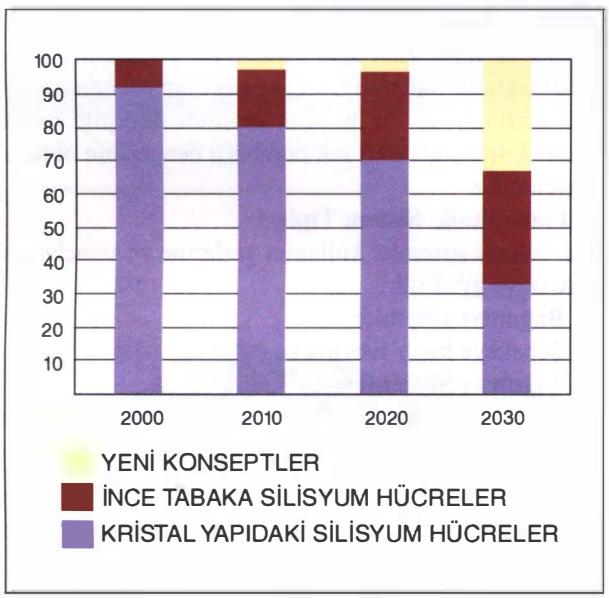
Amorf Silisyum: Kristal yapı özelliği göstermeyen silisyum pillerden elde edilen verim %10 dolayında, ticari modüllerde ise %5-7 mertebesindedir. Günümüzde, daha çok küçük elektronik cihazların güç kaynağı olarak kullanılan amorf silisyum güneş pilinin, binalara entegre yarı saydam cam yüzeyler olarak, bina dış koruyucusu ve enerji üreteci olarak da kullanılabileceği düşünülmektedir.

Kadmiyum Tellürid (CdTe): Çoklu kristal yapıda bir malzeme olan CdTe ile güneş pili maliyetinin çok aşağılara çekilbileceği tahmin edilmektedir. Laboratuvar tipi küçük hücrelerde %16, ticari tip modüllerde ise %7 civarında verim elde edilmektedir.

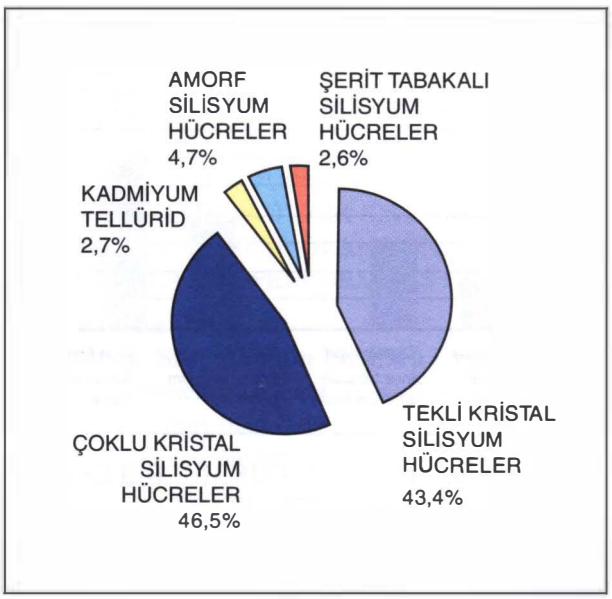
Bakır İndiyum Diselenid ($CuInSe_2$): Bu çoklu kristal pilde laboratuvar şartlarında %17,7 ve enerji üretimi amaçlı geliştirilmiş olan prototip bir modülde ise %10,2 verim elde edilmiştir.

Teknoloji	Ömür	Avantajlar	Dezavantajlar
Çoklu kristal yapıdaki silisyum	10 Sene - %90 Performans	Maliyet ile kurulu alan arasında optimum oran	Ucuz değil
	25 Sene - %80 Performans		Tekli kristal yapıdaki hücrelere göre daha az performans
Tekli kristal yapıdaki silisyum	25 Sene - %90 Performans	Performans ile kurulu alan arasında optimum oran	Ucuz değil
	30 Sene - %80 Performans	-	Üretimi için çok fazla enerji tüketimi
Amorf yapıdaki silisyum	10 Sene - %90 Performans	En ucuz kurulum	Performansları çok düşük

Tablo 2.25. FOTOVOLTAIK HÜCRE ÇEŞİTLERİ



Şekil 2.26. FOTOVOLTAIK HÜCRELERİN TEKNOLOJİLERİNDEKİ GELİŞMELER



Şekil 2.27. FOTOVOLTAIK HÜCRELERİN ÜRETİM TEKNOLOJİLERİ

	Hücrelerin normal verimlilikleri [%]	Hücrelerin laboratuar şartlarındaki maksimum verimlilikleri [%]	Hücrelerin teorik maksimum verimlilikleri [%]
Tekli kristal yapıdaki silisyum	14 - 17	25	27
Çoklu kristal yapıdaki silisyum	12 - 15	19,8	27
Amorf yapıdaki silisyum	6 - 8	12,7	25
Kadmiyum tellürid	6 - 9	16	28,5
Galyum arsenit	18 - 20	26	29

Tablo 2.28. FOTOVOLTAIK HÜCRELERİN VERİMLİLİKLERİ

Optik Yoğunlaştırıcılı Hücreler: Gelen ışığı 10-500 kat yoğunlaştıran mercekli veya yansıtıcılı parçalar ile modül verimi %17'nin, pil verimi ise %30'un üzerine çıkılabilmektedir. Yoğunlaştırıcılar basit ve ucuz plastik malzemeden üretilmektedir.

e. Fotovoltaik Hücrelerin Verimlilikleri

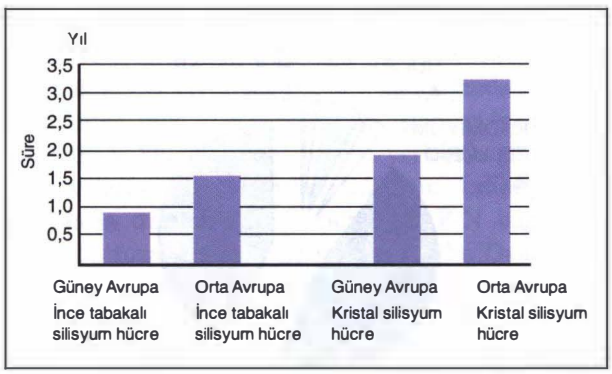
Bir fotovoltaik sistemin verimi, elde edilen elektrik enerjisinin, kurulu sistem alanına gelen güneş ışınım miktarına olan oranıdır. Verimlilik, güneş ışınım miktarına, ortamın nemine, panellerin yüzey sıcaklıklarına ve yarı iletken malzemenin tamamlayıcı enerjisine, yani yarı iletkene bağlıdır.

f. Fotovoltaik Sistemlerde Meydana Gelen Kayıplar

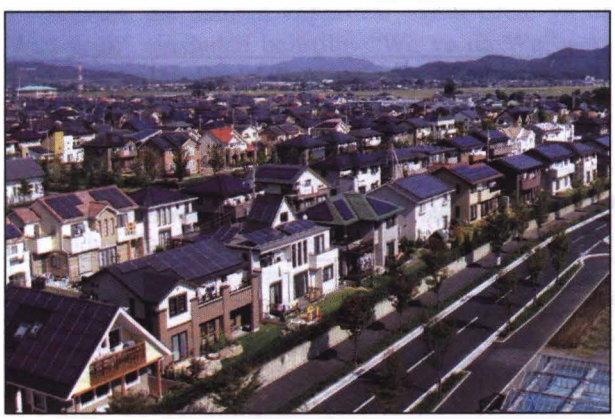
Güneş enerjisinin,

- %3'ü yansımadan ve modül bağlantı noktalarında meydana gelen gölgelemeden
- %23'ü uzun dalga boylu güneş ışınlarından
- %32'si kısa dalga boylu güneş ışınlarından
- %20'si elektrik tüketimindeki değişimlerden
- %8,5'u malzemedeki elektron hareketlerinden
- %0,5'i ise hücrelerin seri bağlanmalarından dolayı kaybolmaktadır.

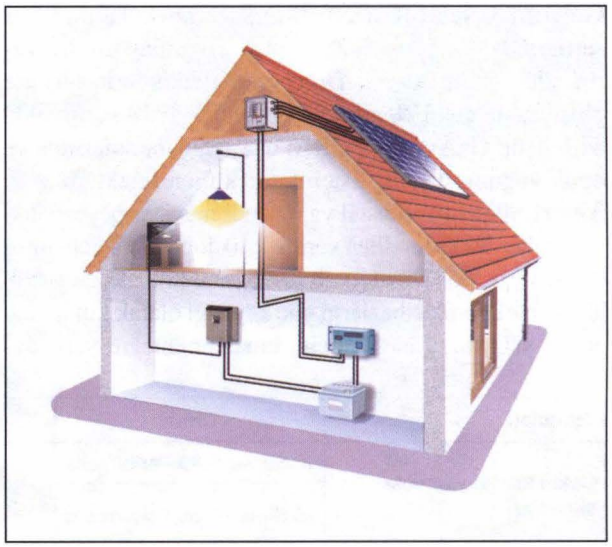
Bütün bu kayıplar göz önüne alındığında, güneş enerjisinin sadece %13'ü elektrik üretimi için kullanılabilmektedir.



Şekil 2.29. FOTOVOLTAIK HÜCRELERİN ENERJİ DENGELERİ



Şekil 2.30. ÇEŞİTLİ FOTOVOLTAIK SİSTEM UYGULAMALARI



Şekil 2.31. BAĞIMSIZ FOTOVOLTAIK SİSTEMLER

g. Fotovoltaik Panellerin Enerji Dengeleri

Her ürünün üretim aşamasında olduğu gibi fotovoltaik hücrelerin üretim aşamasında da belli bir enerji harcanmaktadır. Fotovoltaik hücrenin çeşidine ve kurulumun yapıldığı bölgeye bağlı olarak, harcanan bu enerji 1 ile 3 sene arasında değişen bir zaman diliminde karşılanmaktadır. Günümüzde standart bir panelin kullanım ömrünün 25 ile 30 sene arasında değiştiği kabul edilirse, sistemin 1/10'luk bir enerji dengesinin olduğu söylenebilir.

h. Fotovoltaik Sistem Tipleri

Fotovoltaik sistemler kullanım yerlerine ve amaçlarına göre ikiye ayrılırlar;

- Bağımsız sistemler
- Şebekeye bağlı sistemler

• **Bağımsız Sistemler**

Bağımsız sistemlerde, gün içerisinde elde edilen ışınım ile akülerde depolanan enerji sayesinde, şebekeden bağımsız olarak cihazların işletimi söz konusudur.

- Deniz fenerleri
- Dağ evleri
- Sokak ve bahçe aydınlatmaları
- Trafik ışıkları
- Baz istasyonları
- Orman gözetleme kuleleri

• **Şebekeye Bağlı Sistemler**

Şebekeye bağlı sistemlerde, üretilen enerji ihtiyaç halinde bina için kullanılmakta, ihtiyaç olmaması durumunda ise şebekeye geri beslenmektedir. Başka bir deyişle, elektrik dağıtım kurumunun belirlediği tarife üzerinden şebekeye satılmaktadır.

Bu sistemler,

- Elektrik santralı gibi kurulan güneş pili tarlaları
- Müstakil evler, iş yerleri, vb

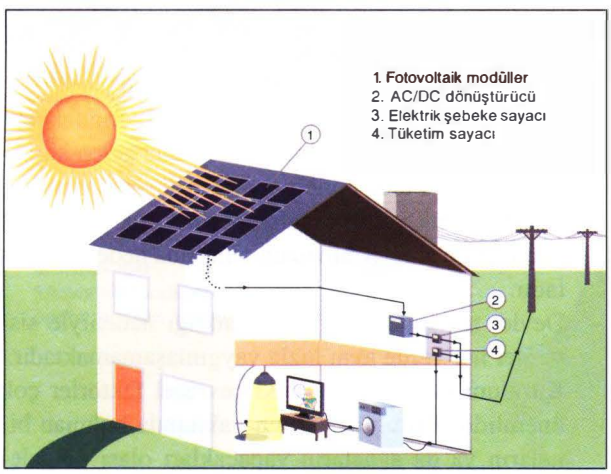
alanlarda uygulanabilir.



Şekil 2.32. FOTOVOLTAIK ENERJİ SANTRALİ



Şekil 2.33. FOTOVOLTAIK ENERJİ SANTRALİ



Şekil 2.34. ŞEBEKEYE BAĞLI FOTOVOLTAIK SİSTEM ŞEMASI

i. Fotovoltaik Sistemleri Oluşturan Temel Bileşenler

- **Fotovoltaik paneller**
- **AC/DC dönüştürücü:** Fotovoltaik panelde üretilen doğru akımı, kullanım için gerekli olan alternatif akıma dönüştürür.
- **Akım regülatörü:** Fotovoltaik panelde üretilen elektrik akımını düzenler.
- **DC / AC kablolar**
- **Sayaç:** Şebekeye bağlı sistemlerde, üretilen ve daha sonra geri beslenen elektriğin miktarını belirler.
- **Çatı montaj seti:** Panellerin optimum güneş ışınımı alması için gerekli eğimde montajlanmasını sağlar.
- **Aküler:** Bağımsız sistemlerde, gün boyunca üretilen ihtiyaç fazlası elektrik akülerde depolanır.
- **Güneş takip elemanları:** Güneşten en verimli şekilde yararlanabilmek için gün boyunca güneşi takip eder. Bu hareketi hem yatayda hem de düşeyde hareket kabiliyeti kazandıran elektrik motorları sayesinde yaparlar.

j. Güneş Panellerinden Elde Edilen Enerji Kazanımını Etkileyen Faktörler

- Güneş paneli alanı
- Kurulum yerinin coğrafi konumu
- Güneş panelinin eğimi
- Çevrede bulunan binaların, ağaçların paneller üzerine yaptıkları gölgeleme
- Havanın nemi ve sıcaklığı

Güneşe olan yönelim	0°	30°	60°	90°
Güney	93%	100%	91%	68%
Güney doğu Güney batı	93%	96%	88%	66%
Batı Doğu	93%	90%	78%	55%

Tablo 2.35. FOTOVOLTAIK SİSTEMLERİN ÇATI EĞİMİNE VE GÜNEŞE OLAN YÖNELİMLERİNE BAĞLI OLARAK PERFORMANS ORANLARI

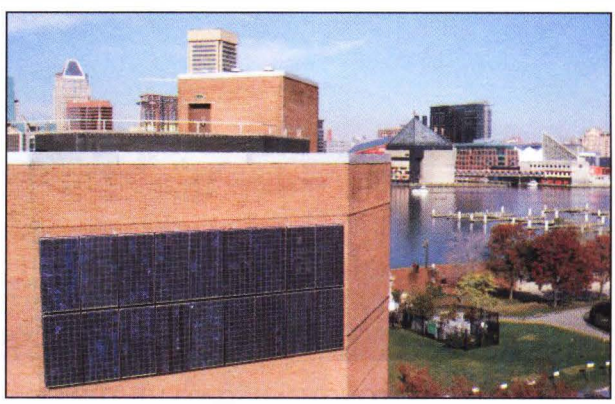
k. Uygulama Örnekleri

Fotovoltaik Sistemlerinin Binalara Uygulanması

Fotovoltaik paneller binalara iki şekilde uygulanabilir. Önceden yapılmış olan binaların çatılarına ya da cephelerine, hazır montaj setleri ile kurulabilir.

Yeni yapılan binalarda, paneller aynı zamanda yapı malzemesi olarak kullanılabilir.

- **Var Olan Binalara Uygulanan Sistemler**

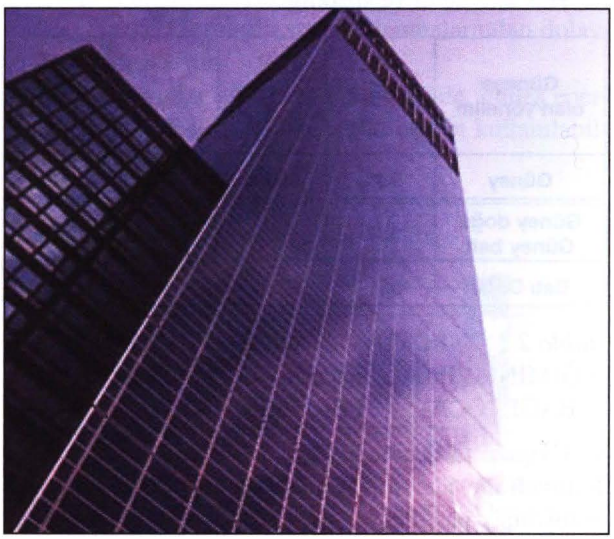


Şekil 2.36. FOTOVOLTAIK CEPHE UYGULAMASI



Şekil 2.37. FOTOVOLTAIK ÇATI VE TERAS UYGULAMASI

- **Yeni Yapılan Binalardaki Uygulama Şekilleri (Binalara entegre sistemler)**



Şekil 2.38. FOTOVOLTAIK CEPHE UYGULAMASI



Şekil 2.39. FOTOVOLTAIK ÇATI VE TERAS UYGULAMASI

l. Şebekeye Bağlı Bir Fotovoltaik Sistemin Maliyet Dağılımı

Aşağıdaki dağılım fikir vermesi amacıyla kullanılabilir.

- %50 - Fotovoltaik paneller
- %15 - AC/DC dönüştürücü
- %15 - Kablolar ve çeşitli elektrik malzemeleri
- %10 - Kurulum montaj setleri
- %10 - Kurulum işçiliği

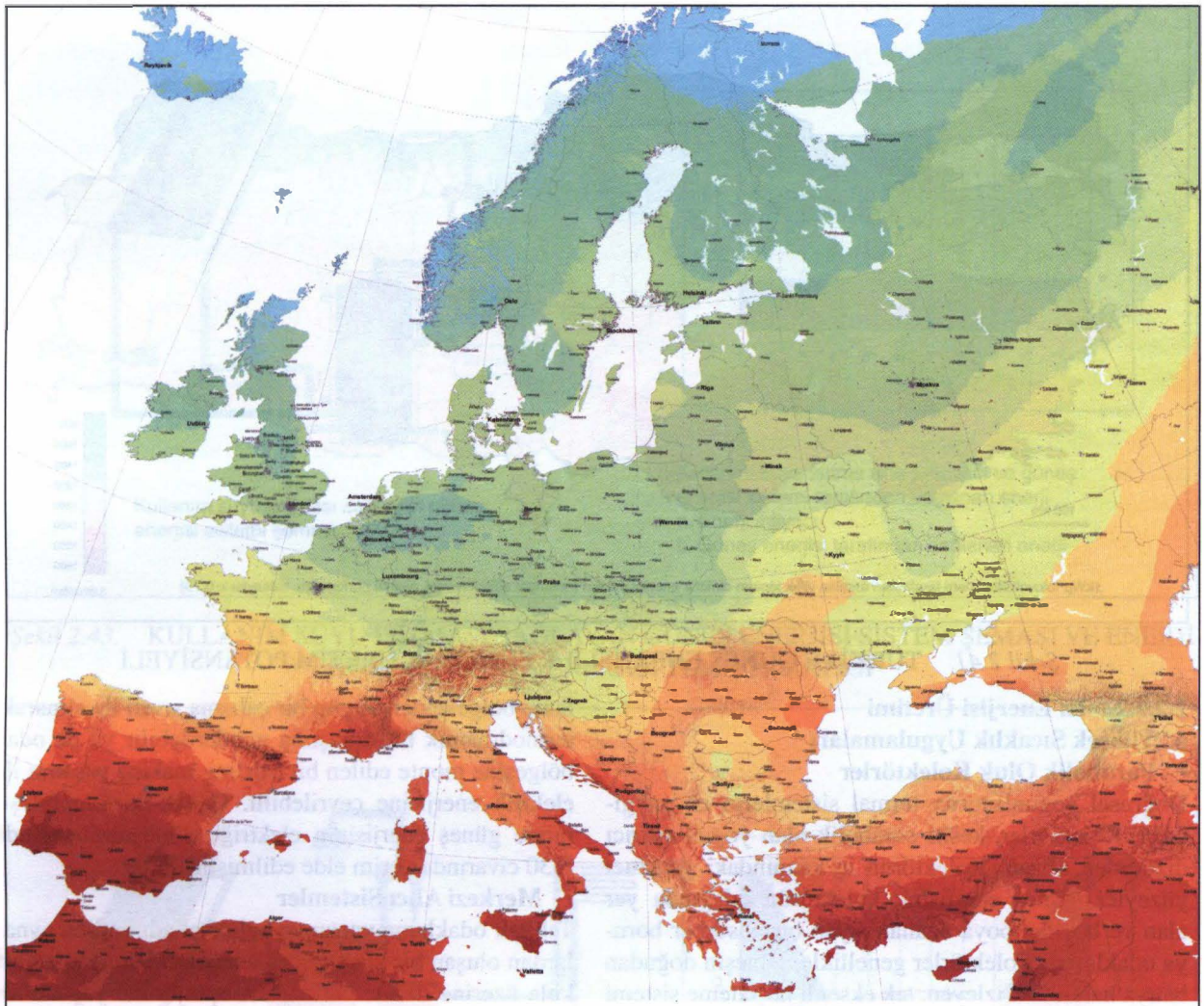
Bağımsız sistemlerde, yukarıda belirtilen harcamaların yanı sıra akü maliyetleri vb maliyetler devreye girmektedir. Dolayısıyla ilk yatırım maliyetleri şebekeye bağlı sistemlere göre daha yüksek olmaktadır.

m. Fotovoltaik Sistemlerin Avantajları

- Yenilenebilir enerji kullanımı
- Eski ve yeni binalara kurulum imkanı
- Binaya entegre sistemlerde, azalan çatı kaplama maliyeti
- Ülkeye bağlı olarak değişen ve devlet tarafından verilebilen teşvikler ve yapılan vergi indirimleri sayesinde, kısalan geri ödeme süreleri
- 25 ile 30 sene arasında değişen uzun kullanım ömürleri
- Şebekenin olmadığı yerlerde bağımsız elektrik üretimi
- Ülke bazında azalan, enerjide dışarıya bağımlılık
- Panellerin çok düşük bakım ve onarım ihtiyacı
- Güneş takip sistemleri ile artırılabilen enerji kazancı
- Sürekli gelişen teknoloji

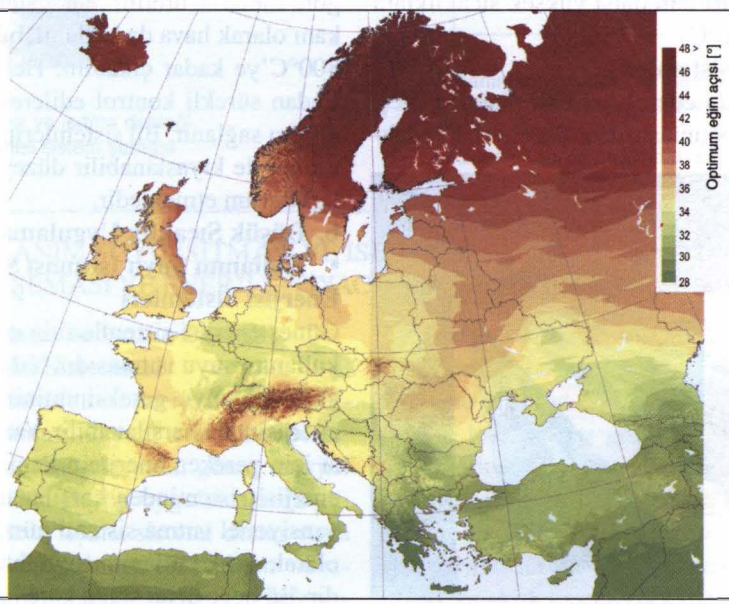
n. Fotovoltaik Sistemlerin Dezavantajları

- Fotovoltaik hücrelerin üretim teknolojilerindeki eksiklikler ve sistem içerisinde meydana gelen kayıplardan dolayı elde edilen verimler düşük kalmaktadır. Bu da ilk yatırım maliyetlerinin çok yüksek ve geri ödeme sürelerinin uzun olmasına neden olmaktadır.
- Devlet teşviği ve alt yapı eksikliği nedeniyle sistemler her yerde aynı hızla yaygınlaşamamaktadır.
- Kurulum yapılacak yerdeki çevresel faktörler çok önemlidir. Kurulum yerinin yakınında bulunan binaların ya da ağaçların yapacakları olası gölgelemeler, sistemin performansını olumsuz yönde etkiler.
- Kurulum yapılacak yerin coğrafi konumu güneş ışınlarının şiddetini doğrudan etkilemektedir. Dolayısıyla yıllık ışınım miktarının az olduğu ülkelerde, elde edilen kazanç düşük kalabilmektedir.
- Bağımsız sistemlerde elektriğin depolanması amacıyla kullanılan akülerin ömürlerinin kısalığı ve belirli periyotlarla değiştirilmesi gerekliliği işletim maliyetlerini artırmaktadır.

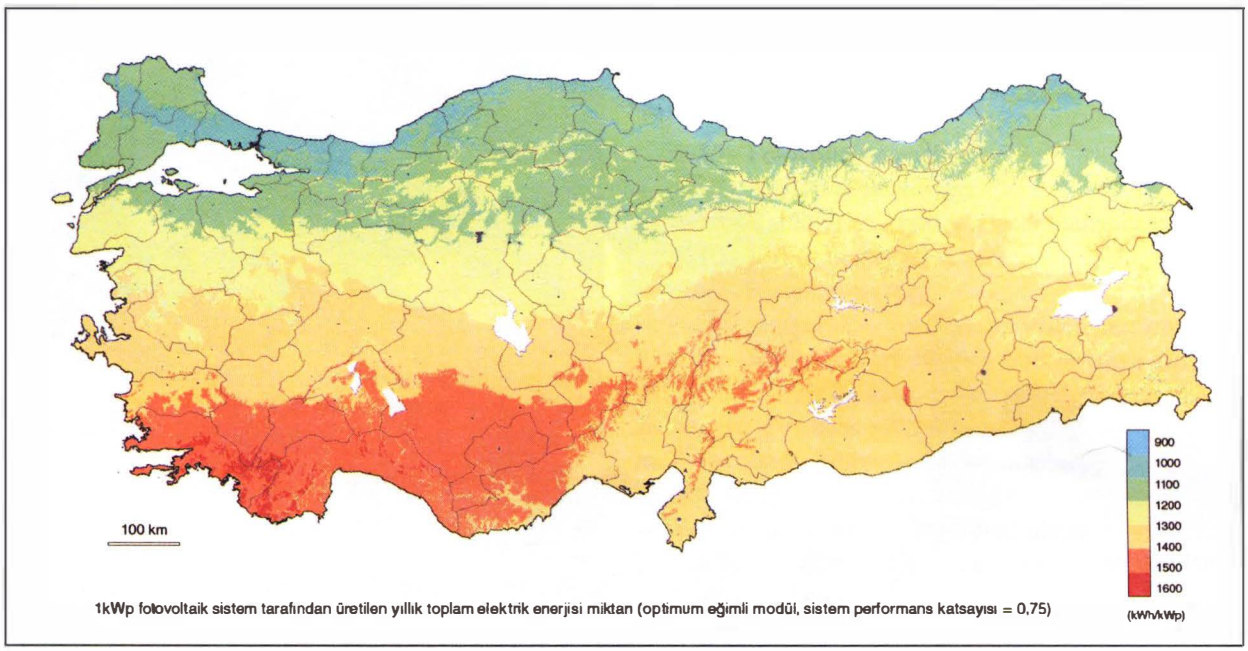


Güneye yönlendirilmiş optimum eğim açılı modüllerde yıllık toplam ışınım miktarı 0,75 performans katsayılı ve optimum eğime sahip 1 kWp sistem ile üretilen yıllık toplam elektrik enerjisi miktarı

Yıllık enerji kazancını artırmak için fotovoltaik modüllerin optimum eğim açıları



Şekil 2.40. AVRUPA ÜLKELERİNDE FOTOVOLTAIK ENERJİ POTANSİYELİ



Şekil 2.41. TÜRKİYE GÜNEŞ ENERJİSİ İLE ELEKTRİK ÜRETİM POTANSİYELİ

2.2.2.2. Isı Enerjisi Üretimi

a. Yüksek Sıcaklık Uygulamaları

- **Parabolik Oluk Kolektörler**

Doğrusal yoğunlaştırıcı termal sistemlerin en yaygınıdır. Kolektörler, kesiti parabolik olan yoğunlaştırıcı dizilerden oluşur. Kolektörün iç kısmındaki yansıtıcı yüzeyler, güneş enerjisini, kolektörün odağında yer alan ve boydan boya uzanan siyah bir absorber boruya odaklarlar. Kolektörler genellikle, güneşin doğudan batıya hareketini izleyen, tek eksenli bir izleme sistemi üzerine yerleştirilirler. Enerjiyi toplamak için, absorber boruda bir sıvı dolaştırılır. Toplanan ısı, elektrik üretimi için enerji santraline gönderilir. Bu sistemler yoğunlaştırma yaptıkları için daha yüksek sıcaklıklara ulaşabilirler (350 – 400°C).

- **Parabolik Çanak Sistemler**

İki eksende güneşi takip ederek, sürekli olarak güneşi odaklama bölgesine yoğunlaştırırlar. Isı enerjisi, odaklama bölgesinden uygun bir çalışma sıvısı ile alınarak, termodinamik bir dolaşıma gönderilebilir ya da odak bölgesine monte edilen bir Stirling makine yardımı ile elektrik enerjisine çevrilebilir. Çanak-Stirling bileşimiyle güneş enerjisinin elektriğe dönüştürülmesinde %30 civarında verim elde edilmiştir.



Şekil 2.42. PARABOLİK OLUK KOLEKTÖRLER

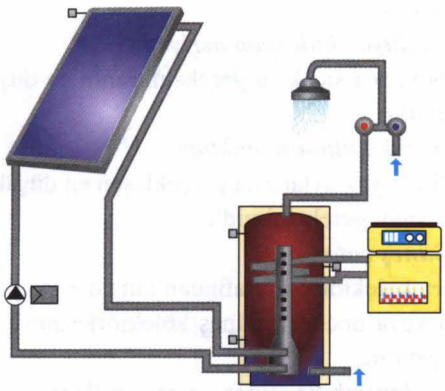
- **Merkezi Alıcı Sistemler**

Tek tek odaklama yapan ve heliostat adı verilen aynalardan oluşan bir alan, güneş enerjisini, alıcı denen bir kule üzerine monte edilmiş ısı eşanjörüne yansıtır ve yoğunlaştırır. Alıcıda bulunan ve içinden akışkan geçen boru yumağı, güneş enerjisini üç boyutta hacimsel olarak absorbe eder. Bu akışkan ile, Rankine çevrimine göre elektrik üretilir. Bu sistemlerde ısı aktarım akışkanı olarak hava da kullanılabilir. Bu durumda sıcaklık 800°C'ye kadar çıkabilir. Heliostatlar bilgisayar tarafından sürekli kontrol edilerek, alıcının sürekli güneş alması sağlanır. Bu sistemlerin kapasite ve sıcaklıkları, sanayi ile kıyaslanabilir düzeyde olup Ar-Ge çalışmaları devam etmektedir.

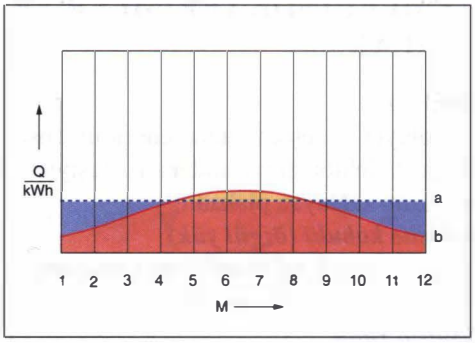
b. Düşük Sıcaklık Uygulamaları

- **Kullanım Suyu Isıtması Sağlayan Güneş Enerjisi Sistemleri**

Güneş enerjisi sistemlerinin en yaygın uygulama alanı kullanım suyu ısıtmasıdır. Yıl boyunca sabit olan sıcak kullanım suyu gereksiniminin belirli bir kısmı güneş enerjisinden karşılanabilir. Yazın kullanım suyu ısıtması için gereken enerjinin hemen hemen tamamı güneş enerjisi sisteminden karşılanabilir. Buna rağmen konvansiyonel ısıtma sistemi güneş enerjisinden bağımsız olarak sıcak kullanım suyu ihtiyacını karşılayabilmelidir. Böylece uzun süren kötü hava koşullarında sıcak su konforu garanti edilebilir.

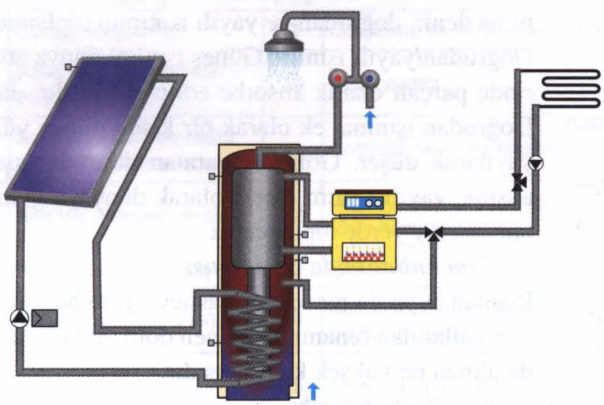


Kullanım suyu ısıtması sağlayan güneş enerjisi sistemi şeması

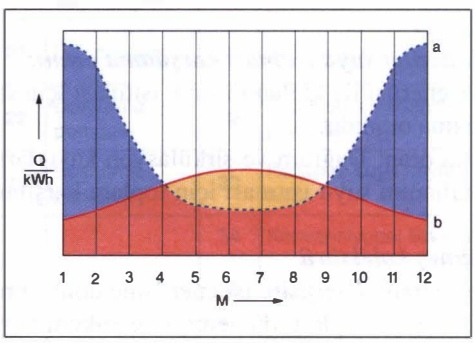


Kullanım suyu ısıtma enerji ihtiyacı ve güneş enerjisi sistemi tarafından sağlanan enerji
a. Enerji ihtiyacı
b. Güneş enerjisi tarafından sağlanan enerji

Şekil 2.43. KULLANIM SUYU ISITMASI SAĞLAYAN GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEM ŞEMASI VE ENERJİ İHTİYACI-GÜNEŞ ENERJİSİ TEMİNİ GRAFİĞİ



Kullanım suyu ısıtması ve ısıtma desteği sağlayan güneş enerjisi sistem şeması



Kullanım suyu ısıtma ve ısıtma desteği enerji ihtiyacı ve güneş enerjisi sistemi tarafından sağlanan enerji
a. Enerji ihtiyacı
b. Güneş enerjisi tarafından sağlanan enerji

Şekil 2.44. KULLANIM SUYU ISITMASI VE ISITMA DESTEĞİ SAĞLAYAN GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEM ŞEMASI VE ENERJİ İHTİYACI-GÜNEŞ ENERJİSİ TEMİNİ GRAFİĞİ

- **Kullanım Suyu Isıtması ve Isıtma Desteği Sağlayan Güneş Enerjisi Sistemleri**

Konutlarda gereksinim duyulan ısı enerjisinin bir bölümünü, kullanım suyu ısıtmasının yanı sıra ısıtma desteği de sağlayacak sistemler tasarlayarak, güneş enerjisi ile karşılamak mümkündür. Bu tip uygulamalarda güneş enerjisi sistemi, sadece ısıtma sistemi dönüş suyu sıcaklığı, güneş enerjisi sisteminden elde edilen su sıcaklığından daha düşük olduğunda ısıtmaya destek verebilmektedir. Bu nedenle, düşük işletme sıcaklıklarına göre tasarlanmış, büyük yüzeyli radyatör veya yerden ısıtma tesisatlarıyla güneş enerjisi sistemlerinin kombinasyonu idealdir.

Uygun tasarlanmış güneş enerjisi sistemleri, kulanım suyu ısıtması ve ısıtma desteği için gereken yıllık toplam ısı gereksiniminin %30'a kadar olan kısmını karşılayabilir. Bu uygulamada enerji ihtiyacının geri kalan kısmı yakıt türüne bağlı olarak yoğuşmalı kazan veya düşük sıcaklık kazanıyla karşılanabilir.

2.3. ISI ENERJİSİ ÜRETİMİNDE KULLANILAN GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİNDE TERİMLER VE TANIMLAR

- ***Absorber***

Işınım yoluyla güneşten alınan enerjinin absorbe edilmesini ve kolektör devresindeki ısı taşıyıcı akışkana aktarılmasını sağlayan plakadır.

- ***Kapasite kabulü (özgül yük)***

Binanın gün ve m^2 kolektör yüzeyi başına 60°C'de sıcak su tüketimi ve gereksinimidir.

- ***Tasarım yükü***

En az kullanıcının olduğu yaz çalışmasında kişi başına günlük ortalama sıcak su gereksinimidir. Güneş enerjisi sisteminin boyutlandırması ve tasarımı için gereklidir.

- ***Çift serpantinli boyler***

Boyler farklı enerji kaynaklarından beslenen iki hacme ayrılır. Güneş enerjisi alt kısmı, konvansiyonel ısıtıcı üst kısmı besler. Küçük ölçekli sistemlerde kullanımı yaygındır.

- ***Güneş enerjisi ile karşılama oranı***

Güneş enerjisi sisteminin enerji gereksinimini karşılama oranıdır (% olarak).

Güneş enerjisi karşılama oranı = güneş enerjisi kazancı/(güneş enerjisi kazancı + ek ısıtıcıdan sağlanan enerji miktarı)

- ***Kullanım suyu ısıtması karşılama oranı:***

Güneş enerjisi ile kullanım suyu ısıtması için sağlanan karşılama oranıdır.

Toplam oran: Dağıtım ve sirkülasyon kayıpları eklenmiş kullanım suyu ısıtınası için toplam karşılama oranıdır.

- ***Güneş kolektörü***

Güneş ışınımı enerjisini ısı enerjisine dönüştüren bileşendir. Yaygın tipleri, düzlemsel ve vakum borulu kolektörlerdir

- ***Kolektör yüzeyi***

Kolektör yüzeyi, brüt yüzey alanı/ absorber optik yüzey alanı / absorber etkin yüzey alanı olarak tanımlanabilir

- ***Kolektör devresi (Güneş enerjisi devresi)***

Kolektör ve absorberi içeren ve ısıyı kolektörden, depolama tankına (boyler) veya ısı değiştiriciye aktaran devredir.

- ***Düşük/yüksek debili akış/ match flow***

Kolektörlerden geçen hacimsel debiyi belirtmek için kullanılır.

- ***Güneş enerjisi sistem verimi***

Faydalanılan enerji miktarının, kolektör yüzeyine ışınımla gelen toplam güneş enerjisine oranıdır.

- ***Tasarım kullanım yoğunluğu***

Güneş enerjisi sistemi boyutlandırması ve tasarımında göz önünde bulundurulacak tam yüke karşılık gelen kişi sayısıdır.

- ***Depo boyler***

Kapalı devre tesisat suyu ile doldurulmuş güneş enerjisi boyleridir.

- ***En düşük kullanım periyodu***

Yıl boyunca sıcak su gereksiniminin en düşük olduğu dönemdir.

- ***Düşük kullanım miktarı***

Özellikle yaz aylarında gerçekleşen en düşük kullanım sıcak suyu gereksinimidir.

- ***Güneş çatısı***

Güneş kolektörleri tarafından tamamen kaplanmış çatı alanı veya önceden güneş kolektörlerinin monte edildiği çatıdır.

- ***Kullanılabilir güneş enerjisi miktarı***

Güneş enerjisi devresinden kullanıma aktarılan enerji miktarıdır.

- ***Durgunluk, durgunluk süresi***

Kolektörlerde ısı taşıyıcı akışkanının sirküle edilmediği, ışınımın absorbe edildiği ancak ısıya dönüştürülüp depolama tanklarına ya da kullanıma iletilemediği durum ve süredir.

- ***Işınım (toplam ışınım / doğrudan ışınım / yayılı ışınım)***

Toplam ışınım: Dünya yüzeyine (yatay alan) düşen ışınıma denir, doğrudan ve yayılı ışınımın toplamıdır.

Doğrudan/yayılı ışınım: Güneş ışınımı dünya atmosferinde parçalı olarak absorbe edilir, yansıtılır, dağıtılır. Doğrudan ışınıma ek olarak bir kısmı dünya yüzeyine yayılarak düşer. Gölgeler yaratan doğrudan ışınımın aksine, yayılı ışınım direkt olarak dünyaya gelmez ve tamamı bir yerde toplanamaz.

- ***Tam kullanımda kişi sayısı***

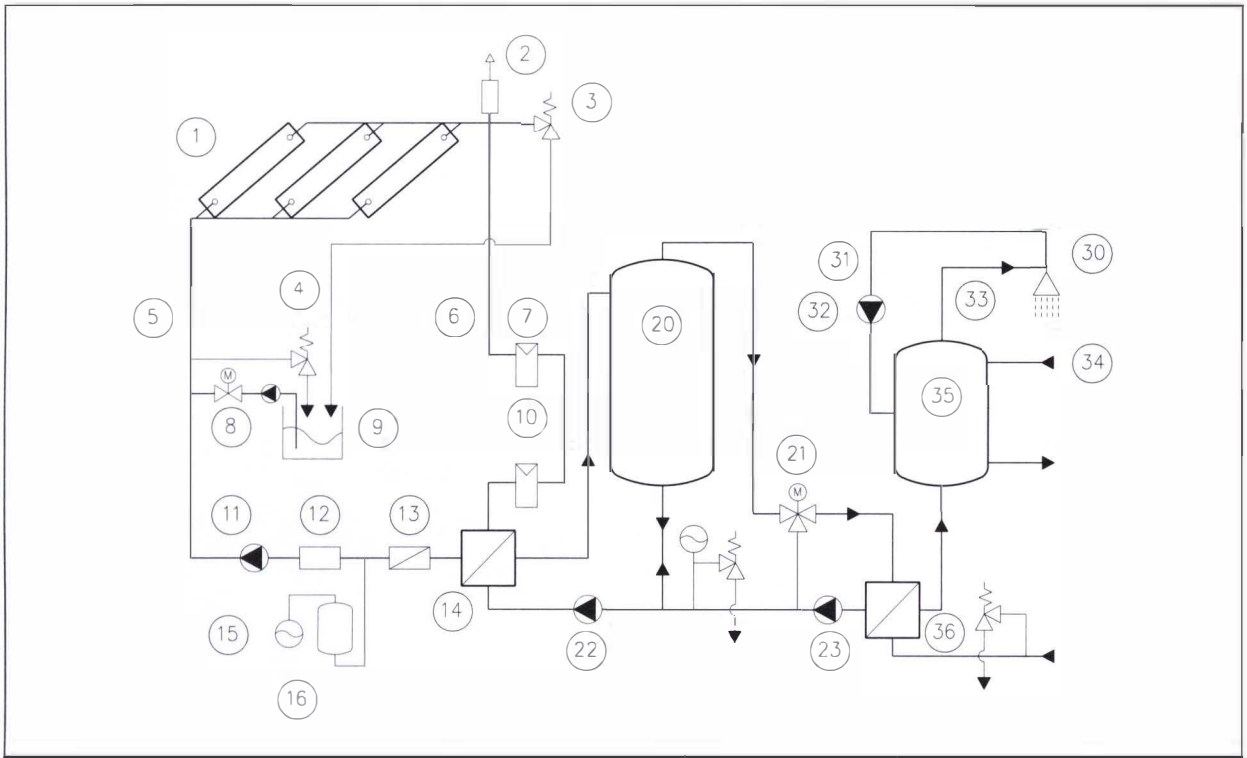
Planlanan ya da mevcut kapasiteye göre hesap yapılırken kullanılan binanın tamamen dolu olması durumunda alınan en yüksek kişi sayısıdır.

- ***Sirkülasyon kaybı***

Sirkülasyon devresinde sıcak su sirkülasyonu sırasında kaybedilen ısı enerjisidir.

2.4. KULLANIM SUYU ISITMASINA YÖNELİK CEBRİ SİRKÜLASYONLU GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ VE TEMEL SİSTEM BİLEŞENLERİ

Şekil 2.45'de büyük ölçekli güneş enerjisi sistem şeması ve bileşenleri gösterilmiştir. Sistem, kolektör devresi, depolama devresi, kullanım ve ek ısıtma devresi şeklinde incelenmiştir. Sistem bileşenleri tesisat şemasının altında listelenmiştir. *Şekil 2.45*'de bazı bileşenler detaylı olarak çizilmiştir. Bunların gerekliliği her bir durum için ayrıca değerlendirilmelidir.



Kolektör devresi				Depolama devresi		Kullanım ve ek ısıtma devresi	
No	Gösterim	No	Gösterim	No	Gösterim	No	Gösterim
1	Güneş kolektörleri	9	Doldurma ve tahliye kabı	20	Depo boyler	30	Kullanım hattı
2	Hava tüpü ve otomatik purjör	10	Hava ayırıcı	21	Üç yollu vana	31	Sirkülasyon hattı
3	Emniyet ventili (kolektör alanında/ yakınında)	11	Kolektör devresi pompası	22	Doldurma pompası	32	Sıcak su sirkülasyon pompası
4	Ana hat emniyet ventili*	12	Diğer yerleşik bileşenler (örn; hava ayırıcı)	23	Boşaltma pompası	33	Kullanım suyu boyleri çıkış hattı
5	Kolektör devresi gidiş	13	Çek valf			34	Konvansiyonel ilave ısıtıcı
6	Kolektör devresi dönüş	14	Kolektör devresi ısı değiştiricisi, boyler ısı değiştiricisi			35	Kullanım suyu boyleri
7	Pislik tutucu	15	Membranlı genleşme tankı			36	Kullanım suyu- depo boyler ısı değiştiricisi
8	Vanalı doldurma pompası	16	Soğutma tankı				

*sadece vana ile kesilebilen ana kolektör hatlarında gerekli

Şekil 2.45. BÜYÜK ÖLÇEKLİ GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ İÇİN SİSTEM BİLEŞENLERİ VE TASARIM ŞEMASI

2.4.1. GÜNEŞ KOLEKTÖRLERİ

Güneş kolektörlerinin görevi güneş ışınımını ikincil bir devreye faydalı ısı enerjisi olarak aktarmaktır (örn; kullanım suyu ısıtması). Kolektörün içinde bu aktarımı gerçekleştiren bileşen absorberdir. Absorber yüzeyi, ışınımı absorbe etmesi ve mümkün olan en az ışınımın geri yansıtılması için kaplanmıştır ve üretilen ısıyı borular vasıtasıyla ısı taşıyıcı akışkana aktarır.

Çeşitli absorber ve kolektör tipleri mevcuttur fakat tamamında çalışma mantığı yukarıda tanımlandığı gibidir.

2.4.1.1. Güneş Kolektörü Tipleri

Düzlemsel kolektörler, boru tip kolektörler ve kaplamasız absorberler de kullanım suyu ısıtması için kullanılabilir.

- **Düzlemsel Kolektörler**

Bu tip güneş ışınımı ile direkt temasta olan düzlemsel yüzeyli kolektörler, yüksek geçirgenlikte özel bir cama sahiptir. Absorber buna paralel bir levha olarak yerleştirilir. Yüksek sıcaklık dayanımlı yalıtım, absorberin altında bulunur ve ısı kaybını büyük oranda azaltır.

Cam, yan gövde bileşenleri ve arka panel düzlemsel



Şekil 2.46. BÜYÜK ÖLÇEKLİ GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİ UYGULAMA ÖRNEĞİ

kolektörün dış sınırlarıdır. Tüm gövde bileşenleri ultraviyole ışınlarına ve dış hava etkilerine dayanıklı olmalıdır.

- **Vakum Borulu Kolektörler**

Bu tip kolektörlerde absorberler cam boruların içine negatif basınçlı ortamda yerleştirilir. Isı kaybının düşürülmesi vakumlu ortam sayesinde gerçekleşir ve bu sayede yalıtıma gerek kalmaz. En yeni formu CPC (compound parabolic concentrator- bütünleşik parabolik toplayıcı) borulardır. CPC kolektörler bir harici yansıtıcı ile tedarik edilir. Bu nedenle düzlemsel kolektörlerden ve normal boru kolektörlerden daha fazla etkin yüzey alanına sahiptirler fakat bu alanla bağlantılı olarak daha düşük karakteristik değerlere sahiptirler .

- **Kaplamasız Absorberler**

Kaplamasız absorberler (camsız ve çerçeve içine yerleştirilmemiş) ile düşük sıcaklıklarda (30°C'ye kadar) metrekare absorber alanı başına çok yüksek ısı kazançları sağlanır. Bu sayede bu kolektörler yüzme havuzu ısıtması ve kullanım suyu ön ısıtması için oldukça uygundur.

Dış hava sıcaklığı, absorberden geçen ısı taşıyıcı akışkan sıcaklığının üzerine çıkarsa, dış havadan ışınıma ilave olarak, ısı absorbe edilir. Kaplamasız absorberler, ultraviyole ışınlarına ve dış hava etkilerine dayanıklı olmalıdır.

Üreticiye özgü kolektör (ya da absorber) tasarım özellikleri ve teknik uygulamaları, yalnızca performansı değil aynı zamanda en az 20 yıl olması gereken işletim ömrünü de etkiler.

Ürün örnekleri ile ilgili *Bölüm 2.6.1*'i inceleyebilirsiniz.

2.4.1.2. Güneş Kolektörlerinin Verimliliği, Karakteristik Eğrileri ve Değerleri

DIN EN 12975 1 ve 2 standardı güneş kolektörlerinin ısıl performans kontrol prosedürünün yanı sıra güvenlik talimatlarını da içerir. Bu normda belirlenen kolektör kapasitesi ile ilgili en önemli karakteristik değerler bir sonraki bölümde açıklanacaktır, detaylar için DIN EN 12975'e bakınız. Daha detaylı karakteristik değerler kolektör veri sayfasından alınabilir (Ek 2.1).

- **Verimlilik ve Karakteristik Eğriler**

η karakteristiği kolektörün kullanılabilir ısıl gücün, kolektör yüzeyine gelen toplam ışınıma oranıdır.

$$\eta = \frac{Q}{G.A_a}$$

η kolektör verimi
Q kolektörün kullanılabilir ısıl gücü
G küresel ışınım
A_a absorber optik yüzey alanı

Kullanılabilir ısıl güç, kolektörden geçen ısı taşıyıcı akışkanın debisi, kolektördeki sıcaklık artışı ve özgül ısıl kapasitesi ile hesaplanabilir.

$$Q = m . c_f . (t_e - t_{in})$$

Q kolektörün kullanılabilir ısıl gücü
m ısı taşıyıcı akışkan kütlesel debisi
c_f ısı taşıyıcı akışkan özgül ısıl kapasitesi
t_e kolektör çıkış sıcaklığı
t_{in} kolektör giriş sıcaklığı

Kolektör verimi η, kolektörün işletim şekline bağlıdır. Verim, güneş ışınımı, ısı taşıyıcı akışkanın kolektördeki ortalama sıcaklığı t_m ve dış hava sıcaklığı t_a ile bağlantılıdır. Isı taşıyıcı akışkanın absorberdeki ortalama sıcaklığı yaklaşık olarak aşağıdaki denklem ile hesaplanabilir.

$$t_m = 0{,}5.(t_e - t_{in})$$

t_m Isı taşıyıcı akışkanın ortalama sıcaklığı
t_e kolektör çıkış sıcaklığı
t_{in} kolektör giriş sıcaklığı

Aşağıdaki denklem kolektör verimini belirtir:

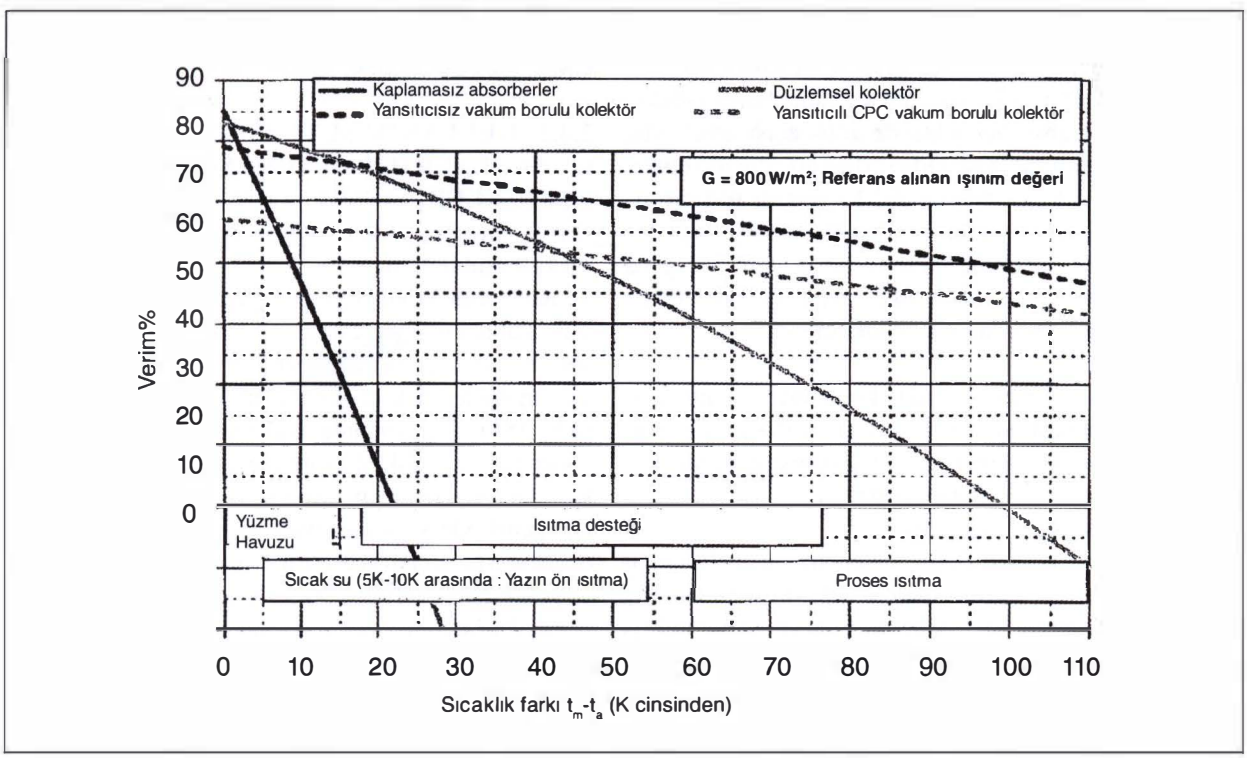
$$\eta = \eta_o - a_1 \frac{(t_m - t_a)}{G} - a_2 \frac{(t_m - t_a)^2}{G}$$

η kolektör verimi
η_o dönüşüm faktörü
a_1 kolektör verim faktörü (lineer bileşen)
a_2 kolektör verim faktörü (ikinci dereceden bileşen)
t_m ısı taşıyıcı akışkanın ortalama sıcaklığı
t_a dış hava sıcaklığı
G küresel ışınım

Bölüm 2.4.1.1'de tanımlanan kolektör tiplerine ait verim eğrileri *Şekil 2.47*'de gösterilmiştir. Bu diyagramda dış hava sıcaklığı ve kolektördeki ortalama ısı taşıyıcı akışkan sıcaklığı arasındaki farka ($t_m - t_a$) göre verim eğrileri incelenmiştir. Bu diyagramdaki eğriler sadece belirli ışınım değerleri için geçerlidir. Sıcaklık farkı artışları ile ısı kayıpları artar ve verim düşer.

Şekil 2.47'te görüldüğü gibi, düzlemsel kolektörlerin su ısıtmada daha verimli olmasından dolayı kaplamasız absorberler yalnızca kullanım suyu ön ısıtması için uygundur. Genellikle kolektör seçimi projeye özel olarak yapılır. Bu seçimde etkili faktörler, istenen su sıcaklığı, kolektör montajı için uygun alan, ısıtma maliyeti vb olarak sıralanabilir.

Verim eğrilerinin ışınıma bağlılığından kaçınmak için yukarıda bahsedildiği gibi, bu eğriler DIN EN 12975'e göre standart formatta yapılır. Üretici verilerinde ve test raporlarında bu şekilde yer alır.



Şekil 2.47. DEĞİŞİK KULLANIM ŞARTLARINDA İŞLETİM ARALIĞINA BAĞLI OLARAK, FARKLI KOLEKTÖR TİPLERİNİN KARAKTERİSTİK EĞRİLERİ

$$\eta = \eta_o . a_1 . T^*_m - a_2 . G . (T^*_m)^2$$

$$T^*_m = \frac{(t_m - t_a)}{G}$$

η kolektör verimi
η_o dönüşüm faktörü
a_1 kolektör verim faktörü (lineer bileşen)
T^*_m azalan sıcaklık farkı
a_2 kolektör verim faktörü (ikinci dereceden bileşen)
G küresel ışınım

- **Karakteristik Eğriler İçin Karakteristik Değerler**

Bazı kolektör tipleri için karakteristik eğrilerin karakteristik değerleri *Tablo 2.48*'de verilmiştir. Bu ve diğer karakteristik değerler üretici tarafından verilmelidir (Ek 2.1). Kolektörün verimi, dönüşüm faktörünün yüksek ve kayıp faktörlerinin (a_1 ve a_2) düşük olmasına bağlıdır. Kolektör seçimi uygulamanın işletim şartlarına göre yapılmalıdır.

- **Diğer Önemli Karakteristik Değerler**

(tüm karakteristik değerler Tablosu; Ek 2.1)

- ***Durgunluk Sıcaklığı***
  DIN EN 12975'e göre durgunluk sıcaklığı 1.000 W/m² toplam ışınımda ve 30°C dış hava sıcaklığında kolektörde akışkan dolaşmıyor iken, absorberin ulaştığı en yüksek sıcaklıktır. Daha genel bir ifadeyle kullanılabilir ısı çekişi olmadığı durumdur. Düzlemsel kolektörler yaklaşık 200°C, vakum borulu kolektörler yaklaşık 300°C durgunluk sıcaklığına ulaşabilirler.
- ***Açısal Düzeltme Faktörü***
  Camın ışık geçirgenliği, geliş açısı dikey olmadığında düşer. Çünkü havanın ve camın sınır tabakalarında ve absorber yüzeyde geliş açısı arttığında, yansımalar artar. Kolektör verimi bu nedenle düşer. Düzlemsel kolektörlerin ısıl kapasitesi test edilirken, geliş açısı için düzeltme faktörü bu şekilde belirlenir. Bu düzeltme faktörü, bir ürünün 50° geliş açısında ve aynı ürünün dikey geliş açısında efektif iletimi/absorpsiyonu arasındaki orandır.
- ***Isıl Kapasite***
  DIN EN test raporlarında, kolektörün ışınım alanındaki efektif ısıl kapasitesi c, J/(m².K) biriminde hesaplanır. Bu değer, sıcaklık değişimlerinde kolektörün eylemsizlik tepkisidir.
- ***Güneş Kolektör Yüzeyleri***
  Düzlemsel kolektörlerin geometrisini belirlemek için birbiriyle karışmayacak şekilde tanımlanmış yüzeyler vardır. Bu nedenle yüzeye bağlı değişkenleri ya da karakteristik değerleri karşılaştırırken aynı yüzey tanımları kullanılmalıdır.
- ***Brüt Yüzey Alanı A_G***
  Kolektörün dış ölçülerinin sınırladığı alandır (uzunluk x genişlik).

Tip	Karakteristik değerler (ışınım alanına bağlı)		
	η_o -	a_1 W/m²K	a_2 W/(m²K²)
Kaplamasız absorber (a_1 rüzgara bağlıdır)	0,850	22	0,070
Düzlemsel kolektörler	0,830	3,100	0,020
Vakum borulu kolektörler (yansıtıcısız)	0,790	1,400	0,002
CPC vakum borulu kolektörler (yansıtıcılı)	0,670	0,900	0,002

Tablo 2.48. DEĞİŞİK KOLEKTÖR TİPLERİ İÇİN VERİM EĞRİLERİNİN KARAKTERİSTİK DEĞERLERİ

- ***Absorber Optik Yüzey Alanı A_a***
  Kolektörün efektif optik yüzeyine karşılık gelir (örneğin; düzlemsel kolektörlerin cam yüzeyi ya da arka yansıtıcılı kolektörün yansıtıcı yüzeyi). Bu nedenle ışınım alanı, güneş ışınımının düştüğü yüzey ve absorberin direkt veya yansıma ile temas ettiği yüzeydir.
- ***Absorber Etkin Yüzey Alanı A_A***
  EN ISO 9488'e göre absorber yüzeyinden güneşin dikey ışımasında gölgelenen parçaların çıkarılması ile elde edilen alandır (örneğin; kolektör çerçeveleri gölgelemesi ve camdaki kenetlerin desteklenmesinden kaynaklanan gölgeleme).
- ***Kolektör Veri Sayfası***
  Ek 2.1'de üretici tarafından sağlanan kolektör veri sayfasının içermesi gereken veriler listelenmiştir.

Ürün örnekleri ile ilgili *Bölüm 2.6.1*'i inceleyebilirsiniz.

2.4.2. KULLANIM SUYU ISITMASI İÇİN GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİ SEÇİM KRİTERLERİ

Güneş enerjisi sistem seçiminde aşağıdaki kriterler dikkate alınmalıdır:

- **Kullanım Suyu Hijyen Seviyesi**

Tüm kullanım suyu tesisatlarında kullanım suyu hijyen seviyesi ile ilgili gereklilikler için VDI 6023 veya yerel yönetmelikler dikkate alınmalıdır. DVGW W 551/W 552 ve W 553 nolu yayınlarda, kullanım suyu ısıtmasında lejyoner hastalığı riski dikkate alınarak, uyulması gereken kurallar genel olarak belirtilmiştir. Güneş enerjisi sistemleri genellikle konvansiyonel sistemlerden daha büyük depolama hacimleri gerektirir. Güneş enerjisi boylerlerinde sıcaklıklar genellikle 30-50°C arasındadır. Bu aralıkta bakteriler belirgin oranda çoğalabilir. Bu nedenle güneş enerjisi sistemlerinde kullanım suyunda bakteri artışına karşı uygun tedbirler alınmalıdır (termik dezenfeksiyon)

- **Tasarım ve Verimlilik**

Güneş enerjisi sistemleri uzman kişiler tarafından tasarlanmalıdır. Tasarım planlanırken sistemin en uygun

şekilde boyutlandırılması için tasarım şartları öncelikle belirlenmelidir.

Eski binalarda, öncelikli olarak uygun tedbirler alınarak enerji gereksinimi azaltılmalı, daha sonra güneş enerjisi sisteminin konvansiyonel ısıtma sistemine entegrasyon olanakları dikkate alınarak ısıtma sistemi adapte edilmelidir. Güneş enerjisi sistemi yalnız bu iki adımdan sonra (ya da eş zamanlı olarak) uygulanmalıdır. Ekonomik verimlilik dikkate alınarak hangi kapsamda alınan önlemlerin daha faydalı olacağı, sürekli olarak kontrol edilmelidir.

Yeni binalarda güneş enerjisi sistemi tasarımında, konvansiyonel ısıtma sistemi ve kullanım suyu tesisatı birlikte düşünülmelidir.

Basit sistem yapısı, konvansiyonel ısıtma sistemine en uygun entegrasyon ve doğru boyutlandırma güneş enerjisi sisteminin verimi ve işletim güvenilirliği için önemli önkoşullardır.

- **Kalite ve İşletim Güvenilirliği**

Her sistem arızası sistemin ekonomik verimini azalttığından sistemin güvenilirliği, işletim performansı ve sürdürülebilirliği kaliteli ürün ve doğru sistem tasarımlarıyla sağlanmalıdır.

- **Ekonomik Verim**

Uzun ömürlü ve yüksek verimli güneş enerjisi sistemleri, düşük işletme ve bakım maliyetleri ile çalıştırılabiliyor ise ekonomik verim anlamında pozitif sonuçlar verirler.

2.4.3. TEMEL SİSTEM ÇEŞİTLERİ

Gün ve yıl içinde güneş ışınım miktarındaki dalgalanmalar nedeniyle, kullanım suyu ısıtması sağlayan tüm güneş enerjisi sistemleri boyler kullanımı gerektirmektedir. Güneş enerjisi sistemleri VDI'da enerji depolama şekline göre sınıflandırılır:

- Kullanım suyu boylerli sistemler

Elde edilen güneş enerjisi doğrudan kullanım suyu boylerinde depolanır.

- Depo boylerli sistemler

Güneş enerjisi ilk olarak kullanım suyu dolu olmayan depo boylerde depolanır, daha sonra kullanım suyuna ısı değiştirici ile aktarılır.

Güneş enerjisi sistemleri ek ısıtma sistemlerine göre de sınıflandırılabilir:

- Kullanım suyunun ek bir boyler içinde ısıtılması
- Kullanım suyunun anlık ısıtıcıda veya ısı değiştiricisinde ısıtılması

2.4.4. SİSTEM İŞLETİMİ

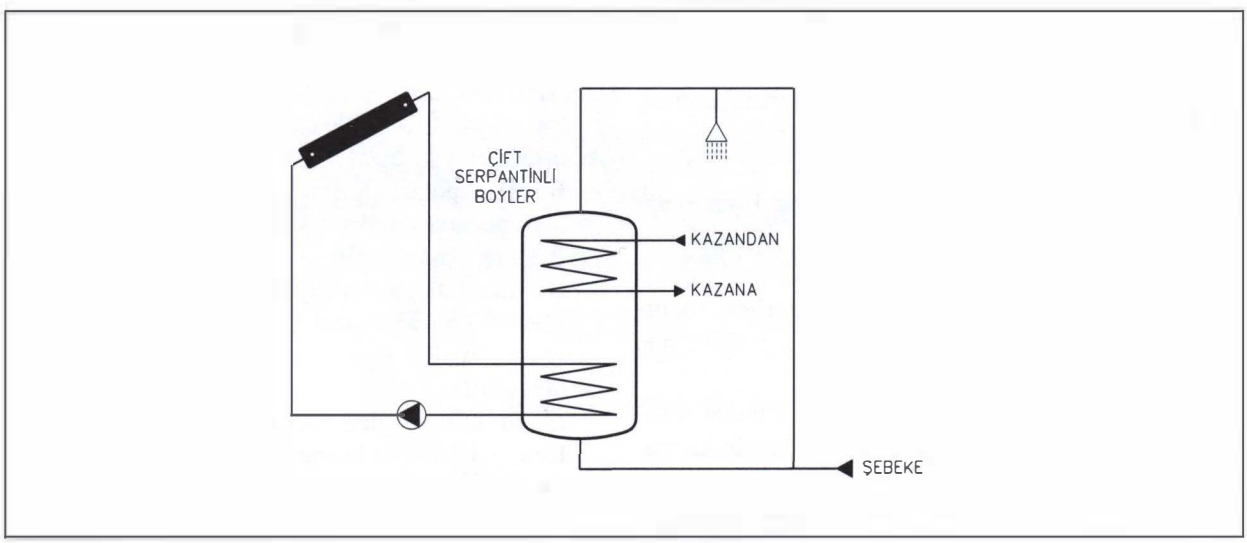
Aşağıdaki bölümde gösterilen üç sistem, yaygın uygulama alanları bulunan örneklerdir:

- Çift serpantinli boylerli sistem, *Şekil 2.49* (tek ve ikiz villa için tipik bir uygulama)
- Depo boylerli güneş enerjisi sistemi, *Şekil 2.50*
- Büyük güneş enerjisi sistemleri için tipik bir uygulama, *Şekil 2.51*

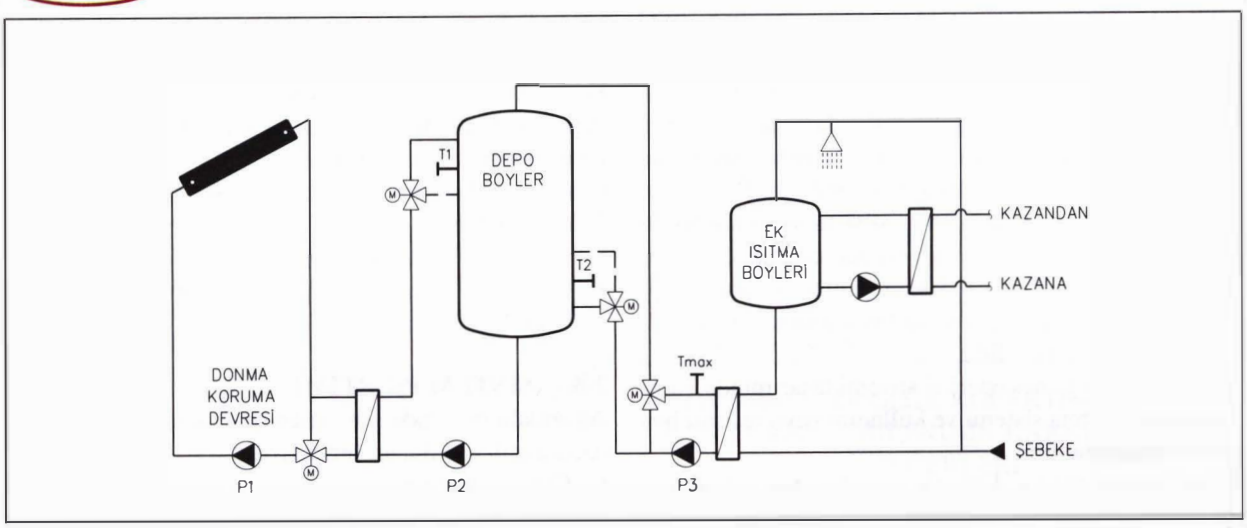
Şekil 2.49'deki çift serpantinli kullanım suyu boylerli sistemde güneş enerjisi, kolektör devresinden tankın alt kısmındaki serpantin vasıtası ile suya aktarılır.

Tankın üst kısmında gerektiğinde konvansiyonel bir ısıtma sistemine bağlı serpantin ile veya elektrikli ısıtıcı ile ek ısıtma sağlanır. Bu tip bir sistem kompakt tasarımı ve kolay montaj ile öne çıkmaktadır.

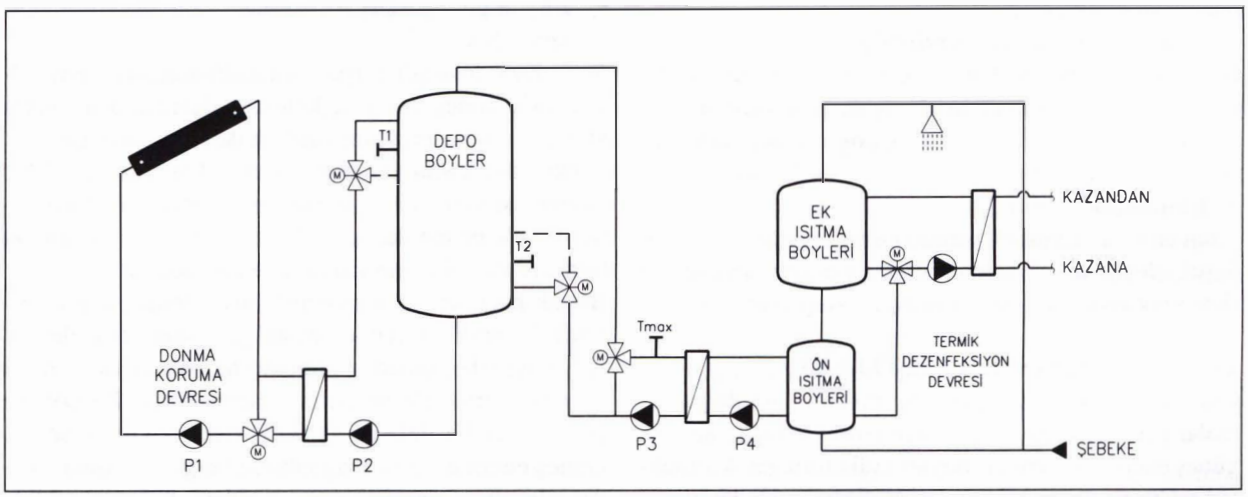
Büyük hacimli çift serpantinli boylerlerde (400 l üzerinde hacimli), lejyoner hastalığı riskini engellemek için başka bir önlem alınmadıysa tüm boyler hacmi (güneş enerjisi ile ön ısıtma hacmi dahil) DVGW'ye göre günde bir defa en az 60°C sıcaklığa ısıtılmalıdır. Güneş enerjisi ön ısıtma tankının hergün ısıtılması nedeniyle güneş enerjisinden ısı eldesi, belirgin şekilde azalabilir. Bu nedenle çok büyük ölçekli güneş enerjisi sistemlerinde kullanım suyu ile dolu olmayan, tesisat devresi depo boylerleri kullanılır.



Şekil 2.49. ÇİFT SERPANTİNLİ BOYLERLİ GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİ



Şekil 2.50. DEPO BOYLER VE EK ISITMA BOYLERLİ GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİ



Şekil 2.51. DEPO BOYLER, ÖN ISITMA BOYLERİ VE EK ISITMA BOYLERLİ GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİ

Şekil 2.50'deki gibi depo boylerli bir güneş enerjisi sisteminde güneşten elde edilen ısı, depo boylerden kullanım suyuna ikincil ısı değiştirici ile aktarılır.

Avantajlar:

- Güneş enerjisi depo boylerinde alt kısımda düşük sıcaklık kademesi
- Basit ve düşük maliyetli sistem yapısı
- Mevcut konvansiyonel ısıtma sistemleri ile entegrasyon kolaylığı

Dezavantajlar:

- Güneş enerjisi aktarımı zamanla sınırlıdır (belirli bir noktadan sonra sadece sıcak su çekildiğinde enerji aktarılır).
- Boylerden kullanım sırasında, eş zamanlı olarak soğuk suyun en verimli şekilde ısıtılması için karmaşık kontrol gereklidir.
- Debinin değişkenliği nedeniyle büyük binalarda büyük ısı değiştiricilerin tasarım zorluğu vardır.

Şekil 2.51'e göre güneş enerjisi boyleri kullanım suyu ısıtma sistemi ile kullanıldığında, depo boylerde depolanan ısı kullanım suyuna, ısı değiştirici (eşanjör) veya konvansiyonel ısıtma boylerine seri bağlı güneş enerjisi ön ısıtma boyleri vasıtasıyla aktarılır (günlük sıcak su ihtiyacının yaklaşık %10'u; küçük binalarda daha da fazla).

Avantajlar:

- Büyük depolama hacmi sayesinde sıcak su tüketim periyodunda süreli sıcak su eldesi
- Basit sistem kontrolü
- Düşük miktarda ısı taşıyıcı akışkan gereksinimi
- Mevcut konvansiyonel ısıtma sistemi ile entegrasyon kolaylığı

Dezavantajlar:

- Ek ön ısıtma boyleri nedeniyle maliyet artışı
- Depo boylerin alt kısmında düşük sıcaklık artışı
- Ön ısıtma ve ek ısıtma boyleri toplam hacminin 400 l'den büyük olması durumunda, ön ısıtma boylerinde lejyoner hastalığına karşı önlem gereksinimi

Tesisat örnekleri için *Bölüm 2.10*'u inceleyebilirsiniz.



Şekil 2.52. KULLANIM SUYU ISITMASI İÇİN KÜÇÜK ÖLÇEKLİ GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİ UYGULAMA ÖRNEĞİ - VİLLA SARAÇ



Şekil 2.53. KULLANIM SUYU ISITMASI İÇİN ORTA ÖLÇEKLİ GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİ UYGULAMA ÖRNEĞİ

- **Sıcak Su Sirkülasyon Hattının Güneş Enerjisi Sistemine Direkt Entegrasyonu**

Şekil 2.49, 2.50 ve *2.51*'de, büyük sistemler kullanılmasına rağmen sıcak su sirkülasyon hattı gösterilmemiştir. Sıcak su sirkülasyonunun güneş enerjisi sistemine hangi şartlarda ve nasıl entegre edileceği detaylı olarak daha sonraki bölümlerde açıklanacaktır.

Aşağıda sirkülasyon sisteminin entegrasyonu ile ilgili en önemli noktalar kısaca belirtilmiştir.

Gereklilikler:

- Sirkülasyon dönüşü için gerekli sıcaklık alt limiti kullanımı (DVGW W551/W552'ye göre büyük uygulamalarda 55°C)
- Sirkülasyon hattının çok iyi yalıtılmış olması
- Sirkülasyon sisteminin hidrolik olarak çok iyi dengelenmesi

Dönüş hattı, yüksek sıcaklık seviyesi nedeniyle güneş enerjisi boylerinin (güneş enerjisi deposu ya da ön ısıtma boyleri) alt kısmına doğrudan ya da dolaylı (ısı değiştirici ile) olarak ulaşmamalıdır.

Bu şartların sağlanmadığı durumda sirkülasyonun güneş enerjisi sistemine entegrasyonu, sirkülasyonun entegre edilmediği sistemlere kıyasla, sistem verimini belirgin şekilde azaltır.

2.4.5. EK ISITMA SİSTEMLERİ

Aşağıdakiler ek ısıtma sistemlerinde ısı üretici olarak kullanılabilir:

- Konvansiyonel kazan (katı/sıvı/gaz yakıtlı)
- Isı pompası (ek elektrikli ısıtıcılı)
- Elektrikli ısıtıcı
- Gaz ya da elektrikli anlık ısıtıcılar (küçük sistemler için)
- Bölge ısıtması sağlayan büyük sistemler
- Kojenerasyon ünitesi (sadece büyük sistemlerde)

Kojenerasyon ünitesi ile bina ısıtmasında atık ısı kullanımı ve güneşten elde edilen ısı arasında karşılaştırma yapılmalıdır. Bu yakıt hücrelerine de uygulanabilir. Ek ısıtma için elektrik kullanımı, yüksek enerji maliyeti nedeniyle önerilmez.

Ek ısıtma, güneş enerjisi depo boylerinin üst kısmında ya da çıkışında gerçekleşiyorsa, dönüş suyu sıcaklığı depo boyler alt kısım su sıcaklığının üzerinde olmayacak şekilde tasarlanmalıdır.

2.4.6. SİSTEM TASARIM PRENSİPLERİ

Aşağıdaki açıklamalar, kolektör yüzeyi 20-100 m^2 arasında olan orta ölçekli ve kolektör yüzeyi 100 m^2'den fazla büyük ölçekli sistemlere uygulanır. Yine de açıklamaların birçoğu küçük sistemler (kolektör yüzeyi 20 m^2'den küçük) için de geçerlidir. Ancak küçük sistemler için özel şartlar söz konusu olabilir, buna dikkat edilmelidir.

2.4.6.1. Güneş Enerjisi Sistemleri ile Konvansiyonel Isıtma Sistemleri Arasındaki Temel Farklar

Konvansiyonel ısıtma sistemleri sürekli kullanım konforunu garanti etmek zorundadır. Bu talep kullanım suyu ısıtması için tasarlanan güneş enerjisi sistemlerinde aranmaz, çünkü bu sistem, daima konvansiyonel ek ısıtma sistemine bağlıdır.

Büyük güneş enerjisi sistem tasarımında amaç, istenmeyen işletim durumlarından ve durgunluktan kaçınmaktır. Durgunluk, güneş enerjisi sistem elemanlarının sistemde oluşan yüksek sıcaklıklardan dolayı erken yaşlanmasına ve zarar görmesine neden olabilir. Fakat ulaşılması gereken yüksek karşılama oranları için gerekli olabilir. Durgunluk süreleri, büyük ve yüksek maliyetli depolama tankları kullanılmadan önlenemez. Küçük konutlarda (villa ve ikiz villa) yaz tatili boyunca enerji harcamasının gerçekleşmediği durumlar olabilir. Bu durumda, durgunluk sürelerinden kaçınılması gerekmez. Bu binalardaki küçük güneş enerjisi sistemleri göz önüne alındığında, ekonomik hususlar, ticari konut sektöründeki büyük sistemlerdeki ile aynı değildir.

2.4.6.2. Tasarım İçin Ön Koşullar

Durgunluk süreleri genellikle, yüksek güneş ışınımıyla beraber düşük tüketimin olduğu zamanlarda gerçekleşir. Her iki durum da genellikle konutlarda yaz tatili boyunca gerçekleşir.

Apartmanlarda en düşük sıcak su tüketimi, 60°C ayar sıcaklığı baz alındığında kişi başı günde 18-28 litre arasındadır. Bu değerler çok sayıda ölçüme dayanılarak verilmelidir. Bu büyük aralık nedeniyle, mevcut binadaki sıcak su tüketimi sürekli ölçülmelidir. Yeni binalar için yazın en düşük yük periyodunda kişi başı günde 22 litre değerinin kullanılması önerilir.

Eğer en yüksek kişi sayısı bilinmiyorsa, VDI 2067 *Bölüm 12* kullanılarak binadaki yaşam alanları ve odaların sayısından tahmin yürütülebilir.

2.4.6.3. Yıllık İhtiyaç Profili

Şekil 2.55'de yıl boyunca apartmanlar (yaklaşık 40 kişi ya da fazlası) için tipik yıllık tüketim profili gösterilmiştir. Eğri, yaz boyunca en düşük yük durumunu (katsayı=1) baz alır. Daha küçük binalarda yaz aylarında ihtiyaç azalması daha büyük olabilir. *Şekil 2.55*'de yaz tatili süresi 10 Temmuz-20 Ağustos arası alınmıştır fakat bu aralık değişiklik gösterebilir.

Eğer yaz tatili çoğunlukla Ağustos/Eylül aylarında kabul edilir ve ölçüm Temmuz da yapılır ise, düzeltme faktörü, *Şekil 2.55*'de noktalı alt çizgili sütunlardan okunabilir. Bu sütunlar, eğer tatil periyodunda tüketimde azalma yok ise ayarlanabilecek tüketimi göstermektedir.

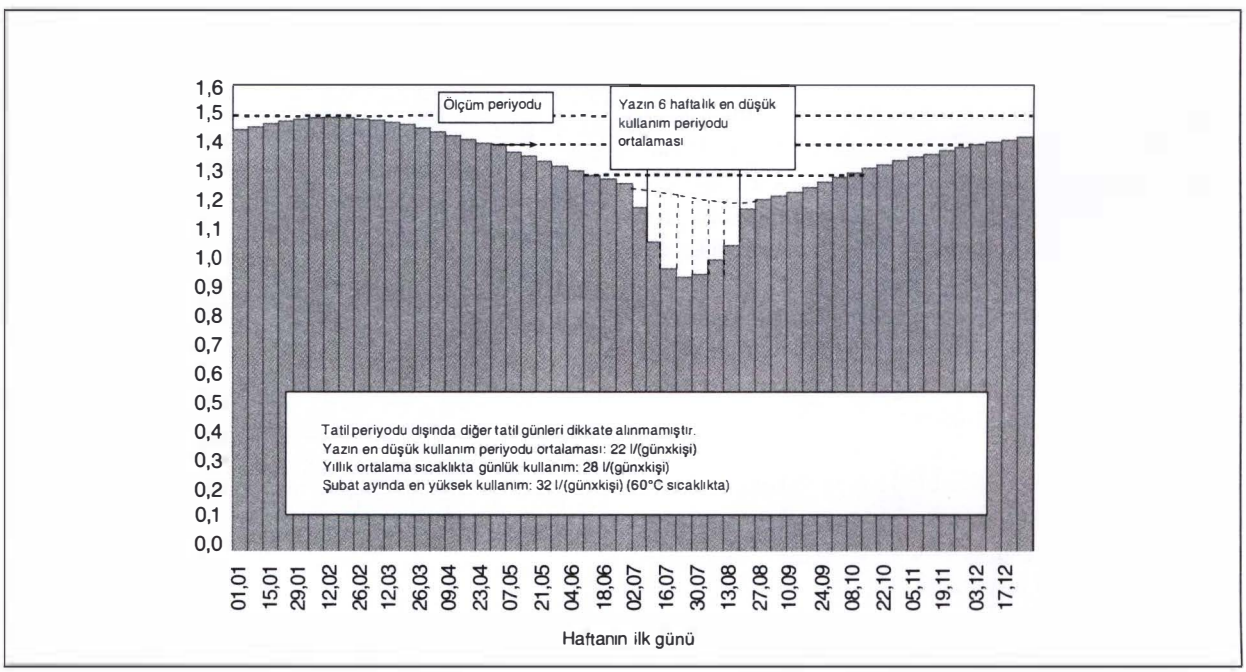
Konut oda sayısı (6m²'nin altındaki odalar ve mutfak dikkate alınmamıştır.)	Kişi sayısı (n_p)
1	1,2
2	1,6
3	2,3
4	2,8
5	3,1

Tablo 2.54. KİŞİ SAYISI HESABI İÇİN İSTATİSTİKİ DEĞERLER
(1993 yılı bina ve katların %1 tesadüfi örneği)

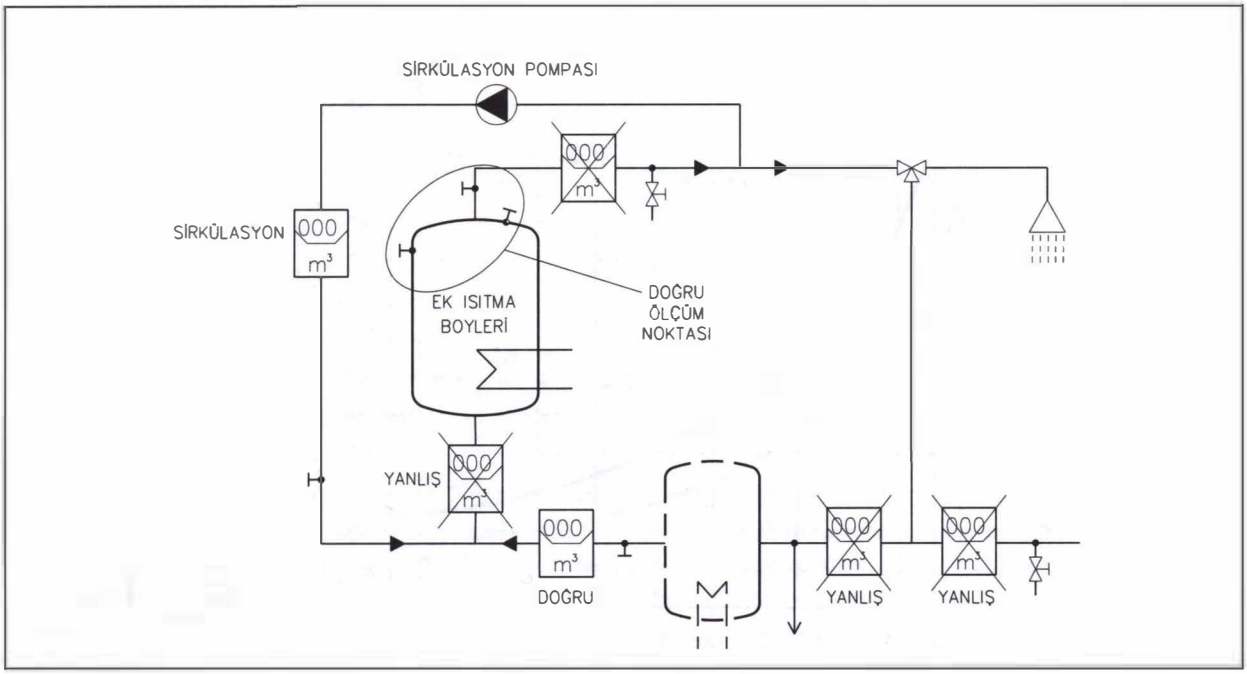
Örnek:
Şekil 2.55'i kullanarak yaz tasarım gereksinimi belirlemede yazın en düşük yük durumu dışında ölçülen değerlerin hesaplanması.
Ölçüm periyodu, 9 Nisan-21 Mayıs arası (6 hafta)
Ölçüm periyodu için düzeltme faktörü *Şekil 2.55*'den 1,4 olarak okunmuştur. Tasarım esaslarını belirlemek için ölçülen ortalama günlük tüketim bu faktöre bölünür.
Örnek:
Ölçülen : 9 m³/ gün
Düzeltme faktörü : 1,4
Tasarım esası : 6,4 m³/ gün
Binada ölçüm mümkün değilse, 22 l (60°C) günlük kişi başı tüketimin tasarım değeri olarak alınması tavsiye edilir. Günlük tasarım değeri, olabilecek en fazla kişi sayısıyla çarpılarak hesaplanır.
Düşük ihtiyaç değerinin kullanılması, sistemin ekonomik verimi açısından kritik değildir, fakat karşılama oranını düşürür. Yüksek değerler, istenmeyen durgunluk periyotlarına ve düşük sistem verimine neden olabilir, fakat yüksek karşılama oranı sağlarlar.
Tek ve ikiz villalarda günlük kişi başı sıcak su gereksinimi, çoğu durumda apartmanlardan oldukça yüksektir. Ortalama başlangıç noktası olarak 30-40 l (60°C su sıcaklığında) kişi başı günlük sıcak su tüketimi olarak alınabilir. Bu değer, tüketim davranışlarına göre oldukça değişkendir. Tek ve ikiz villalarda özel tasarım şartları, sıcak su tüketimi ölçümü şart değildir, fakat tüketimdeki yüksek dalgalanmadan dolayı tavsiye edilir.
Küçük sistemlerde sistem kayıplarının, oransal olarak daha yüksek olmasından dolayı ve sistem boyutları arttığında sistemin özel maliyetleri azalacağından, maliyet/fayda bakış açısıyla sistemi biraz büyük tasarlamak faydalı olabilir. Sistem verimi azalmasına ve durgunluk periyotlarının artmasına ve uzamasına rağmen karşılama oranı artar.

2.4.6.4. Tüketim Ölçümü

Hacimsel debi ölçerin montaj pozisyonu, sıcak su tüketimini ölçmek için sadece konvansiyonel su ısıtıcıdan geçen debi ölçülebilecek şekilde seçilmelidir. Boyler çıkışında kullanım suyu sirkülasyon hattından doğan veya karıştırıcı üç yollu vananın soğuk su girişindeki akış, bu ölçümlere dahil olmamalıdır. Eğer güneş enerjisi sisteminde (atık ısı kullanımı) kullanım suyu boylerleri seri halde bağlı ise, sıcak su sıcaklığının yanı sıra, giriş sıcaklığı da ölçülmelidir.
Bu tip ölçümler en az günde bir defa olarak yapılmalıdır. Ölçümler için optimum periyot, tasarım değerinin doğrudan kaydedilebilmesi için yazın en düşük yük



Şekil 2.55. APARTMANLARDA YIL BOYUNCA SICAK SU TÜKETİM PROFİLİ
(en düşük yük periyodu baz alınmıştır)



Şekil 2.56. SICAK SU TÜKETİMİ, SICAK KULLANIM SUYU VE ŞEBEKE SUYU SICAKLIKLARI VE SİRKÜLASYON HATTINDA KAYBEDİLEN ENERJİ İÇİN DOĞRU ÖLÇÜM NOKTALARI

durumundadır. Eğer ölçümler bu sürede yapılamazsa, başka zamanlarda ölçülen tüketim değerleri, *Şekil 2.55* kullanılarak en düşük ihtiyaca dönüştürülür. Ölçüm periyodu içinde uzun, tipik olmayan ve *Şekil 2.55*'in kapsamında olmayan tüketim periyotlarından kaçınılmalıdır. Ölçümler en az dört hafta sürdürülmelidir.

Büyük güneş enerjisi sistemlerinde, güneşli yaz günlerinde, sıcak su ihtiyacı için gerekli enerjiye ek olarak, sistem, sirkülasyon devresi ısı kaybını karşılayabilmek için tasarlanıyor ise sirkülasyon kaybının ölçüme eklenmesi gereklidir. Sirkülasyon hattı ısı kaybı ölçümü, sözkonusu kayıpların tespiti ve gerektiğinde sistemin yenilenmesi açısından önemli veriler sağlamaktadır .

2.4.6.5. Kolektör Alanı

a. Tasarım

Kolektör durgunluk sürelerinden kaçınılmalıdır. Teoride üretilebilecek kullanılabilir ısının depolanmasına ya da tüketici tarafından her zaman kullanılmasına dikkat edilmelidir.

- **Kullanım Suyuna Yönelik Sistem Tasarımı**

Güneşli yaz günlerinde güneye bakan (± 30°) ve 20-50° eğimli kolektör grupları yüzeyden 7-8 kWh/m² güneş ışınımı alır. Düzlemsel kolektörlü sistemlerin verimi, bu tip günlerde yaklaşık %50'dir. Etkin absorber yüzeyinin metrekaresi başına 3,5-4 kWh kullanılabilir güneş enerjisi üretilir.

Kullanım suyu ısıtma sisteminde, yazın 12-14°C şebeke suyu sıcaklığında, 60-70 litre su bir metrekare kolektör yüzeyinden sağlanan enerji ile 60°C sıcaklığa kadar ısıtılabilir. Güneş enerjisi sistemlerinin sağlayabileceği kapasite (özgül yük-kolektör yüzeyine bağlı) bu durumda 60-70 l/(gün.m²) kabul edilebilir. Bu tip bir boyutlandırma ile (ya da daha büyük bir kapasite kabulünde) büyük sistemlerde, güneş enerjisi sistemi için düşük maliyetlere ulaşılır. Daha küçük sistemlerde bu kabuller daha az enerji eldesine neden olmaktadır. *Şekil 2.57*'de kapasite kabulüne bağlı sistem maliyet değişimi gösterilmiştir. Değişim, 70-100 l/(gün.m²) aralığındadır. Düşük kapasite kabulünde tasarım yapılması durumunda, kullanılabilir güneş ısısı ve karşılama oranı artar, ancak sistem verimliliği ve kolektör başına kullanım miktarı azalır.

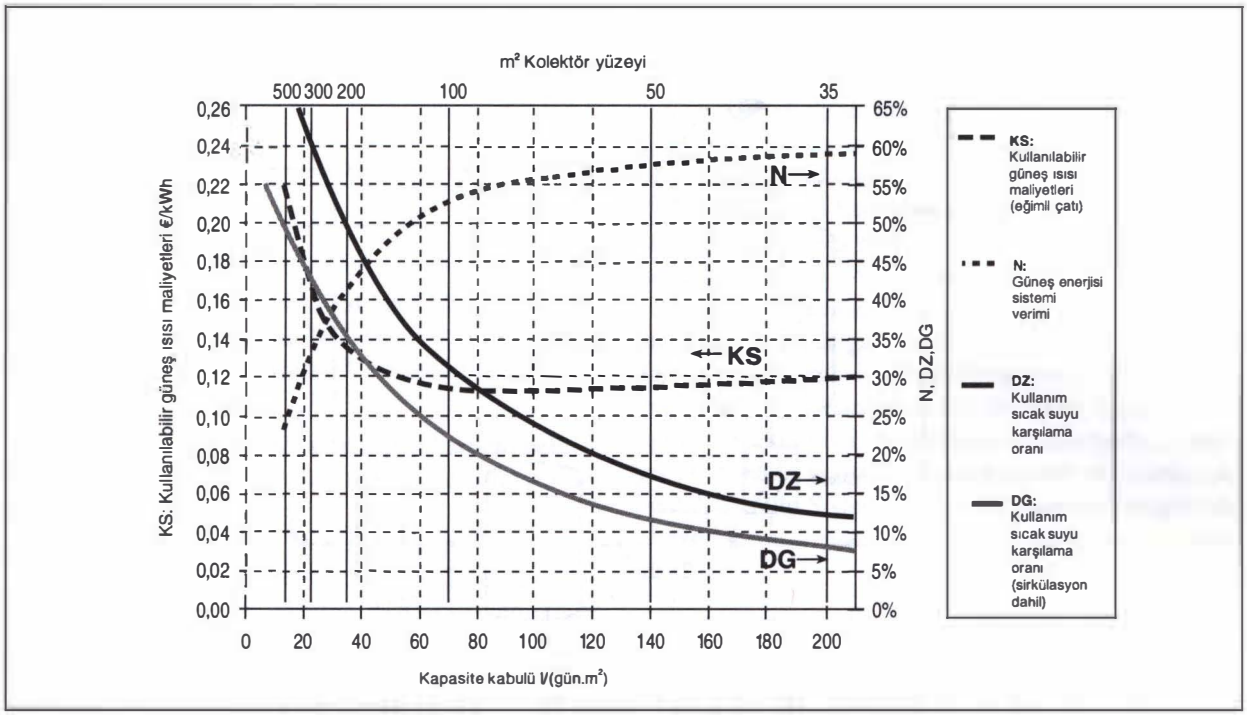
Villa ve ikiz villalardaki küçük sistemler yaklaşık 40 l/(gün.m²) kapasite kabulü ile, ekonomik verim anlamında en kullanışlı şekilde tasarlanabilir.

Yüksek karşılama oranlarına (> %50) ulaşılması gerekiyorsa, düşük kapasite kabulü ile hesap yapılmalıdır. Bu durumda, verim ve ekonomik verim belirgin ölçüde azalır. Fakat bu, küçük ölçekli sistemlerde önemli bir rol oynamaz.

- **Kullanım Suyu ve Sirkülasyon Hattı Tasarımı**

Sirkülasyon sisteminin güneş enerjisi sistemine entegre edilip edilmemesi gerekliliği düşünülürken *Bölüm 2.4.2.*'deki değişkenler dikkate alınmalıdır. Aşağıda belirtilenler sadece yönetmeliklere uygun sirkülasyon sisteminin entegrasyonu için uygulanabilir.

Eğer sirkülasyon hattı güneş enerjisi devresine entegre edilmiş ise, durgunluk periyodu oluşmayan daha büyük tasarlanmış sistemler gereklidir ve bu sayede sirkülasyon sisteminden olan ısı kaybı kısmen karşılanmış olur. Böyle bir durumda ölçülen günlük sirkülasyon ısı



Şekil 2.57. GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİNDE FARKLI KAPASİTE KABULLERİNDE VERİM KARŞILAMA ORANI VE KULLANILABİLİR GÜNEŞ ISISI MALİYETİ (€/kWh)
("Solarthermie-2000")
(En düşük ihtiyaç periyodunda sıcak su gereksinimi: yaklaşık 7 m³/gün; sirkülasyon ısı kaybı sıcak su sisteminde yıllık ortalama enerji ihtiyacının %30'u; sirkülasyon güneş enerjisi sistemine entegre edilmemiş; ortalama Almanya iklim koşullarına göre)

kaybı, yazın en düşük yük durumunda kullanım suyu gereksinimine (60°C sıcaklıkta her 100 litre için yaklaşık 5,5 kWh) eklenerek enerji ihtiyacı hesaplanır. Yeni binada sirkülasyon kaybı hesaplanamıyorsa karşılanması gereken ek sirkülasyon ısı kaybına ilk yaklaşım, *Bölüm 2.4.6.4*'deki verilere göre belirlenen en düşük yük durumu için günlük tasarım gereksiniminin %50'si kadar kabul yapmaktır. Yıllık sıcak kullanım suyu için enerji gereksiniminin %30'u kadar bir enerji kullanım ve sirkülasyon ısı kaybı, boyler ısı kaybı vb için harcanır.

Sirkülasyon enerjisini karşılamak için gerekli yüksek sıcaklık seviyeleri ve güneş enerjisi boylerinden geçen ek debi nedeniyle, güneş enerjisi sistemi karşılama oranı düşer. Sirkülasyonun doğru entegrasyonu sağlanamıyor veya sistem optimize edilemiyorsa, belirgin ölçüde verim kaybı olabilir. Büyük tasarlanmış sistemlerde optimize edilmiş sirkülasyon devreleri yüksek verim artışı sağlayabilir.

b. Kolektör Alanı Kurulumu

Kolektör grubu eğimli çatıya, düz çatıya, zemine, cepheye vb alanlara monte edilebilir. Tüm montaj tiplerinde alt yapı (çatı, kameriye vb) ömrünün en az güneş enerjisi sistem ömrü (20-25 yıl) kadar olmasına dikkat edilmelidir.

Alt yapı aşağıdaki gereklilikleri karşılamalıdır:

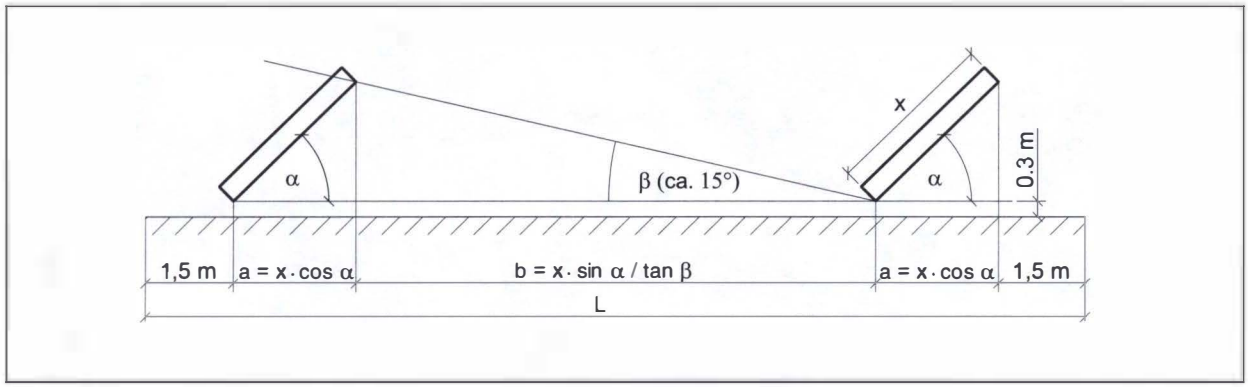
- Özgül yük, rüzgar ve kar yükleri dikkate alınarak statik güvenlik
- Korozyon dayanımı
- Çatı sistemi ve kolektör alt yapısının her durumda (çatı üstü, çatı içi) suya ve rüzgara karşı sızdırmazlığı
- Çatı sisteminin güvenliğinin sağlanması

• **Varolan Çatı Yüzeyi Üstüne Montaj**

Bu yapı, çatı membranının sızdırmazlık fonksiyonunu yürütebilmesi ve arıza olduğunda her kolektörün kolayca değiştirilebilmesi avantajlarına sahiptir. Kolektörler tarafından yaratılan ek çatı yükü, borulama ve destek yapısı statik olarak dikkate alınmalıdır. Mimari olarak da çatı görünümü ile uyum sağlanmalıdır.

• **Çatı İçi Montaj**

Çatı içi entegrasyonda kolektörler çatı kaplaması yerine geçerler. Bu nedenle sızdırmazlık sağlanmalı ve kolektörler kendilerini çevreleyen çatı kaplamasına ve çatıya sabitlenmelidir. Bu sistemde, kolektörlerin değiştirilmesi daha zordur. Konvansiyonel çatı kaplamasının kolektör alanından çıkarılması ile (kiremit vb) çoğu durumda kolektörler ek bir çatı yükü getirmez. Bu tip entegrasyon, mimari olarak çatıyla uyumlu bir etkiye sahiptir.



Şekil 2.58. KOLEKTÖR SIRALARININ ARKA ARKAYA MONTAJINDA KOLEKTÖR ALANI DERİNLİĞİ (L)

Eğimli çatıya montajda eğim açısı ve kolektör yönelimi çoğu durumda çatıya bağlıdır. Bununla birlikte güneydoğu-güneybatı arasındaki alanda ve 20-60° eğim açılarında, eğim ve yönelim elverişsiz değilse, kolektörlerin optimum yönelimindeki güneş kazancından yaklaşık %7 daha az güneş kazancı sağlanacağı göz önüne alınmalıdır.

- **Düz Çatıya Montaj**

Düz çatı montajında, yerleşim ve eğim genelde serbesttir. Düz çatı konstrüksiyonuna bağlı olarak (yayılı yük, noktasal yük, duvar yükü), montaj setleri yalnız kolektör yükünü değil titreşimlerle birlikte rüzgar yükünü de taşıyabilecek şekilde tasarlanmalıdır.

Düz çatı montajında arka arkaya duran kolektör sıralarının kışın (gün ortasında) birbirini gölgelememesi sağlanmalıdır. Özel eğim açıları için *Şekil 2.58*'de gösterilen tasarım önerilir.

Diğer eğim açılarında, verilen denklem kullanılarak aralıklar hesaplanabilir. Çatı alanı yeterince büyük değilse, kışın az miktarda gölgelemeye ve kolektör sıralarının aralarındaki mesafenin daralmasına izin verilebilir (β yaklaşık 20°).

Çatı köşelerinde 1,5 m mesafe, kolektör alanına ulaşılması ve cam kırılması durumunda en azından parçaların düşmesinin engellenmesi ve kolektörlerin çatı köşeleri etrafında rüzgar kuvvetlerine daha az maruz kalması için gereklidir.

Arka arkaya yerleştirilen kolektör sıraları için gerekli çatı derinliğini (L) belirleme denklemi:

$$L = 2.\ 1{,}5\ m + x.\ (n.\ \cos\alpha\ /\ (n\text{-}1).\ \sin\alpha.\ /\ \tan\beta)$$

L gerekli toplam çatı derinliği
n kolektör sıra sayısı
x kolektör uzunluğu
α kolektör eğim açısı
β güneş eğim açısı, gölgeleme olmayacak şekilde

Yapı, kolektörlerin üzerine düşen kar kütlesinin, kolektörlerin altındaki boşluktan kaymasını sağlayacak şekilde planlanmalıdır. Düz çatıda bulunan kolektörler kışın kar ile kaplanabilir.

Zemin montajında da düz çatı ile aynı şartlar geçerlidir. Kolektör alanının, insanların sıcak kolektör elemanlarından zarar görmemesi için bir çitle çevrilmesi önerilir.

Kolektörler, yapı elemanları gibi cephe içine entegre edilebilir. Cephenin tüm yüzeyine bağlanmış düzlemsel kolektörler yalıtımın ve cephe kaplamasının bir kısmının yerine geçer bu da cephe maliyetini düşürür. Kolektörlerin bina cephesinde yatay ile 90° açı yapacak şekilde montajında vakum borulu kolektörler tercih edilmelidir. Kolektörlerin cephede (dikey = 90°) istenmeyen açıları nedeniyle oluşacak problemler, borulu kolektörlerde yatay yerleştirilmiş tüpler ya da boruların, güneşin yüksek konumunda birbirini gölgelememesi için eksenel yönlendirilmesi ile kısmen dengelenebilir.

c. Kolektör Devresinde Debi

Kolektör devresindeki ısı taşıyıcı akışkan debisi dağılımı eşit olmalıdır. Devredeki her kolektör, aynı debiye (metrekare kolektör yüzeyi başına debi) sahip olmalıdır, fark ± %10'u geçmemelidir. Üretici tarafından belirtilen debi sınır değerleri sağlanmalıdır.

Dağıtım ve toplama hatlarının boyutlandırması hidrolik denge göz önüne alınarak hesaplanmalıdır. Gerekli ise hatlara reglaj vanaları monte edilmelidir. Vanaların ayar aralığı, debideki değişimlerin çok yüksek olmaması için sınırlandırılmalıdır.

Kolektör alanında eşit debi dağılımı sağlamak için yapılması gerekenler;

- Kolektörlerin seri bağlanması
- Kolektörlerin ve kolektör gruplarının eş direnç sağlanacak şekilde (Tichelmann prensibine göre) paralel bağlanması
- Kolektörlerin Tichelmann harici paralel bağlanması

Seri bağlantı için tüm kolektörlerden aynı debi geçirilmelidir. Tüm kolektörler aynı ölçüde ise, kolektörlerdeki debi aynıdır. Büyük kolektör alanlarındaki basınç kaybı, kolektörlerin seri bağlanmasından dolayı çok yüksektir. Çok sayıda kolektör seri bağlanmış ise, her kolektörün debisi, tüm kolektör sistemi ya da kısmi kolektör gruplarındaki debilerden daha büyük olabilir.



Şekil 2.59. DÜZ ÇATI VE PLATFORM ÜZERİ MONTAJ UYGULAMA ÖRNEĞİ



2.60. ÇİTLE ÇEVRİLİ KOLEKTÖR ALANI UYGULAMA ÖRNEĞİ

Tichelmann sistemiyle, dağıtım ve toplama hatlarındaki paralel her kolektör için aynı boru uzunlukları ve böylece teorik olarak aynı akış direnci sağlanır. Akış direncini eşitlemek için sadece bu yöntem kullanılıyorsa, paralel kolektörlerde bağlantı hatlarındaki (boru içi farklı yüzey pürüzlülüğü, boruda partikül kalıntıları) farklı yerel dirençler nedeniyle tamamen önlenemeyecek farklı debiler oluşabilir. Bu durum özellikle, her paralel elemandaki akış direnci, toplama/dağıtım hatlarındaki dirençten çok daha büyük ya da daha düşük olduğunda gerçekleşir. Paralel kolektörlerdeki akış dirençleri dağıtım ve toplama borularındakinden en az iki kat kadar daha yüksek değilse, Tichelmann prensibine ek olarak statik ya da dinamik balans vanaları ile hatlardaki basınç farklılıkları dengelenmelidir.

Tichelmann sistemi olmasa bile, kolektörler paralel bağlandığında her paralel elemana dengeli debi dağıtılması mümkündür. Yine de her paralel akış yolundaki direncin, boru bağlantısındakinden belirgin ölçüde yüksek (en az üç katı kadar; debi değişimi ortalama değerden ± %10) olması ön şarttır. Gerekiyorsa her akış yoluna reglaj vanaları konmalıdır.

Büyük bir alanın tüm kolektörleri paralel bağlı ise, kolektördeki akış direnci genellikle boru bağlantısına kıyasla daha yüksek olmaz. Karışık boru bağlantısından kaçınmak için büyük kolektör alanlarını, parçalara bölmek tavsiye edilir. Her kolektör alanında çok sayıda kolektör seri bağlanırken, sıralar paralel bağlanabilir (Tichelmann prensibi kullanmadan mümkündür). Kolektör alanlarındaki ve her kolektördeki özgül debiler dikkate alınmalıdır.

Seri ve paralel bağlantı şekillerinin en uygun kombinasyonu, toplam sistem direncini düşürerek kolektör devresi pompasının verimli ve ideal bir aralıkta çalışabilmesini sağlayacaktır.

- **Düşük/Yüksek Debili Akış**

Bu terimler, yüzey alanı ile ilişkili hacimsel debi değerlerini tanımlar (Tüm kolektör grubunda her bir kolektörün bir metrekaresinden saatte geçen litre olarak debidir). Bu debi 15-20 l/(m².h) arasında bulunuyorsa, buna düşük debili akış denir. Üretici tarafından belirlenen, kolektörden geçecek en düşük debi sınırına uyulmalıdır, aksi takdirde tüm kolektör devresinde homojen bir akış sağlanamayacaktır. Aynı zamanda, kolektörler seri bağlandığında, her kolektördeki debinin çok yüksek olabileceği dikkate alınmalıdır. Debi için üreticilerin belirttiği üst sınır değer aşılmamalıdır.

Tüm kolektör alanında 30-40 l/(m².h) arasındaki debiler yüksek debili akış olarak adlandırılır.

Matched flow terimi, düşük ve yüksek debili akış arasında değişken devirli pompa kontrolü yapılmasını tarif eder. Sadece kullanım suyu ön ısıtması için kullanılan ve ek ısıtma boyleri ile arasında sıcaklık fark kontrollü sirkülasyon bulunmayan sistemlerde bu işletim mantığı belirgin bir avantaj getirmez.

- **Hava Tahliyesi**

Kolektör devresindeki havanın tahliyesi, verimli ve sorunsuz bir işletim için ön şarttır. Prensipte, kolektör devresindeki havanın, ısı taşıyıcı akışkanın dolumu esnasında düzgün şekilde tahliyesi için farklı yöntem ve ekipmanlar bulunmaktadır. Yine de dolum esnasında akışkan içerisinde kalan küçük hava kabarcıklarını önlemek mümkün değildir. Ayrıca, ısı taşıyıcı akışkan yüksek sıcaklığa ulaştığında kolektörde hava kabarcıkları oluşur (uzun süreli işletimde). Her durumda kolektör devresindeki havanın sürekli tahliyesi şarttır.

Hava tahliye cihazı, gerekli olduğunda kolay bakım ve işletimi yapılabilecek bir yere monte edilmelidir. Bu nedenle sistemin mekanik tesisat odasında diğer sistem

	Avantajlar	Dezavantajlar
Düşük debili akış 15-20 l/(h.m²)	Kolektörlerin seri bağlanmasından dolayı kolay tasarım (çok sayıda bölünmüş kolektör alanı mümkündür)	Kolektörlerde yüksek sıcaklık, yüksek ortalama sıcaklık, buna bağlı nispeten azalan verim
	Kolektör grubundaki yüksek akış direnci (ana hatlarda eş direnç sağlanmayabilir)	Boylerde iyi bir katman oluşumu için, düşük kolektör giriş sıcaklıkları özellikle önem taşır, bu durumda büyük ısı değiştiriciler kullanılmalıdır.
	Küçük boru kesitleri	Her kolektör için en düşük debi gerekliliği sağlanamadığından küçük kolektör gruplarında her zaman verim alınamaz.
	Kolay boru bağlantısı, düşük kayıplar	
	Güneş enerjisi boylerinin üst kısmında yüksek sıcaklıklara hızlı ulaşma imkanı	
Yüksek debili akış 30-40 l/(h.m²)	Kolektörlerde düşük ortalama sıcaklıklar ve yüksek kolektör verimi	Çoğunlukla eş direnç sağlanmalıdır.
		Geniş boru çapları kullanılır.
		Borulardan yüksek ısı kayıpları, kapasite düşümü ve yüksek maliyetler iyi optimizasyon gerektirir.
Matched flow	Hacimsel debinin güneş ışınımı veya istenen en düşük sıcaklık değerine göre ayarlanması mümkündür.	Daha karmaşık kontrol gereksinimi, hassas tasarım ve uygulama gerekliliği

Tablo 2.61. KOLEKTÖR ALANINDA FARKLI ÖZGÜL DEBİLERİN AVANTAJ VE DEZAVANTAJLARI

bileşenlerine (kolektörler hariç) yakın bir yere montajı tavsiye edilir. Tesisat odası, çoğunlukla alt katta olduğundan sirkülasyon pompası çalışırken hava kabarcıklarının, ısı taşıyıcı akışkan ile birlikte hava filtrelerine iniş borularında taşınması sağlanmalıdır. İniş borularındaki akış hızı, havanın durgun haldeki akışkan içerisinde yükselme hızından büyük olmalıdır.

İniş borularında, 0,4 m/s akış hızı en düşük değer olarak önerilir (kolektörlerde de alınabilir). Otomatik purjörlerde, hava kabarcıklarının tesisattan yukarı yükselip atılabilmesi için belirgin bir debi düşüşü olmalıdır.

Hava, tahliyesi zor olan diğer bileşenlere ulaşmadan, tercihen kolektörlere yakın monte edilmiş purjörlerde tahliye edilmelidir. Akış yönü açısından diğer bileşenlerin (ısı değiştirici, pompa) önünde bulunmalıdır. Purjörün ısıl dayanımının yeterli olup olmadığı bu durumda mutlaka kontrol edilmelidir.

Kolektör devresindeki ikinci hava ayırıcı, diğer bileşenlerde bakım ve onarım yapılırken havanın tahliyesi açısından yararlıdır. Böylece hava kolektör alanına ulaşmadan atılır. Sistemde yüksek sıcaklıklar oluştuğunda ve bu tip sıcaklıklarda çalışmaya uygun başka bir hava ayırıcı bulunmadığında, ikinci hava ayırıcı büyük fayda sağlar.

Tesisat odasında bulunan hava ayırıcılar 120°C'ye kadar sıcaklık dayanımına sahip olmalıdır. Hava ayırıcının montaj yerinde, özel işletim koşullarından dolayı yüksek sıcaklıklar oluşma riski mevcut ise oluşabilecek en yüksek sıcaklıklara karşı ısıl dayanım sağlanmalıdır.

Tesisat odasına monte edilen ana hava ayırıcı ve iniş borularında yeterince yüksek akış hızı var ise, kolektör alanında ek bir purjöre gerek yoktur. Sistemde hava tahliyesi kolektör alanında yapılacaksa, çıkış hatları üzerinde geniş kesitli ve manuel bir vana ile kontrol edilebilen hava toplama kapları kullanılmalıdır. Toplama kabından tesisat odasına çekilecek hattın da manuel bir vana ile ayrılması tavsiye edilir. Bu iniş borusunda, her hava tahliyesinden sonra akışkan seviyesi azalabilir ve kısmi olarak akışkan dolumu yapılabilir. Havanın tam olarak tahliyesini tespit etmek zor olduğundan, toplama kabında hava olup olmadığının tespiti de zordur. Farklı yüksekliklere monte edilmiş hava toplama kaplarının, ortak bir tahliye borusundan boşaltılması sözkonusu olabilir.

Kolektör alanına monte edilen otomatik bir purjör, durgunluk anında buharın kaçmaması için seri bağlı bir vana ile ayrılmalıdır. Purjörler, ısı iletimi nedeniyle yalıtılmış olsalar da durgunluk süresinde yüksek basınç altındadırlar, bu nedenle durgunluk sıcaklığına kadar dayanımları sağlanmalıdır. Açıkta monte edilmeleri gerekiyorsa en az güneş enerjisi sistemi kadar çevre etkilerine karşı dayanıklı olmalıdırlar. Otomatik purjörler işletim esnasında kapalı olduğundan hiçbir fonksiyona sahip değildirler, sadece doldurma sırasında kolektör alanında kulanılırlar.

2.4.6.6. Güneş Enerjisi Boylerleri

Güneş enerjisi boylerleri, kullanım ile güneş enerjisi ışınımının olduğu dönemler arasındaki geçiş döneminde depolamayı sağlamaktadırlar.

İşletim güvenilirliği ve uygun maliyet/fayda oranı dikkate alınarak güneş enerjisi boylerinde ve depolanan akışkanda aşağıdaki gereklilikler sağlanmalıdır:

- Boyler

Düşük maliyet, iyi yalıtım, hijyen kurallarına uyum (kullanım sıcak suyu için), artabilecek sıcaklık ve basınç seviyelerine dayanım, korozyon dayanımı

- Depolanan akışkan

Düşük maliyet, bulunabilirlik, sağlığa zarar vermeme, yüksek ısıl kapasite, çevreye uyum, geri dönüşüm özelliği, işletim sıcaklık aralığına dayanım

a. Tasarım

- **Temel Bilgiler**

Boyler ve depolanan akışkan istenen işletim sıcaklık ve basınç aralığına uygun olmalıdır. Güneş enerjisi boyleri tasarım kriterleri:

- Kolektör sayısı
- Enerji gereksinimi ve tüketim profili
- Boyler işletim basınç ve sıcaklığı

Kullanım suyu güneş enerjisi boyleri en az altı bar basınca dayanıklı olmalı ve hijyen gerekliliklerini taşımalıdır. Kaplamasız çelik boylerler çoğu durumda depo boyler olarak kullanılır. Plastik boylerler ancak, istenen basınç ve sıcaklığa dayanıklı ise kullanılabilir.

Güneş enerjisi boylerleri amaçlarına uygun yalıtıma sahip olmalıdır. Uzun süre depolama yapılan boylerlerde daha iyi yalıtım tavsiye edilir.

Flanşlar ve bağlantı parçaları yalıtımın içinde olmalı ya da ayrıca yalıtılmalıdır. Boyler çeperi ile yalıtım malzemesi arasında hava sirkülasyonunu önlemek için, yalıtım malzemesi boylerin dış çeperine bitişik yapılmalıdır. Boyler ile bina elemanları arasındaki bağlantılar mümkün olduğunca kısa tutulmalı, ısı köprüleri azaltılmalıdır. Kolektör devresinden boylere giriş ve çıkış hatları mutlaka izole edilmelidir.

Depo boyler devresinde, membranlı genleşme tankı ve emniyet ventili kullanılmalıdır. Ek ısıtıcı devresinde kullanılacak emniyet ventilleri, depo boyler işletim sıcaklık ve basınç değerlerine göre seçilmelidir.

İstenen işletim basıncında depolanan akışkanın buharlaşmaması için depo sıcaklığı sınırlanmalıdır. Sistem sıcaklık sensörü, boylerdeki en yüksek sıcaklığı hissetmelidir. Kontrol devresinin arıza olasılığına karşı ayrı bir limit termostat donanımı ile, sistem güvenceye alınmalıdır.

Boylerde düzgün katman oluşumu sağlamak için mümkünse ince ve uzun boylerler kullanılmalıdır. Yatay güneş enerjisi boylerlerinden kaçınılmalıdır (çok sayıda yatay boylerin-en fazla dört-paralel bağlanması durumu hariç)

- **Boylerler Arasında Dağılım ve Ara Bağlantılar**

Depolama kapasitesini olanak varsa tek boylerle sağlamak tavsiye edilir. Bu sayede yatırım maliyetleri ve ısı kayıpları en aza indirilir.

Dar geçiş aralıkları, büyük hacimli bir boyler kullanımında problem yaratabilir. Bu tip durumlarda, montaj alanında kaynaklanmış büyük bir depo boyler ya da bina dışına yerleştirilmiş (daha iyi bir yalıtım ve donma koruması ile) bir depo boyler kullanılabilir.

- **Güneş Enerjisi Boyleri Boyutlandırması**

Güneş enerjisi boylerinin boyutlandırılmasında *Tablo 2.62*'den yararlanılabilir. Şekilde, apartmanlarda kullanım sıcak suyu için tasarlanmış güneş enerjisi sistemlerinde kapasite kabulü ve sistem verimi ile bağlantılı olarak özgül depolama kapasitesi gösterilmiştir.

Küçük ölçekli sıcak su sirkülasyon entegrasyonu olmayan sistemler için 70 l/(gün.m²) kapasite kabulü karşılığında, 50 l/m² (± %10) özgül depolama kapasitesi tavsiye edilir.

Güneş enerjisi sistemi büyük boyutlandırılmış ise, özgül depolama kapasitesi de artar. Bu durumda optimum depolama kapasitesini bulmak için maliyet/fayda oranı düşünülerek, simülasyon programları ile daha detaylı hesap yapılması önerilir.

Aşağıda küçük ölçekli sistemler için tavsiye edilen kolektör adedi ve çift serpantinli boyler hacimleri belirtilmektedir.

- 4-6 m² kolektör yüzeyli sistemler: ~ 300 l
- 6-10 m² kolektör yüzeyli sistemler: ~ 500 l
- 10-15 m² kolektör yüzeyli sistemler: ~ 750 l

2.4.6.7. Eşanjör (Isı değiştirici) Devreleri

Güneş enerjisi devresinde birden fazla akışkan bulunduğunda devrelerin birbirinden ayrılması için eşanjörler kullanılır.

Eşanjör tasarımı için gereklilikler şunlardır:

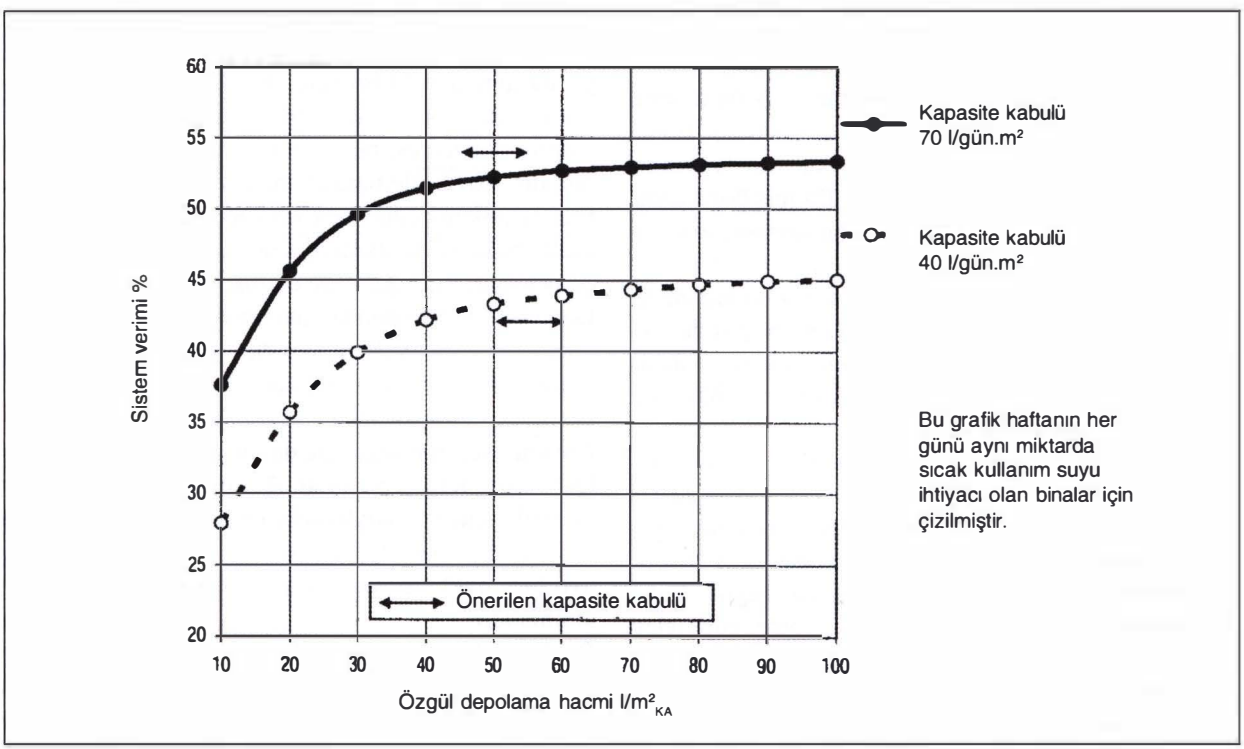
- ısı taşıyıcı akışkanın yüksek basınçtan dolayı iki devreye ayrılması
- ısı taşıyıcı akışkana dayanım
- eşanjör malzemesinin bağlantı hatlarındaki malzeme ile uyumu
- yüksek sıcaklıklara dayanım
- iyi ısı taşıma özelliği
- iki devre arasında düşük sıcaklık farkı sağlanması
- basınç kaybının belirlenen en yüksek değerlerle sınırlandırılması

Yukarıda belirtilen gerekliliklerden dolayı eşanjör malzemesi genellikle paslanmaz çelik ya da bakır seçilir.

a. Eşanjör Tipleri

Villa ve ikiz villa güneş enerjisi sistemlerinde, kullanım suyu ile dolu serpantinli boylerler kullanılır. Bu serpantinler, bakır (düz ya da yivli boru), paslanmaz çelik ya da korozyon dayanımlı yüzeyle kaplanmış duoCLEAN çelik borulardan oluşur.

Harici eşanjör olması durumunda plakalı ve borulu eşanjörler arasında bir seçim yapılabilir. Ters akışla işletilen plakalı eşanjörler, ısı taşıyıcı akışkanda kirlenmenin az olduğu durumlarda öncelikli olarak kullanılır. Bu, büyük ölçekli güneş enerjisi sistemlerine de uygulanabilir.



Tablo 2.62. GÜNEŞ ENERJİSİ DEPOLAMA KAPASİTESİNE BAĞLI SİSTEM VERİMİ

b. Tasarım

- **Serpantinler**

Boylerde, ortalama en yüksek 10 K (eşanjörün her iki devresindeki akışkanlar arasındaki ortalama sıcaklık farkı) logaritmik sıcaklık farklı ve tam kapasiteli serpantin (genellikle küçük ölçekli uygulamalarda) tasarımı için aşağıdaki noktalar önerilir:

- Düz boru serpantin: metrekare kolektör yüzeyi başına 0,2-0,3 m^2 serpantin yüzeyi
- Yivli boru serpantin: metrekare kolektör yüzeyi başına 0,3-0,4 m^2 (yivler dahil) serpantin yüzeyi

Daha düşük ortalama logaritmik sıcaklık farkı isteniyorsa, eşanjör yüzeyi buna göre artırılmalıdır. Güneş enerjisi boylerinde kullanım suyu depolanıyorsa, kullanım suyu ve kolektör devresi arasında 10 K üzerinde sıcaklık farkları ancak, küçük uygulamalardaki gibi tek ısı değiştiricisi kullanıldığında mümkün olabilir.

Serpantinler gerektiğinde temizleme ve diğer bakım işlemleri için ulaşılabilir olmalıdır.

- **Harici Eşanjörler**

Eşanjör üreticilerinin hesap programları gerekli işletim şartlarını ve bu şartlarda eşanjörün karakteristik özelliklerini temel alarak tasarım yapmak için kullanılabilir (debi, sıcaklık şartları, kapasite, basınç kaybı). Özel bir eşanjör, tekrar hesap yapılmadan aynı veya farklı üreticinin başka bir modeliyle değiştirilmemelidir. Eşanjör üreticileri, genellikle önceden belirlenmiş işletim şartları için tasarım yapmayı tercih ederler. Tüm işletim değişkenlerinin belirlenmesi, planlama aşamasının parçasıdır.

Eşanjörün her iki devresinde aynı akışkan dolaşıyorsa her iki devrede de yaklaşık olarak aynı debi sağlanmalıdır. Akışkan farklı ise bu fark debiye, ısı taşıma kapasitesi ile ters orantılı olarak yansıtılır (yüksek ısıl kapasitede akışkan için düşük debi ayarlanır). Bu şartlar altında, ısı taşıyıcı akışkanların ilk devrede optimum soğuması kadar, ikinci devrede optimum ısınması sağlanır. Bu debi uyumu değişken debili pompalar kullanıldığında da sağlanmalıdır.

- **Kolektör Devresi Eşanjörü (Kolektör ile depo boyler arasında)**

Kolektör devresi eşanjörü tasarımı, genellikle her iki devredeki debinin pompalar tarafından sağlanması sayesinde kolaydır. Bu nedenle pompalar, her iki devredeki (kolektör devresi ve depo boyler devresi) akış direncine uygun seçilmelidir.

Kolektör yüzeyinde 800 W/m^2 ışınım ile bir metrekare kolektör yüzeyinde ortalama işletim şartlarında (ortalama sistem sıcaklığında) yaklaşık 500 W ısı üretilir. Bu durumda, ortalama logaritmik sıcaklık farkı eşanjörde 5 K'i geçmemelidir. Bu sayede, eşanjörün özgül kapasitesi (metrekare kolektör yüzeyi başına) 100 $W/(K.m^2)$ olur. Bu tasarım kriteri, pratikte büyük sistemlerde iyi bir maliyet/fayda oranıyla seçime yardımcı olabilir.

Kolektör devresi eşanjöründeki basınç kaybı her iki devrede de 150 mbar'ı aşmamalıdır (en yüksek debide). Daha yüksek basınç kayıpları pompa kapasitesini artırır.

Ortalama işletim şartlarına göre eşanjör için sıcaklık ve kapasite oranları *Tablo 2.63*'de verilmiştir. Belirtilen değerler eşanjör işletim şartlarına göre geniş aralıkta değişkenlik gösterebilir.

Aynı transfer yüzeyine ve aynı debiye sahip eşanjörler farklı iç yapılar ve farklı basınç kayıpları ile temin edilebilir. İstenen ortalama 5 K sıcaklık farkı için çok geçişli eşanjörler kullanılmalıdır (yüksek basınç kayıplı).

- **Kullanım Suyu Devresi Eşanjörü**

Güneş enerjisi depo boylerinin konvansiyonel su ısıtma sistemine bağlandığı uygulamalarda kullanım suyu eşanjörü hesabı, kolektör devresi eşanjörü için yukarıda tanımlanan hesap yöntemi ile aynıdır. Bu durumda eşanjörün her iki devresinde de su bulunur. Bu nedenle

	Düşük debili işletim		Yüksek debili işletim	
	Birinci devre	İkinci devre	Birinci devre	İkinci devre
Özgül hacimsel debi	**15 l/(h.m²) Glikol/su %40/60**	**14 l/(h.m²) Su**	**35 l/(h.m²) Glikol/su %40/60**	**32 l/(h.m²) Su**
Kolektör alanı özgül kapasitesi	Yaklaşık 500 W/m^2			
Eşanjörde ortalama logaritmik sıcaklık farkı ayarı	İstenen değer: yaklaşık 5K			
Eşanjörün ortalama kapasitesi	Yaklaşık 100 $W/(K.m_{KA}^2)$*)			
Giriş sıcaklığı	66°C	Ayarlanan: 30°C	59°C	Ayarlanan: 40°C
Çıkış sıcaklığı	35°C	61°C	45°C	54°C
Basınç kaybı	İstenen değer: en fazla 150 mbar			
*) (KA= kolektör alanı)				

Tablo 2.63. GÜNEŞ ENERJİSİ VE DEPO BOYLER DEVRESİ ARASINDAKİ EŞANJÖR İÇİN TASARIM KRİTERLERİ (Işınım yaklaşık 800 W/m^2; sıcaklık değerleri (°C) tam sayıya yuvarlanmıştır; pratikte sıcaklık koşulları tam simetrik değildir)

her iki devre aynı debiye sahiptir. Değişken debili pompa kullanıldığında iki devre arası debi farkındaki değişim en fazla ± %10 olmalıdır.
Ortalama logaritmik sıcaklık farkı (tam yükte) eşanjörde 5 K'i geçmemelidir. En yüksek debide, gereksiz enerji tüketimini önlemek için basınç kaybı 200 ınbar seviyesine çıkmamalıdır.
Eşanjör devresi direnci belirlenirken kullanım suyu devresinde pik yük durumunda karşılaşılabilecek sıkıntılar göz önüne alınmalıdır.
Eşanjör çok büyük tasarlandığında (düşük basınç kaybı ile) düşük debide verim büyük oranda düşer. Genelde, pik yük durumunda geçici olarak 200 mbar basınç kaybı doğru bir seçim kriteridir. Bununla birlikte, güneş enerjisi sistemi planlanırken pik yük durumunda sıcak su tesisatında varolan basınç kaybına ek olarak eşanjörün yaratabileceği basınç kaybı da dikkate alınmalıdır.
Şekil 2.63'e göre planlanmış sistemlerdeki eşanjör tasarımı özellikle eşanjörün dikkatli seçimini ve sıcak su tüketim profilinde hassas ölçüm (pik kullanım periyotlarının belirlenmesi) gerektirir. Eşanjörün, oluşabilecek farklı tüketim değerlerinde, yukarıdaki tasarım esaslarını karşılayamaması söz konusu ise, daha verimli ve kontrollü bir işletim için sistem *Şekil 2.51*'e göre planlanmalıdır. Bu sistem, yüzden fazla kişinin yaşadığı apartmanlarda uygulanabilir.
Kullanım suyu eşanjörü içme suyunda kirlilik oluşmayacak şekilde tasarlanmalıdır. İçme suyunun kirlenmesini büyük ölçüde önlemek için korozyon dayanımlı yüzeylere sahip eşanjörlerin kullanımı önerilir.

2.4.6.8. Kolektör Devresi Borulama Sistemi

Diğer devreler genellikle konvansiyonel tasarıma sahip olduğu için aşağıdaki bölüm yalnızca kolektör devresi ile ilgilidir.
Boru hatları, olabilecek en kısa şekilde planlanmalıdır. Kolektör alanına belirli bir eğimde yükselerek ulaşmak, sistemde hava kapanı oluşumunu engeller.
Kolektör devresindeki borulama, sıcaklık, basınç ve kullanılan ısı transfer akışkanı gibi unsurlar dikkate alınarak tasarlanmalıdır. Bu, aynı zamanda boru, bağlantı parçaları ve kolektör devresinde bulunan tüm parçalar (vanalar, pislik tutucu vb) için geçerlidir.

a. Tasarım

- **Malzeme ve Bağlantı Tekniği**

Konvansiyonel metal borular (galvaniz çelik olmayan) yukarıdaki gereklilikleri yerine getiren bağlantı teknikleri ile kullanılmalıdır. Çelik borular ve bakır borular kullanılabilir.

- **Kolektör Alanı**

Kolektör alanındaki borulama sistemi (borular, vanalar, bağlantı parçaları, yalıtım vb) kullanılan kolektörlerin durgunluk sıcaklıklarına dayanıklı olmalıdır. Kolektör alanında oluşan yüksek sıcaklıklar nedeniyle, kaynaklı veya sert lehimli bağlantılar tavsiye edilir. Bakır ve paslanmaz çelik sıkı geçme bağlantıların, malzeme sıcaklık dayanım sınırları aşılmıyorsa yalnızca silikon ve fluor kauçuğundan yapılan güneş enerjisi sızdırmazlık elemanlarıyla beraber kullanımı uygundur. Yumuşak lehimli bağlantılar, durgunluk sıcaklıklarında erime riski nedeniyle tavsiye edilmez.
Borulama sistemi için işletim sıcaklık aralığı geniştir (kışın -15°C ile durgunluk sıcaklıkları 200°C arasında). Kolektör devresinde geniş sıcaklık aralığında ısıl gerilmeler sözkonusudur .

- **Kolektör Devresinin Diğer Kısımları**

Kolektör alanı haricindeki hatlar, daha dengeli çalışma şartlarına maruz kalmaktadır, bu nedenle bu bağlantılarda yumuşak lehim kullanılabilir. Tüm bileşenler, sızdırmazlık elemanları vb depo boylerin üst kısmında sıcaklık sınırı 100°C ise, kolektör devresinin geri kalanında (durgunluk esnasında) kolektör çıkışı ve genleşme tankı arasında en az 120°C sıcaklığa göre seçilmelidir. Kolektör devresi pompasının 130°C kolektör sıcaklığına ulaşıldığında durmasının ardından, yeniden çalıştırılması önleniyorsa, sözkonusu şartlar geçerlidir. Depo boylerin üst noktasında en fazla 100°C sıcaklık bulunduğunda, genleşme tankı ve kolektör girişi arasında akış yolundaki bileşenler en az 100°C sıcaklığa dayanıklı olmalıdır. Bu tankın içinde izin verilen en yüksek sıcaklık 100°C'nin üzerinde ise kolektör devresindeki (kolektör alanı dışındaki) bileşenlerin ısıl dayanımları da buna göre artırılmalıdır.
Küçük ölçekli sistemlerde beklenen sıcaklık değerlerine bağlı olarak, kolektör devresi ısı değiştiricisinin güneş enerjisi boyleri içerisinde olması durumunda düşük sıcaklık dayanım seviyeleri sözkonusu olabilir.
Durgunluk esnasında kolektör devresinden buhar çıkması istenmiyorsa, kolektör alanı dışında kalan devrede çok yüksek sıcaklıklar (150°C ve üstü) görülebilir. Bu nedenle durgunluk anında buharın oluştuğu ilk andan itibaren, kolektörlerdeki ısı taşıyıcı akışkanın tamamen ve çok hızlı olarak uzaklaştırılması sağlanmalıdır. Bu garanti edilemiyorsa, kolektör devresindeki bileşenler en az 150°C sıcaklığa göre tasarlanmalıdır. Kolektör alanı, eşanjör ve diğer bileşenler arasındaki hat çok kısa ise bu tip bir durum meydana gelir.

- **Kolektör Devresindeki Akış**

Kolektör devresi borularındaki akış hızları 0,4-0,7 m/s arasında bulunur. 1 m/s hız aşılmamalıdır. Alt kot tesisat odasında hava ayırıcı var ise, iniş borularında hız 0,4 m/s altına düşmemelidir.
Kolektör devresine, bileşenleri korumak için pislik tutucu yerleştirilmiş ise, düzenli aralıklarla kontrol edilmelidir aksi takdirde kolektör devresindeki akış engellenebilir. Filtrelere kıyasla pislik tutucular, daha az bakım ihtiyacı ve basınç kaybı yaratırlar.

2.4.6.9. Isı Yalıtımı

Boruların ve borulama sistemindeki bileşenlerin (vanalar vb) ısı yalıtımı, ısı kaybını düşük tutmak için çok dikkatlice ve boşluksuz yerleştirilmelidir. Isı köprülerinden kaçınılmalıdır. Yalıtım malzemesi kalınlığı belirlenmesinde geçerli ısı yalıtım yönetmelikleri uygulanmalıdır.

a. Malzeme

Isı yalıtımı normal işletimde 120°C sıcaklığa dayanıklı olmalı ve durgunluk sıcaklıklarında zarar görmemelidir. Isı yalıtım malzemesi bina dışında bulunan hatlar için nem toplamayacak özellikte olmalıdır. Bina içi uygulamalarda nem sorun oluşturmayacak ise, açık gözenekli malzemeler kullanılabilir.

b. Uygulama

Bina dışı montajlarda fırtına, ultraviyole ışınları ve mekanik etkilere (kuş ve farelerin verebileceği zararlar) uygun koruma sağlanmalıdır. Koruyucu kaplama, güneş enerjisi sistemi ömrü boyunca korozyon dayanımına sahip olmalıdır (yaklaşık 20 yıl). Özellikle kritik çevre koşulları (zararlı maddeler ve deniz tuzu vb etkenlerden kaynaklanan atmosferik kirlilik) malzeme seçiminde dikkate alınmalıdır. Alüminyum kılıflar tercih edilebilir. Çinko kaplı çelik saclar, genellikle gerekli dayanımı sağlamaz.

2.4.6.10. Pompalar

Güneş enerjisi sistemlerindeki pompa işletim şartları, kolektör devresi pompası hariç, ısıtma sistemlerinde kullanılan pompalar ile karşılanabilir.

Isıtma teknolojisinde kullanılan santrifüj pompalar güneş enerjisi sistemlerinde de kullanılabilir. Kolektör devresindeki özel işletim şartları nedeniyle devrenin bu kısmında pompa seçimi ayrıca yapılmalıdır.

Kolektör devresi pompaları aşağıdaki işletim şartlarına dayanıklı olmalıdır:

- Kolektör devresinde kullanılan ısı transfer akışkanları, özellikle su/glikol karışımları ve akışkandaki korozyon inhibitörlerine
- Kolektör devresinde normal işletmede beklenen ısı taşıyıcı akışkan sıcaklık aralığına
- -10°C ve 100°C sıcaklık aralığına, kısa süreli olarak 110°C sıcaklığa
- Pompanın kolektör devresindeki yerine bağlı olarak işletimde olmadığı durumda oluşabilecek uzun süreli durgunluk sıcaklıklarına (120°C)
- Çevre sıcaklığına
- Pompanın montaj yerinde oluşabilecek en yüksek basınca

Pompa kolektör alanına çok yakında ise (çatı arası uygulaması), yüksek sıcaklıklı ısı taşıyıcı akışkan durgunluk esnasında pompaya ulaşabilir. Pompanın ısıl dayanımı bu özel duruma göre ayarlanmalıdır.

Pompalar mümkünse bakım gerektirmeyen tipte, sessiz ve düşük enerji gereksinimi ve yüksek verime sahip olmalıdır.

- **Tasarım**

Pompa, kolektör devresi yapısına, borulama şekli ve boyutlandırmasına, kullanılan bileşenlere, kolektör grupları ara bağlantısına, seçilen debiye (düşük/yüksek debili akış) bağlı olarak seçilir. Sistemin hidrolik hesapları, ısı transfer akışkanının viskozitesi hidrolik dirence etkide bulunduğundan, akışkan dikkate alınarak yapılmalıdır. Kolektör devresi için hesaplanan nominal çalışma değerleri, pompa seçim kriteri olarak belirlenir.

Kademeli pompalarda bu işletim değerlerine en yüksek kapasite (en yüksek karakteristik eğri) ile işletim kademesinde ulaşılmalıdır. Pompanın nominal çalışma noktası mümkünse eğrinin orta bölümünde olmalıdır. Her iki koşul da sağlanıyorsa pompa en yüksek verimde çalışır.

Pompalar için üreticiler tarafından verilen karakteristik eğrilerin, genelde ısı taşıyıcı akışkan olarak su için verildiği dikkate alınmalıdır. Güneş enerjisi sistemlerinde kullanılan normal su/glikol karışımları, düşük sıcaklıklarda pompa değerlerini yaklaşık %10 mertebesinde düşürürler.

Pompalarda kapasite kontrolü ile elektrik maliyetleri düşürülebilir. Oransal kontrollü pompalar, istenen sıcaklıkta ve en kısa sürede kullanım suyu hazırlayacak şekilde tasarlanan sistemlerde, sistem verimi açısından faydalıdır.

Büyük ölçekli güneş enerjisi sistemlerinde pompaların bina otomasyonu ile iletişimi, sistemde işletim güvenilirliğinin artması, bakım ve gözetim gereksiniminin azalması açısından önemlidir.

2.4.6.11. Emniyet Tertibatı

Sistem tasarımı ve ekipman seçiminde basınçlı kaplar yönetmeliği mutlaka dikkate alınmalıdır.

Güneş enerjisi sisteminin güvenliği için gerekli ekipmanlar, riskleri azaltmak için 3 farklı açıdan değerlendirilmelidir:

- Arıza durumunda bileşenlerin hasar görmesini önlemek
- İnsan sağlığına zarar vermemek ya da yaralanmaları önlemek
- Çevre kirliliğini önlemek

Sistem tasarımı mevcut teknik yönetmeliklere uygun olmalıdır.

Kullanım suyu için güneş enerjisi sistemlerini tasarlarken çözülmesi gereken en önemli problemler aşağıdaki bölümde belirtilmiştir.

a. Ana Emniyet Unsurları

Kolektörlerde ısı taşıyıcı akışkanın sıcaklığı belli bir değere kadar yükselirse buhar oluşumu gerçekleşir. Bunun sonucunda yükselen sistem basıncı sınırlandırılmalıdır. Durgunluk süresinin sonunda sistemin normal işletim şartlarına otomatik olarak dönmesi sağlanmalıdır.

Emniyetli işletim sağlamak için gerekli çözümler *Tablo 2.64*'de gösterilmiştir.

Sistem emniyet unsurları	Avantajlar/dezavantajlar/notlar
Yüksek sistem basıncı Sistem, durgunluk anında bile kaynama noktasına ulaşılmayacak şekilde yüksek basınca karşı çok iyi korumalıdır.	Küçük genleşme tankı, sadece kolektör devresindeki ısı taşıyıcı akışkanın ısıl genleşmelerini almak içindir.
	Tüm kolektör devresi bileşenleri yüksek sistem basıncına uyumlu olmalıdır.
	Solar sıvı, durgunluk sıcaklıklarına dayanıklı olmalıdır.
	150°C'nin üstündeki durgunluk sıcaklıkları kolektörler için uygun değildir.
Otomatik doldurma ile toplama kabında hava tahliyesi Aşırı basınçta buhar oluşması nedeniyle emniyet ventili ile atılan solar sıvı toplanır ve basınç düştüğünde sisteme pompa ile geri gönderilir.	Küçük ölçülerde membranlı genleşme tankı seçilebilir.
	Doldurma pompası için kontrol devresi gerekir.
	Oksijen ile temas eden solar sıvı nedeniyle korozyon riski vardır.
	Emniyet ventili açıldıktan sonra yeniden güvenle kapatılamayacağı için problemlidir.
	Toplama kabında sık buhar oluşumu gerçekleşir.
Otomatik basınç sınırlaması Basınç yükseldiğinde akışkan, devreden basınç düşürme ventili ile boşaltılır ve oksijenin absorpsiyonunu diyafram ile önleyen toplama tankına boşaltılır. Basınç tekrar düşerse akışkan kolektör devresine yeniden pompa ile gönderilir.	Sistem basıncı sabittir.
	Isı taşıyıcı akışkan tarafından oksijen absorpsiyonu olmaz.
	Çok küçük genleşme tankı yeterlidir.
	Yüksek yatırım maliyetleri ve karmaşık sistem tasarımı, yüksek bakım maliyeti ve arıza olasılığı vardır.
	Ek enerji gereksinimi vardır.
Büyük genleşme tankı Kolektörlerin tüm akışkan hacmi buharlaşır. Kolektörden ve borulardan uzaklaşan hacim genleşme tankı tarafından absorbe edilir.	Basit ve düşük bakım maliyetli çözümdür.
	Genleşme tankındaki gaz basıncı ile otomatik geri besleme sağlanır.
	Çok büyük genleşme tankı gerekir.
	Membranın ısı dayanımı dikkate alınmalıdır; seri bağlı tank (soğutma tankı) gerekli olabilir.

Tablo 2.64. SİSTEM EMNİYET UNSURLARI

Membranlı genleşme tankı ve emniyet ventili tasarımı için aşağıdaki açıklamalar büyük genleşme tanklı sistemler içindir. Yüksek çalışma basınçlarına karşı koruma büyük hacimli membranlı genleşme tankı ve emniyet ventili kombinasyonu kullanımı ile sağlanır.

b. Membranlı Genleşme Tankı Tasarımı

Kolektör devresi dönüşünde oluşan düşük sıcaklık ve basınç seviyeleri nedeniyle genleşme tankı pompanın emme tarafına yerleştirilmelidir. Kolektör giriş ve çıkış hatlarında genleşen akışkanın tanka girebileceği şekilde montaj yapılmalıdır bu nedenle montaj yeri seçilirken sistemdeki çek valfler göz önünde bulundurulmalıdır.

Genleşme tankının üretici tarafından belirtilenden daha yüksek sıcaklıklara maruz kalmaması sağlanmalıdır. Membranın sıcaklık dayanımı tank için izin verilen sıcaklığın altındadır (Örnek; standard tank sıcaklık dayanımı 120°C , membran sıcaklık dayanımı 70°C; bazı durumlarda yüksek sıcaklıklar için soğutma tankları kullanılır). Isı taşıyıcı akışkanın izin verilen sıcaklığın üstüne çıkma ve basıncın tankın içine sızma riski bulunuyorsa genleşme tankının önüne seri bağlı bir tank monte edilmelidir. Bu tip seri bağlı bir tank, kolektör alanı ve genleşme tankı arasındaki boru hattındaki akışkan miktarı, genleşme tankı su alma kapasitesinin %50'sinden daha az ise tavsiye edilir.

Membranlı genleşme tankı tasarımı için gereken veriler:

- Güneş enerjisi sistemi ısı taşıyıcı akışkan içeriği
- Kolektör ısı taşıyıcı akışkan içeriği
- Genleşme tankı su hacmi
- Genleşme tankı montaj yeri ve kolektör alanındaki basınç değerleri
- Genleşme tankı ön basıncı
- Emniyet ventili açma basıncı
- Genleşme tankına giren ısı taşıyıcı akışkanın en yüksek sıcaklığı

Membranlı genleşme tankı, ısı taşıyıcı akışkanın genleşmesini, kolektör devresindeki en yüksek sıcaklığa kadar ve buhar ile yer değiştiren su hacmi kadar alır.

c. Emniyet Ventili Seçimi

Tüm genleşmeyi ve durgunluk esnasında buhar ile yer değiştiren hacmi alabilecek, büyük bir genleşme tanklı sistemde, emniyet ventili, aşırı basınç oluşmadan önce, genleşme tankı ile ilgili yanlış seçim veya uygulama halinde son emniyet görevini üstlenir. Seçim, işletim şartlarına ve yönetmeliklere uygun olmalıdır.

Emniyet ventillerinin, sistemde kontrol görevini (doldurma pompası ile bağlantılı olarak basınç sınırlaması için aç/kapa işlevi) devralması amaçlanmaz. Bu amaçla kullanılmamalıdır.

Emniyet ventili tahliye borusu, toplama kabına götürülmelidir. Bu tank, ısı taşıyıcı akışkanın deşarj borusundan dışarı atılması sırasındaki çıkış sıcaklığına dayanıklı ise, kolektör devresi boşaltılırken toplama tankı olarak kullanılabilir. Bununla birlikte montaj yerinde aşırı buhar oluşumuna (hava tahliyesi gerekebilir) ve haşlanmaya karşı koruma sağlar. Kolektör devresinde buhar oluşumu var iken tank buhar ile yer değiştiren toplam hacmi alabilmelidir.

Emniyet ventilleri için basınç verilerinde kullanılan terimlerin tanımları:

- **Açma basıncı**
  Ventil bu basınçta açılır. Bu değer vana üzerinde belirtilir (örn: 10 bar).
- **Üst açma basıncı**
  Bu basınçta ventil tam açık konumda olmalıdır. Ventil üst açma basıncı, açma basıncının %10 üstünde olacak şekilde tasarlanmalıdır (örn; 11bar).
- **Kapama basıncı**
  Bu basınçta ventil kapanmalıdır.
  Sıkıştırılabilir akışkana uygulanan kural: kapama basıncı açma basıncının %10 (kapama basıncı diferansı) altına kadar inebilir (örn; 9 bar). 6 bar veya altında işletme basınçlı ventillerde kapama basınç diferansı 0,5 bar'dır.
  Sıkıştırılamaz akışkana uygulanan kural: kapama basıncı diferansı, 3 bar ve altı işletme basınçlı uygulamalarda %20 ya da 0,6 bar.

TRD 721'e göre en büyük ısıl kapasite kW	Ventil boyutu (giriş kesit ölçüsü) DN mm	DIN 4757-1'e göre en fazla kolektör ışınım yüzeyi m^2
50	15	50
100	20	100
200	25	200
350	32	350
600	40	600
900	50	900

Tablo 2.65. EN BÜYÜK ISIL KAPASİTEYE VE KOLEKTÖR IŞINIM YÜZEYİNE BAĞLI EMNİYET VENTİLİ GİRİŞ KESİTİ

- **İzin Verilen İşletme Basıncı**
  Emniyet ventili, sistem izin verilen en yüksek basıncına ulaştığında açılacak şekilde tasarlanmalıdır. Emniyet ventili açma basıncı ve izin verilen en yüksek işletme basıncı aynı değere sahip olabilir. Açma basıncında işletme basıncının %10 üstüne kadar basınç artışına izin verilir, sistemin diğer parçalarının seçiminde bu durum dikkate alınmalıdır.

2.4.6.12. Kolektör Devresindeki Isı Taşıyıcı Akışkan

Kolektör devresindeki ısı taşıyıcı akışkan absorberde üretilen ısıyı boylere veya kullanım devresine aktarır. Isı taşıyıcı akışkanın en önemli özellikleri yüksek özgül ısıl kapasite ve düşük viskozitedir. Aynı zamanda alev almaz özellikte, toksik olmayan, düşük maliyetli olmalıdır.

Donma riski olan bölgelerde, ısı taşıyıcı akışkan kolektör devresinde (absorber, borular vb) bu riski önlemek için kullanılabilir. Bununla birlikte ısı taşıyıcı akışkana korozyon riskini önlemek için inhibitörler eklenmelidir. İnhibitörler tarafından oluşturulan koruyucu filmler, kolektör devresinde farklı metallerin eş zamanlı kullanımını mümkün kılar.

Güneş enerjisi ile kullanım suyu ısıtma sistemlerinde genellikle önceden karıştırılmış su/glikol çözeltileri, inhibitörlerin eklenmesiyle kullanılır. Propilen Glikol, gıda endüstrisine etilen glikolden daha uygundur. Isı taşıyıcı akışkan güneş enerjisi sistemlerinde kullanım için özel onaylı olmalıdır. Diğer ısı taşıyıcı akışkanlar (örn; otomobillerde kullanılan antifrizler) uygun değildir.

Kolektör devresindeki ısı taşıyıcı akışkan durgunluk esnasında çok yüksek sıcaklıklara maruz kaldığı için, sıcaklık dayanımı yüksek olmalıdır. Isı taşıyıcı akışkanın termal olarak aşırı yüklenmesi, organik asitlerin oluşması ile görülebilecek erken yaşlanmaya neden olur, pH değeri düşer (pH < 7) ve korozyon koruması sağlanamaz.

Kullanım suyu ısıtma sistemlerinde ısı taşıyıcı akışkan için en az 160°C sıcaklık dayanımı gereklidir (kaplamasız absorberli sistemlerde 90°C). Kolektör alanı, durgunluk neticesinde çok yüksek sıcaklıklara ulaşıyorsa, kolektör devresi, ısı taşıyıcı akışkan izin verilen maksimum sıcaklığı aşmadan önce tamamen buharlaştırılacak şekilde tasarlanmalıdır. Yalnızca çok küçük miktarda ısı taşıyıcı akışkanın buhar olarak çok yüksek sıcaklığa maruz kalmasına müsaade edilebilir.

Isı taşıyıcı akışkanın doldurulmasından önce kolektör devresi yıkanmalıdır. Eğer su ile yıkama yapılacak ise devre, yıkama sonrasında hemen boşaltılmalıdır ve ısı taşıyıcı akışkan ile doldurulmalıdır. Bu işlem, donma sonucunda hasara neden olabilecek az miktarda suyun devre içinde kalmasını engeller. Borulama sistemi, boşaltma sırasında sifonlarda yüksek miktarda suyun birikimini önleyecek şekilde yapılandırılmalıdır. Bu birikintiler ısı taşıyıcı akışkanın karışım oranını değiştirebilir.

Su/Glikol karışımlarının sudan daha fazla sızma özelliği olduğu için kolektör devresinin basınç testinin su ile değil ısı taşıyıcı akışkan ile yapılması tavsiye edilir.
Kolektör devresi kısmen boşaltılırsa, yeniden dolum yapılırken aynı ısı taşıyıcı akışkanın kullanılmasına (aynı ürün, aynı karışım oranı) dikkat edilmelidir. Farklı akışkanların karıştırılması önerilmez. Eğer aynı akışkan bulunamıyorsa devredeki tüm akışkanın tamamen değiştirilmesi gerekir.
Isı taşıyıcı akışkanda bulunan inhibitörlerin zamanla çözünmeleri ve yüksek sıcaklıkta özelliklerinin azalmasından dolayı, korozyon ve don koruması açısından, en fazla 3 yılda bir değiştirilmelidir. Isı taşıyıcı akışkanın durgunluk periyotlarından dolayı ısıl yüklere maruz kalması nedeniyle yılda bir defa kontrol edilmesi tavsiye edilir.

2.5. KULLANIM SUYU ISITMASI SAĞLAYAN DOĞAL DOLAŞIMLI GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ

Sistem Çalışma Prensibi
Termosifon güneş enerjisi sistemleri tamamen pasif bir çalışma prensibine dayalı olarak, herhangi bir sirkülasyon pompası veya kumanda paneli gerektirmeksizin çalışmaktadırlar. Işınım etkisiyle kolektör içerisinde bulunan ısı taşıyıcı akışkan, ısınarak yükselir ve sistemde kolektörün hemen üzerinde bulunan boylere doğru ilerler. Boyler sıcak su için bir depolama hacmi oluşturmaktadır. Güneşin olmadığı dönemlerde ise ışınım ve dolayısı ile kolektörde ısınma olmadığı için sirkülasyon durur. Bu temel prensibe dayalı açık ve kapalı devre doğal dolaşımlı güneş enerjisi sistemleri farklı yapı ve özelliklerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu bölümde açık ve kapalı devre sistemler farklı açılardan incelenecektir.

2.5.1. AÇIK DEVRE DOĞAL DOLAŞIMLI SİSTEMLER

Bu sistemler kullanım suyunun kolektör ve boyler hacmi içerisinde herhangi bir ikinci devre olmaksızın doğrudan dolaştığı basit bir tasarıma sahiptirler. Üretim maliyetlerinin düşük olması, bu sistemlerin yaygın olarak kullanımına neden olmaktadır. Açık devreli sistemler basınçlı ve basınçsız olmak üzere iki alt başlıkta incelenebilir. Hijyen açısından bakıldığında ve sistem ömrü değerlendirildiğinde kapalı devre sistemlerin tercih edilmesi tavsiye edilmektedir.

2.5.1.1. Basınçsız Açık Devre Sistemler

Bu tip sistemlerde şebeke suyu basınçsız olarak boylerde depolanır ve doğal dolaşım ile kolektör-boyler arasında sirküle olur. Basınçsız işletim sonucu sistem tamamen atmosfere açıktır, bu nedenle hijyen eksikliği, kirlilik ve korozyona bağlı işletim sorunları ortaya çıkmaktadır. Şebeke suyunun yüksek sıcaklıktaki kolektör içerisinde dolaşması sonucu sadece dış hava etkenleri değil, su ile birlikte gelen klor, kireç vb olumsuz etkenler de sistemi olumsuz etkilemektedir. Bu da çok kısa süre içerisinde sistem verimliliğini düşürmektedir. Bu sistemler daha çok dik tip ya da çift depolu olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda vakum tüplü sistemler de yaygınlaşmaya başlamıştır. Sistemde donma riski nedeniyle soğuk bölgelerde kullanımı risklidir. Bu sistemlerde kullanım suyu devresinin basınçsız olmasından dolayı kullanımda soğuk ve sıcak su arasında basınç farkı hissedilir, bu da konforu olumsuz etkiler.

2.5.1.2. Basınçlı Açık Devre Sistemler

Bu tip sistemlerde şebeke suyu basınçlı olarak kolektör ve boylerde depolanır, doğal dolaşım yoluyla kolektör-boyler arasında sirküle eder. Sistem atmosfere açık değildir ve basınç altında olduğu için kullanım suyu devresinde yüksek sıcaklıkta oluşan genleşmeleri ve basınç artışlarını kontrol altında tutabilmek için emniyet ventili kullanılmalıdır. Tüm ekipmanlar söz konusu işletme basıncına dayanıklı olarak tasarlanmak zorundadır. Özellikle boyler yapısı büyük önem taşımaktadır. Şebeke suyunun yüksek sıcaklıktaki kolektör içerisinde dolaşması nedeniyle klor, kireç vb şebeke suyunda bulunan ve devreye zamanla zarar verebilecek maddeler sisteme girmektedir. Bu da çok kısa süre içerisinde sistem verimliliğini düşürmektedir. Bu sistemler genellikle tek ve yatık tip boylerli olarak kullanılmaktadır. Sistemde donma riski nedeniyle soğuk bölgelerde kullanımı risklidir.

2.5.2. KAPALI DEVRE SİSTEMLER

2.5.2.1. Her İki Devresi Basınçsız Kapalı Devre Sistemler

Bu sistemler her iki devresinde basınçsız işletim dolayısıyla düşük ekipman maliyeti ve kolay üretim avantajına sahiptirler. Kullanım suyu ve güneş enerjisi devresinin ayrı olması sayesinde bu sistemlerde şebeke suyu içerisindeki klor ve kireç etkisiyle verim kaybı açık sistemlere nazaran daha geç olmaktadır. Ancak basınçsız işletim sonucu her iki devre de tamamen atmosfere açıktır, bu nedenle hijyen eksikliği, dış hava etkileri ile kirlilik ve korozyona bağlı işletim sorunları ortaya çıkmaktadır. Her iki devresinde buharlaşma ile gerçekleşen su veya akışkan kayıpları sürekli taze su girişine neden olmaktadır. Antifriz kullanımında buharlaşma ile değişen derişim, sistemi don riskine karşı korumayı zorlaştırmaktadır. Bu sistemlerde kullanım suyu devresinin basınçsız olmasından dolayı kullanımda soğuk ve sıcak su arasında basınç farkı hissedilir, bu da konforu olumsuz etkiler.

2.5.2.2. Kullanım Suyu Devresi Basınçlı Kapalı Devre Sistemler

Bu sistemler basınçlı işletim dolayısıyla, kullanım suyu devresinde dış hava etkilerine maruz kalmadıkları için hijyen açısından en düşük riski taşırlar. Güneş enerjisi



Şekil 2.66. DOĞAL DOLAŞIMLI SİSTEM TİPLERİ PRENSİP ŞEMALARI

devresindeki basınçsız işletim, dış hava etkileri ile kirlilik ve korozyona bağlı işletim sorunları ortaya çıkarmaktadır. Buharlaşma ile gerçekleşen su veya akışkan kayıpları sürekli taze su girişine neden olmaktadır. Antifriz kullanımında buharlaşma ile değişen derişim, sistemi don riskine karşı korumayı zorlaştırmaktadır. Kullanım suyu devresinde emniyet ventili kullanımı gereklidir.

2.5.2.3. Her İki Devresi Basınçlı Kapalı Devre Sistemler

Doğal dolaşımlı sistemler içerisinde hijyen, verimlilik, dayanım, uzun ömür, donmaya karşı koruma gibi özellikleri ile en ideal çözümü sunmaktadırlar. Her iki devresinin basınçlı olması sayesinde, bu sistem kullanım suyu konforu, antifriz kullanım imkanı ve sorunsuz işletim özelliğine sahiptir. Dış hava ile temas nedeniyle oluşan kirlilik ve hijyen sorunları bu sistemde en aza indirgenmiştir. Yüksek basınçlı işletim dolayısı ile kullanılan tüm ekipmanlar sözkonusu basınçlara dayanıklı olmalıdır.



Şekil 2.67. DOĞAL DOLAŞIMLI KAPALI DEVRE GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİ ÜRÜN ÖRNEĞİ



Şekil 2.68A. TERMOSİFON TİP GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİ UYGULAMA ÖRNEĞİ



2.68B. TERMOSİFON TİP GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİ UYGULAMA ÖRNEĞİ



2.68C. KAPALI DEVRE CEBRİ SİRKÜLASYONLU GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİ UYGULAMA ÖRNEĞİ

Her iki devrede emniyet ventili kullanımı gereklidir. Güneş enerjisi devresinde genleşme tankı gereklidir. Çok düşük buharlaşma nedeniyle, ısı taşıyıcı akışkan kaybının yarattığı besleme gerekliliği azaldığından bu devrede gerçekleşebilecek kirlilik ve korozyon en düşük seviyededir.

2.6. KULLANIM SUYU ISITMASI, MAHAL ISITMA DESTEĞİ VE YÜZME HAVUZU ISITMASINA YÖNELİK CEBRİ SİRKÜLASYONLU GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ İÇİN ÜRÜN TEKNOLOJİLERİ

2.6.1. SİSTEM BİLEŞENLERİ

2.6.1.1. Güneş Kolektörleri

a. Yarı Seçici Absorber Yüzeyli Düzlemsel Kolektörler

- **Temel Özellikler ve Farklılıklar**
  - Uygun fiyat/performans oranı
  - Dayanıklı ve yarı seçici absorber yüzeyi ile kullanım suyuna yönelik tasarım
  - Çok düşük su hacmi sayesinde kısa tepkime süreleri
  - TÜV testinden geçmiş bağlantı tekniği
  - Alet gerektirmeyen hızlı kolektör bağlantısı
  - 41 kg'lık düşük ağırlığıyla kolay taşınabilme ve montaj imkanı
  - Yüksek ışınım değerlerine sahip bölgelerde kullanıma uygun
  - Şerit absorber yapısı sayesinde, sistemin çalışmadığı durumlarda çok iyi yüksek sıcaklık dayanımı ve ısı taşıyıcı akışkanın özelliğinin korunumu.
  - Solar Keymark belgesi
- **Bileşenlerin Yapısı ve İşlevleri**

Yarı seçici absorber yüzeyli düzlemsel kolektörlerin gövdesi hafif, dayanıklı (GFK) cam elyaf katkılı malzemeden yapılmıştır. Bu sayede gövdeden gerçekleşen ısı kayıpları en aza indirgenmiştir. Arka kapama parçası olarak 0,6 mm kalınlığında, Al-Zn kaplı çelik saç kullanılmıştır. Kolektörler 3,2 mm kalınlığında güvenlik camına sahiptir. Düşük demir oranlı, yansıtma özelliği yok edilmiş dökme cam, yüksek ışık geçirgenliğine (%86 geçirgenlik oranı) sahiptir ve yük dayanımı (kar,dolu vb) çok yüksektir.

55 mm kalınlığındaki cam yünü, çok iyi ısı yalıtımı ve dolayısıyla yüksek verim sağlar. Yüksek sıcaklıklara dayanım ve gaz yaymama özelliğine sahiptir.

Absorber yüzey, yarı seçici solar cila kaplamalı şeritlerden oluşmaktadır. Çok iyi bir ısı geçişi sağlayabilmek için absorber, boru grubuna ultrasonik olarak kaynak-

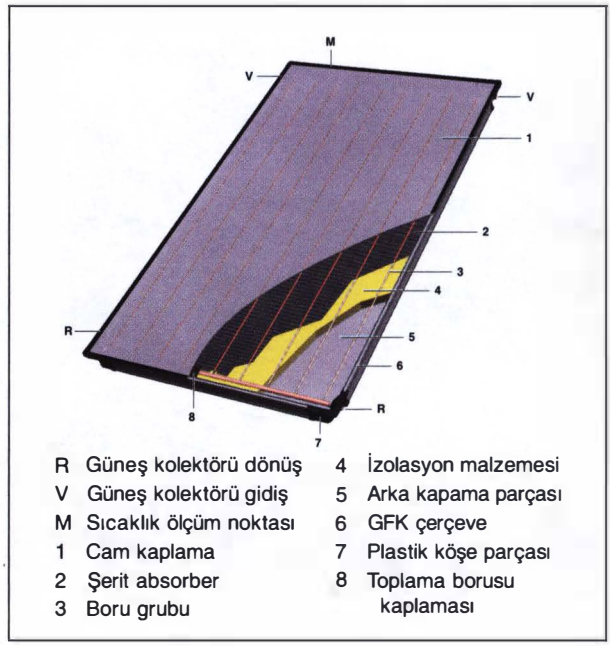
lanmıştır. Kolektörde kolay ve hızlı hidrolik bağlantı için dört adet bağlantı ağzı mevcuttur. Bağlantı parçaları alet gerektirmeden yaylı bant kelepçeler kullanılarak monte edilebilmektedir. Bu bağlantı parçaları kolektöre bağlanmış durumda 170°C'ye kadar olan sıcaklıklara ve 6 bara kadar olan basınçlara dayanıklıdır.

b. Seçici Absorber Yüzeyli Düzlemsel Kolektörler

- **Temel Özellikler ve Farklılıklar**
  - Uygun fiyat/performans oranı
  - Dayanıklı ve yüksek seçiciliğe sahip siyah krom kaplama sayesinde, sürekli yüksek güneş enerjisi kazancı



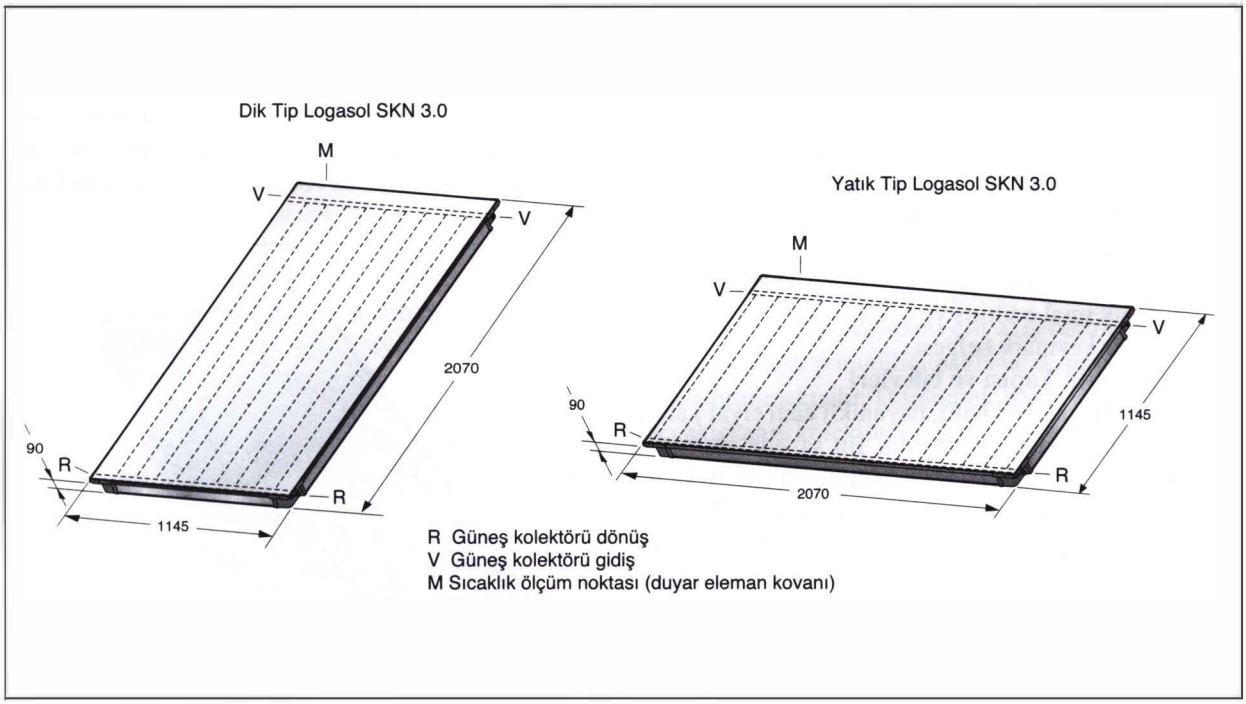
Şekil 2.69. LOGASOL SKE 2.0 YARI SEÇİCİ ABSORBER YÜZEYLİ DÜZLEMSEL GÜNEŞ KOLEKTÖRLERİNİN BOYUTLARI
(ölçüler mm'dir.)



Şekil 2.71. LOGASOL SKN 3.0 SEÇİCİ ABSORBER YÜZEYLİ DÜZLEMSEL GÜNEŞ KOLEKTÖRÜ YAPISI

Yarı Seçicl Absorber Yüzeyli Düzlemsel Güneş Kolektörü			
Tip		**Dik**	
Brüt absorber yüzey alanı		m^2	2,37
Işınım alanı		m^2	2,26
Absorber alanı		m^2	2,23
Absorber su hacmi		l	0,86
Seçicilik	Absorpsiyon oranı	%	92±2
	Emisyon oranı	%	30±2
Ağırlık		kg	41
Verim	η_o	%	64,8
Etkin ısı transfer katsayısı	k1	$W/(m^2.K)$	4,76
	k2	$W/(m^2.K^2)$	0,01
Isıl kapasite	c	$KJ/(m^2.K)$	2,96
Güneş ışınımı geliş açısı düzeitme faktörü	$K^{doğ}$ (50°)	0,93	
	K^{yay}	0,9	
Anma debisi	$\dot{V}$	l/h	50
Durgunluk sıcaklığı		°C	163
En yüksek çalışma basıncı (test basıncı)		bar	6

Tablo 2.70. LOGASOL SKE 2.0 YARI SEÇİCİ ABSORBER YÜZEYLİ DÜZLEMSEL GÜNEŞ KOLEKTÖRLERİNİN TEKNİK ÖZELLİKLERİ



Şekil 2.72. LOGASOL SKN 3.0 SEÇİCİ ABSORBER YÜZEYLİ DÜZLEMSEL GÜNEŞ KOLEKTÖRLERİNİN BOYUTLARI (ölçüler mm'dir.)

Seçici Absorber Yüzeyli Düzlemsel Güneş Kolektörü				
Tip			**Dik**	**Yatık**
Brüt absorber yüzey alanı		m^2	2,37	2,37
Işınım alanı		m^2	2,26	2,26
Absorber alanı		m^2	2,23	2,23
Absorber su hacmi		l	0,86	1,25
Seçicilik	Absorpsiyon oranı	%	95±2	
	Emisyon oranı	%	12±2	
Ağırlık		kg	41	42
Verim	η_o	%	77	
Etkin ısı transfer katsayısı	k1	$W/(m^2.K)$	3,68	
	k2	$W/(m^2.K^2)$	0,02	
Isıl kapasite	c	$KJ/(m^2.K)$	2,96	
Güneş ışınımı geliş açısı düzeitme faktörü	$K^{doğ}$ (50°)		0,91	
	K^{yay}		0,9	
Anma debisi	$\dot{V}$	l/h	50	
Durgunluk sıcaklığı		°C	188	
En yüksek çalışma basıncı (test basıncı)		bar	6	
En yüksek çalışma sıcaklığı		°C	120	
Kolektör enerji kazancı (Garanti edilen min. enerji kapasitesi 525 kWh/(m^2.yıl)/dır)[1)]			> 525	
DIN kayıt numarası			011-75050F	

Tablo 2.73. LOGASOL SKN 3.0 SEÇİCİ ABSORBER YÜZEYLİ DÜZLEMSEL GÜNEŞ KOLEKTÖRLERİNİN TEKNİK ÖZELLİKLERİ

1) Würzburg şehrinde %40 sabit karşılama oranı ve günlük 200 litre sıcak kullanım suyu tüketimi için DIN EN 12975'e göre garanti edilen enerji kapasitesi.

- TÜV testinden geçmiş bağlantı tekniği
- Alet gerektirmeyen hızlı kolektör bağlantısı
- 42 kg'lık düşük ağırlığıyla kolay taşınabilme ve montaj imkanı
- Şerit absorber yapısı sayesinde sistemin çalışmadığı durumlarda (durgunluk) çok iyi yüksek sıcaklık dayanımı ve ısı taşıyıcı akışkanın özelliğinin korunumu
- Geri dönüşümlü malzemelerden az enerji harcanarak imal edilmiş ve çevre dostu
- Solar keymark belgesi

• **Bileşenlerin Yapısı ve İşlevleri**

Kolektörlerin gövdesi hafif, dayanıklı cam elyaf katkılı (GFK) malzemeden yapılmıştır. Bu sayede gövdeden gerçekleşen ısı kayıpları en aza indirgenmiştir. Arka kapama parçası olarak 0,6 mm kalınlığında, Al-Zn kaplı çelik sac kullanılmıştır. Kolektörler 3,2 mm kalınlığında emniyet camına sahiptir. Düşük demir oranlı , dokulu, yansıtma özelliği yok edilmiş dökme cam yüksek ışık geçirgenliğine (%92 geçirgenlik oranı) sahiptir ve yük dayanımı (kar, dolu vb) çok yüksektir.

55 mm kalınlığındaki cam yünü, çok iyi ısı yalıtımı, dolayısıyla yüksek verim sağlar. Yüksek sıcaklıklara dayanım ve gaz yaymama özelliğine sahiptir.

Absorber yüzey, yüksek seçiciliğe sahip siyah krom kaplamalı şeritlerden oluşmaktadır. Çok iyi bir ısı geçişi sağlayabilmek için absorber, boru grubuna ultrasonik olarak kaynaklanmıştır. Logasol kolektörde kolay ve hızlı hidrolik bağlantı için dört adet bağlantı ağzı mevcuttur. Bağlantı parçaları alet gerektirmeden, yaylı bant kelepçeler kullanılarak monte edilebilmektedir. Bu bağlantı parçaları kolektöre bağlanmış durumda 170°C'ye kadar olan sıcaklıklara ve 6 bara kadar olan basınçlara dayanıklıdır.

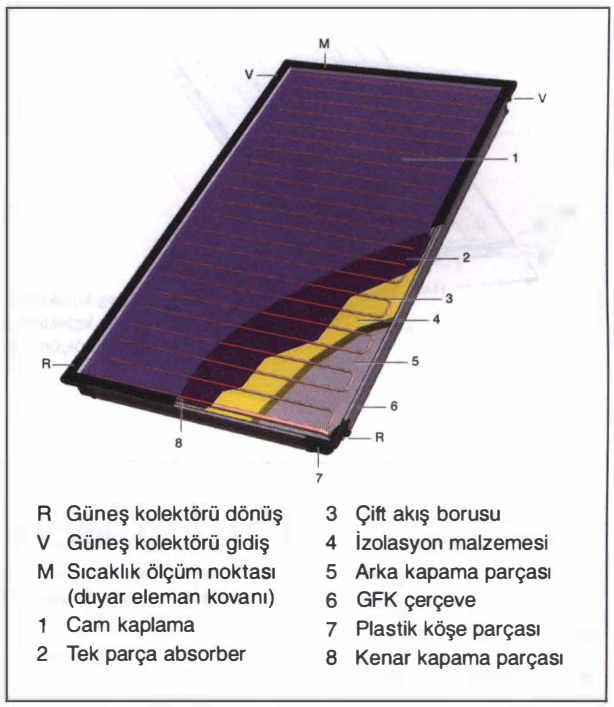
c. Asal Gaz Dolgulu Yüksek Verimli Düzlemsel Kolektörler

• **Temel Özellikler ve Farklılıklar**

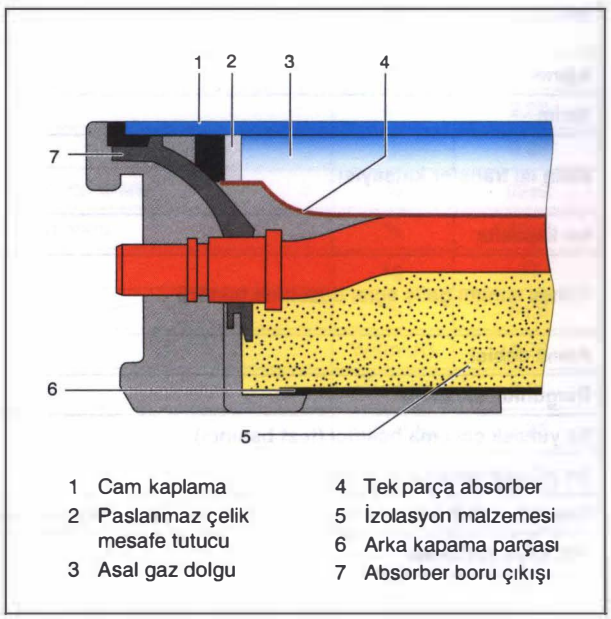
- Çok yüksek verim değerleri
- Cam ve absorber arasındaki asal gaz dolgusu ile düşük ısı kayıpları
- Tam sızdırmazlık sağlayan hermetik yapı sayesinde, absorber kaplamanın, toz, nem ve havadaki zararlı maddelere karşı sürekli korunumu
- Kısa tepkime süreleri
- Çok iyi ısı yalıtımı
- Vakum altında kaplanmış ve çift akış borulu yüksek verimli tek parça absorber
- Beş kolektöre kadar tek taraftan bağlantı imkanı
- Çok yüksek sıcaklık dayanımı
- Alet gerektirmeyen hızlı kolektör bağlantısı
- Solar Keymark belgesi

• **Bileşenlerin Yapısı ve İşlevleri**

Asal gaz dolgulu yüksek verimli düzlemsel kolektörlerin gövdesi hafif, dayanıklı cam elyaf katkılı (GFK) malzemeden yapılmıştır. Bu sayede gövdeden gerçekleşen ısı kayıpları en aza indirgenmiştir. Arka kapama parçası olarak 0,6 mm kalınlığında, Al-Zn kaplı çelik sac kullanılmıştır. 3,2 mm kalınlığında emniyet camına sahiptir. Düşük demir oranlı hafif, özel dokulu dökme cam, yüksek ışık geçirgenliğine (%92 geçirgenlik oranı) sahip olup yük (kar,dolu vb) dayanımı çok yüksektir.



Şekil 2.74. LOGASOL SKS 4.0 ASAL GAZ DOLGULU YÜKSEK VERİMLİ DÜZLEMSEL GÜNEŞ KOLEKTÖRÜ YAPISI



Şekil 2.75. LOGASOL SKS 4.0 ASAL GAZ DOLGULU YÜKSEK VERİMLİ DÜZLEMSEL GÜNEŞ KOLEKTÖRÜ KESİT GÖRÜNÜŞÜ

55 mm kalınlığındaki cam yünü, çok iyi bir ısı yalıtımı, dolayısıyla yüksek verim sağlar ve yüksek sıcaklıklara dayanım özelliğine sahiptir.

Bakır absorber yüzeye, vakum altında yüksek seçiciliğe sahip bir kaplama uygulanmıştır. Alt taraftaki çift akış özellikli borular, çok iyi bir ısı geçişi sağlayabilmek için, absorbere ultrasonik olarak kaynaklanmıştır.

- **Asal Gaz Dolgusu**

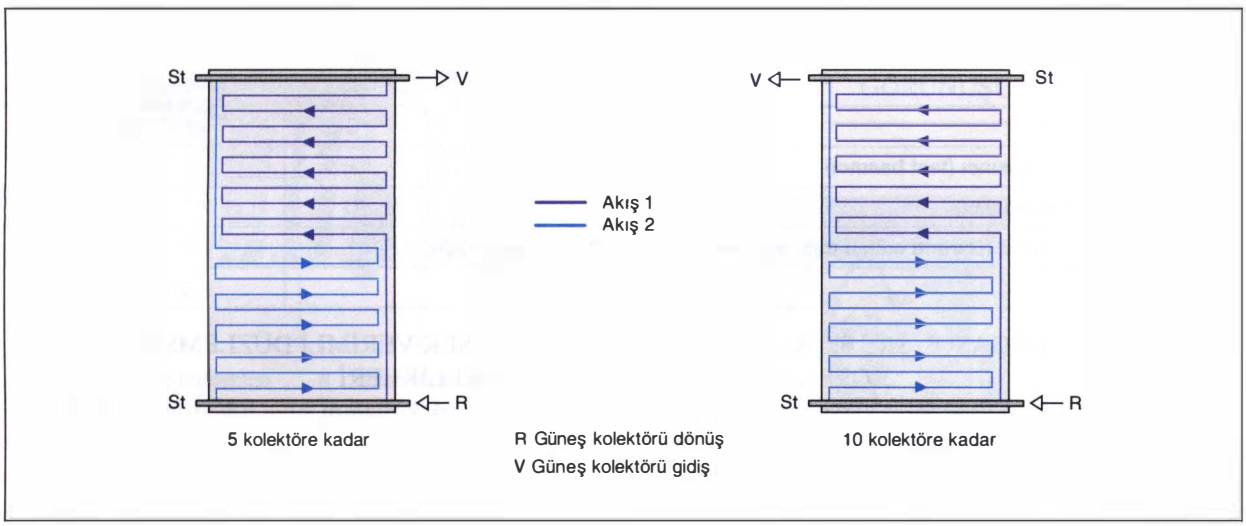
Absorber ile cam arasındaki asal gaz dolgusu ısı kayıplarını azaltmaktadır. Kapalı hacim, ısı koruma camlarında olduğu gibi ağır, konveksiyonu engelleyen bir asal gaz ile doldurulmuştur.

Hermetik yapı sayesinde absorber kaplaması nemli hava, toz veya zararlı maddeler gibi çevre etkilerine karşı da korunmaktadır. Böylelikle kolektörün ömrü uzamakta ve yüksek verim değeri uzun yıllar korunmaktadır.

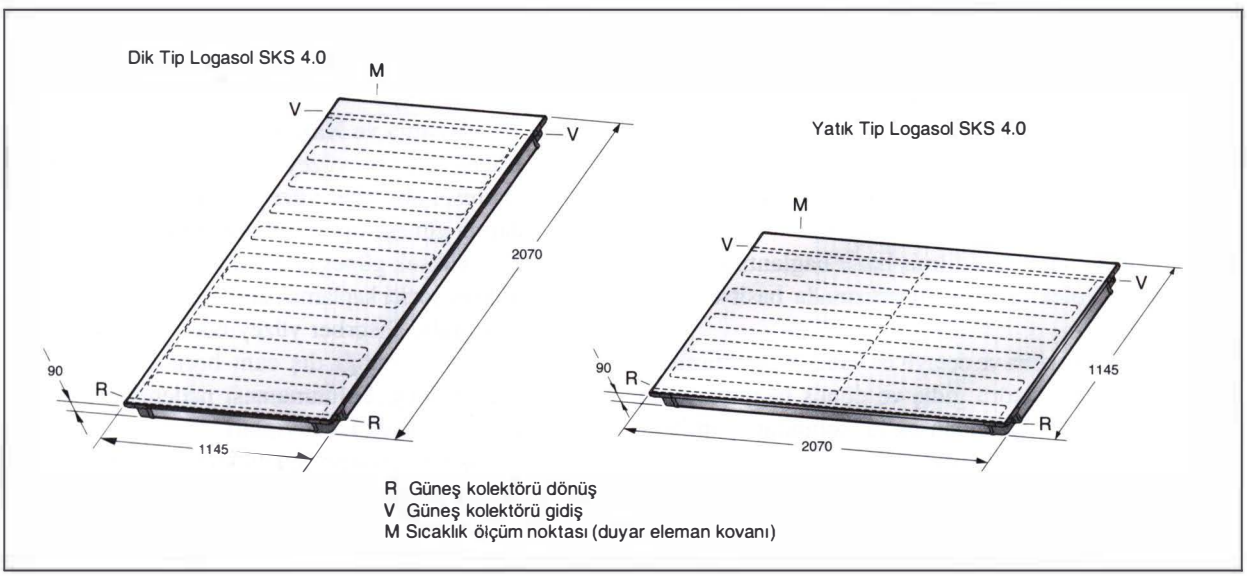
- **Çift Akış Borulu Absorber**

Absorberin çift akış borulu yapısı, beş adede kadar kolektör ile oluşturulan bir grupta, kolektör hidrolik bağlantılarının aynı taraftan yapılabilmesi imkanı yaratarak, montaj kolaylığı sağlamaktadır. Daha fazla sayıda kolektör bulunan sıralarda homojen bir akış sağlamak için çapraz bağlantı yapılabilir.

Absorberin çift akış borulu yapısı yüksek kolektör verimi sağlar, çünkü, kolektör geçişi boyunca akış daima türbülanslıdır. Kolektördeki çift akış borulu yapı sayesinde, akışların paralelliği sağlanarak basınç kaybı da düşük tutulmaktadır. Durgunluk halinde sıcak ısı taşıyıcı akışkanın kolektörden hızlı bir şekilde kaçabilmesi için kolektörün dönüş toplama hattı alt tarafa yerleştirilmiştir.



Şekil 2.76. LOGASOL SKS 4.0 ASAL GAZ DOLGULU YÜKSEK VERİMLİ DÜZLEMSEL GÜNEŞ KOLEKTÖRÜ ÇİFT AKIŞ BORULU ABSORBER YAPISI VE BAĞLANTISI



Şekil 2.77. LOGASOL SKS 4.0 ASAL GAZ DOLGULU YÜKSEK VERİMLİ DÜZLEMSEL GÜNEŞ KOLEKTÖRÜ BOYUTLARI (ölçüler mm'dir.)

Asal Gaz Dolgulu Yüksek Verimli Düzlemsel Güneş Kolektörü				
Tip			**Dik**	**Yatık**
Brüt absorber yüzey alanı		m^2	2,37	2,37
Işınım alanı		m^2	2,1	2,1
Absorber alanı		m^2	2,1	2,1
Absorber su hacmi		l	1,43	1,76
Seçicilik	Absorpsiyon oranı	%	95±2	
	Emisyon oranı	%	5±2	
Ağırlık		kg	46	47
Verim	η_o	%	85,1	
Etkin ısı transfer katsayısı	k1	$W/(m^2.K)$	4,04	
	k2	$W/(m^2.K^2)$	0,02	
Isıl kapasite	c	$KJ/(m^2.K)$	4,82	
Güneş ışınımı geliş açısı düzeltme faktörü	$K^{doğ}$ (50°)		0,95	
	K^{yay}		0,90	
Anma debisi	$\dot{V}$	l/h	50	
Durgunluk sıcaklığı		°C	204	
En yüksek çalışma basıncı (test basıncı)		bar	10	
En yüksek çalışma sıcaklığı		°C	120	
Kolektör enerji kazancı (Garanti edilen min. enerji kapasitesi 525 kWh/(m².yıl)/dır) [1]			> 525	
DIN kayıt numarası			011-75052F	

Tablo 2.78. LOGASOL SKS 4.0 ASAL GAZ DOLGULU YÜKSEK VERİMLİ DÜZLEMSEL GÜNEŞ KOLEKTÖRLERİNİN TEKNİK ÖZELLİKLERİ

1)Würzburg şehrinde %40 sabit karşılama oranı ve günlük 200 litre sıcak kullanım suyu tüketimi için DIN EN 12975'e göre garanti edilen enerji kapasitesi.

d. Vakum Borulu Kolektörler

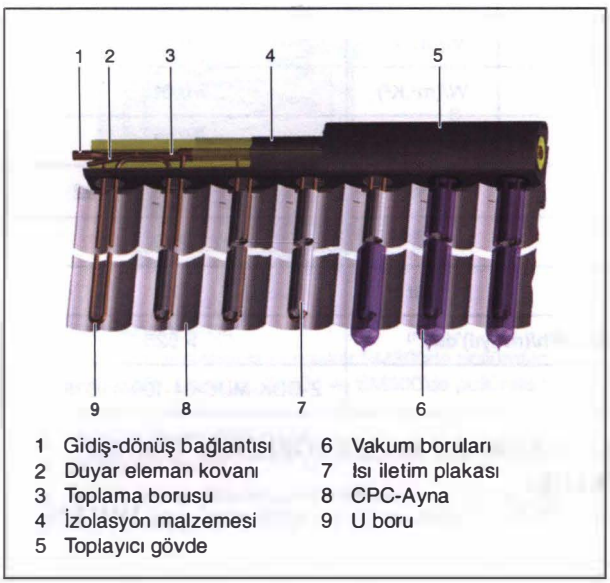
- **Temel Özellikler ve Farklılıklar**
  - Eğik ve düz çatıya , açık alana ve bina cephelerine montaja uygunluk
  - Kullanım suyu ısıtması, mahal ısıtma desteği ve havuz suyu ısıtması için kullanılabilme imkanı
  - 6 veya 12 borulu kolektör modülleri ile tasarım esnekliği
  - Mükemmel tasarım
  - Basit, esnek çatı üstü ve düz çatı montaj setleri sayesinde kısa montaj süreleri
  - Önceden monte edilmiş hazır bağlantılar ile yan yana kolektör sayısını artırmada basit bağlantı tekniği
  - İlave borulama ve detaylı ısı yalıtımı gerektirmeme
  - Güneş kolektörü gidiş ve dönüş bağlantılarının kolektörün sağından veya solundan yapılabilmesi imkanı (opsiyonel).
  - Tüplerin solar devre boşaltılmadan değiştirilebilmesi "Kuru Bağlantı"
  - Sıkıştırma halkası ile kolay hidrolik bağlantılar
  - Yüksek kaliteli, korozyona dayanıklı malzemelerin (korozyona dayanıklı kalın duvarlı borosilikat-cam, bakır ve antikorozif kaplamalı alüminyum) kullanılması ve vakum borularının güneş enerjisi devresine "kuru bağlantısı" sayesinde yüksek işletim emniyeti ve uzun ömür
  - Borularda sürekli vakum sızdırmazlığı (tüm bağlantılar cam-cam şeklindedir, cam-metal geçişi yoktur.)
- **Enerji Kazancı ve Kapasite**
  - Küçük kolektör yüzeyi ile yüksek enerji kazancı
  - Dairesel absorber yüzey sayesinde her borunun daima güneşe optimum yönelimi
  - Çok yüksek güneş enerjisi karşılama oranları
  - Yüksek seçici kaplamalı absorber ile yüksek verim
  - Vakumda, absorber yüzeyinden atmosfer koşullarının etkilediği dış cam borulara ısı transfer edecek hava bulunmaması nedeniyle kolektörden çok düşük ısı kayıpları
  - Isı taşıyıcı akışkanın, kolektörde herhangi bir ısı değiştiricisinden geçmeksizin, doğrudan borular içinde dolaştırılması
  - Değişik ışınım açılarında hem doğrudan, hem de yayılı gelen güneş ışınımının, dairesel absorber tarafından verimli şekilde toplanması

- Vakum borulardan doğrudan akış ve CPC-ayna ile yüksek enerji kazancı
- Vakum ile sağlanan çok iyi ısı yalıtımı ile kışın ve zayıf ışınım durumunda dahi yüksek verim

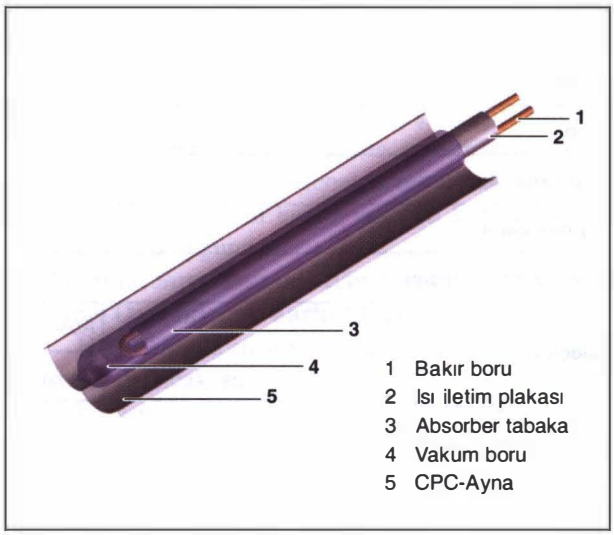
- **Toplayıcı Gövde ve Isı Transfer Ünitesi**

Toplayıcı gövde içinde yalıtılmış toplama ve dağıtım boruları bulunmaktadır. Her vakumlu boruda, içinde doğrudan akış olan ve her vakum borusunun aynı hidrolik dirence sahip olmasını sağlayabilecek şekilde toplama ve dağıtım borusuna bağlanan bir U boru bulunmaktadır. Bu U boru, ısı iletim plakası ile vakum boruların iç tarafına preslenmiştir.

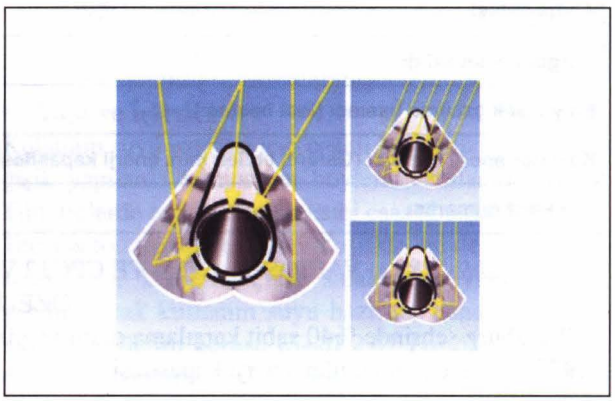
Gidiş ve dönüş bağlantısı soldan veya sağdan yapılabilmektedir (opsiyonel).



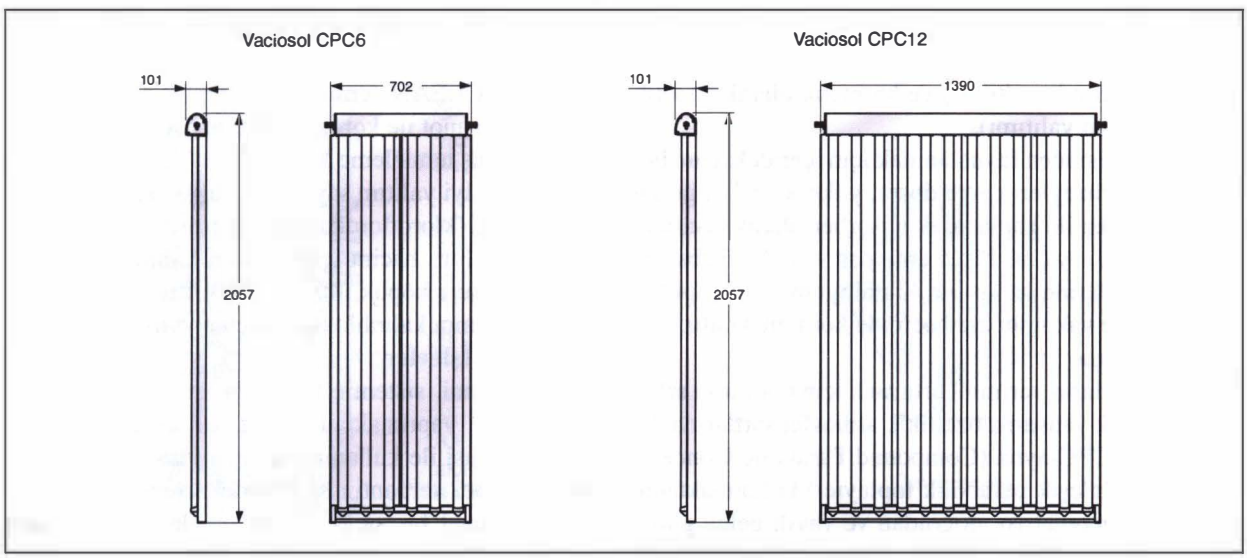
Şekil 2.79. VACIOSOL CPC12 VAKUM BORULU KOLEKTÖRLERİN YAPISI



Şekil 2.80. VACIOSOL CPC6 VE CPC12 VAKUM BORULU KOLEKTÖR VAKUM BORUSU KESİT GÖRÜNÜŞÜ



Şekil 2.81. VACIOSOL CPC6 VE CPC12 VAKUM BORULU KOLEKTÖR CPC-AYNASI



Şekil 2.82. VACIOSOL CPC6 VE CPC12 VAKUM BORULU KOLEKTÖRLERİN BOYUTLARI (ölçüler mm'dir.)

Vakum Borulu Kolektörler				
Vakum boruların sayısı			**CPC6**	**CPC12**
Tip			**Dik**	
Kolektör alanı (brüt)		m^2	1,43	2,82
Işınım alanı		m^2	1,28	2,56
Absorber su hacmi		l	0,97	1,91
Seçicilik	Absorpsiyon oranı	%	>95	
	Emisyon oranı	%	<5	
Ağırlık		kg	24	46
Verim	η_o	%	66,5	
Etkin ısı transfer katsayısı	k1	$W/(m^2.K)$	0,72	
	k2	$W/(m^2.K^2)$	0,01	
Isıl kapasite	c	$KJ/(m^2.K)$	7,97	
Anma debisi	$\dot{V}$	l/h	46	92
Durgunluk sıcaklığı		°C	295	
En yüksek çalışma basıncı (test basıncı)		bar	10	
Kolektör enerji kazancı (Garanti edilen min. enerji kapasitesi 525 kWh/(m^2.yıl)'dır) [1]			> 525	
DIN kayıt numarası			Z-DDK-MUC-04-100029919-005	

Tablo 2.83. VACIOSOL CPC6 VE CPC12 VAKUM BORULU KOLEKTÖRLERİN TEKNİK ÖZELLİKLERİ

1) Würzburg şehrinde %40 sabit karşılama oranı ve günlük 200 l kullanım sıcak suyu tüketimi için DIN EN 12975'e göre garanti edilen enerji kapasitesi.

- **Vakum Borular**

Vakum borular geometri ve kapasite bakımından optimize edilmiştir. Borular, bir tarafta her biri yarım küre şeklinde kapalı ve diğer tarafta birbirine kaynamış olan eşmerkezli iki cam borudan yapılmıştır. Borular arasındaki ara hacim boşaltılmış ve hermetik olarak kapatılmıştır (vakum yalıtımı).

Güneş enerjisinden faydalanmak için içerideki cam boruların dış yüzeyleri çevre dostu, yüksek seçiciliğe sahip bir tabaka ile kaplanarak absorber olarak tasarlanmıştır. Bu yüzey çok düşük emisyon ve çok iyi absorpsiyon değerlerine sahip bir Alüminyum Nitrit Sputter tabakadır ve vakumlu ara hacimde korunmaktadır.

- **CPC-Ayna**

Vakum boruların verimini artırmak için boruların arkasında yüksek yansıtma özellikli, atmosfer şartlarına dayanıklı bir CPC-ayna (Compound Parabolic Concentrator - Bütünleşik parabolik toplayıcı) bulunmaktadır. Özel ayna geometrisi, doğrudan ve yayılı gelen güneş ışınımının en olumsuz güneş ışınımı açılarında dahi absorbere gelmesini sağlamaktadır. Bu, güneş kolektörünün enerji kazancını oldukça iyileştirmektedir.

2.6.1.2. Güneş Enerjisi Boylerleri

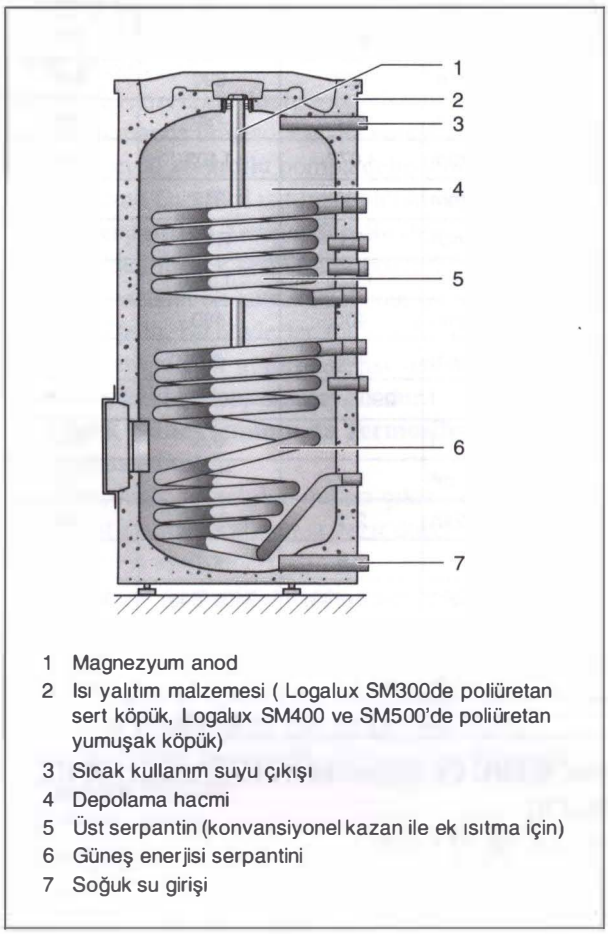
a. Kullanım Suyu Isıtması İçin Çift Serpantinli Boyler

- **Temel Özellikler ve Farklılıklar**
  - Çift serpantinli boyler
  - duoCLEAN termoglasür kaplama ve magnezyum anot ile korozyon koruması
  - Geniş temizleme kapağı
  - Çok iyi yalıtım sayesinde düşük ısı kayıpları
  - CFC (kloroflorokarbon) içermeyen ısı yalıtımı. 300 litre hacim için 50 mm kalınlıkta poliüretan sert köpük, 400 ve 500 litre hacimler için 100 mm kalınlıkta poliüretan yumuşak köpük
- **Yapı ve İşlevler**

Boyler seçimi, sistemin kullanım amacına ve kapasitesine göre yapılmaktadır. Çift serpantinli boylerler güneş enerjisi ile kullanım suyu ısıtması için tasarlanmıştır. İkinci serpantin sayesinde gereksinim halinde konvansiyonel bir sıcak su kazanı ile kullanım suyu ısıtmasına destek vermek mümkündür.

Çift serpantinli boylerdeki büyük yüzeyli güneş enerjisi serpantini sayesinde çok iyi bir ısı transferi sağlanmak-

ta ve böylelikle güneş enerjisi devresinde gidiş ve dönüş arasında yüksek sıcaklık farkı oluşturulmaktadır. Güneş ışınımının düşük olduğu zamanlarda sürekli sıcak su sağlamak için tasarlanmış olan ikinci serpantin, boylerin üst kısmına yerleştirilmiştir. Bu serpantin sayesinde konvansiyonel bir kazan ile boyler ısıtmasına destek yapmak mümkündür. Önceden kurulmuş boylerli ısıtma sistemlerinde ilave güneş enerjisi boyleri olarak tek serpantinli boylerler de aynı mantıkla kullanılabilir. Ek ısıtma için, genelde duvar veya yer tipi gaz, sıvı ve katı yakıtlı kazan veya bu kazanların bir kombinasyonu uygundur.



1 Magnezyum anod
2 Isı yalıtım malzemesi (Logalux SM300de poliüretan sert köpük, Logalux SM400 ve SM500'de poliüretan yumuşak köpük)
3 Sıcak kullanım suyu çıkışı
4 Depolama hacmi
5 Üst serpantin (konvansiyonel kazan ile ek ısıtma için)
6 Güneş enerjisi serpantini
7 Soğuk su girişi

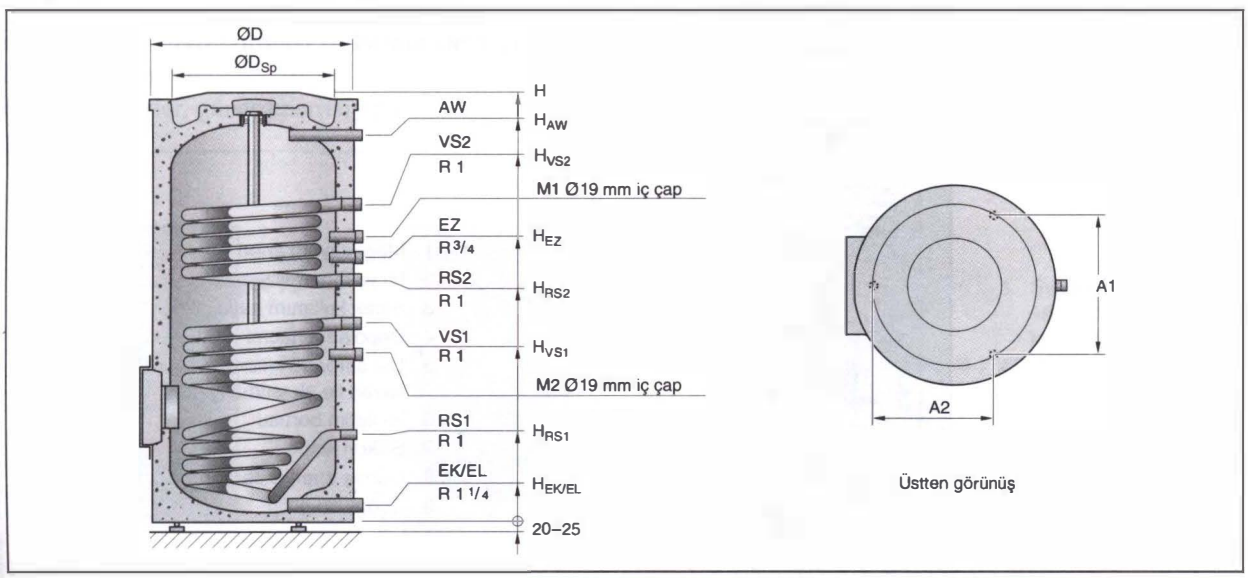
Şekil 2.84. LOGALUX SM300, SM400 VE SM500 ÇİFT SERPANTİNLİ BOYLERLERİN YAPISI

b. Kullanım Suyu Isıtması İçin Termosifon Boyler

- **Temel Özellikler ve Farklılıklar**
  - Her durumda en yüksek sıcaklık bölgesinde katmanlı sıcak su depolaması sağlayan ısı iletim borusu
  - Katmanlı sıcak su depolaması için yoğunluk farkı ile hareket eden silikon klapeler
  - Güneş enerjisi sisteminden yararlanarak çok hızlı sıcak su üretimi ve kazan desteğine daha az gereksinim duyulması
  - duoCLEAN termoglasür ve magnezyum anot ile korozyon koruması
  - CFC içermeyen poliüretan yumuşak köpük ısı yalıtımı, yan taraflarda 100 mm, üst tarafta 150 mm kalınlıkta (sökülebilir)
- **Yapı ve İşlevler**

Kullanım suyu ısıtması için çeşitli büyüklüklerde ve değişik yapılarda termosifon boylerler kullanılmaktadır. Tüm tiplerde termosifon prensibi esas alınmaktadır.

Termosifon tip boylerler her koşulda, boyler çıkış suyu sıcaklığını, kolektör çıkış sıcaklığına yaklaştıracak şekilde sıcak kullanım suyu hazırlar. Isınan kullanım suyu özel iletim borusu (*Şekil 2.87 Poz.6*) yardımıyla doğrudan boylerin üst kısmına çıkar. Normal güneş ışınımında bu bölümde kısa bir süre sonra istenen sıcaklığa ulaşılır. Böylece konvansiyonel bir kazan desteği gereksinimi azalır.

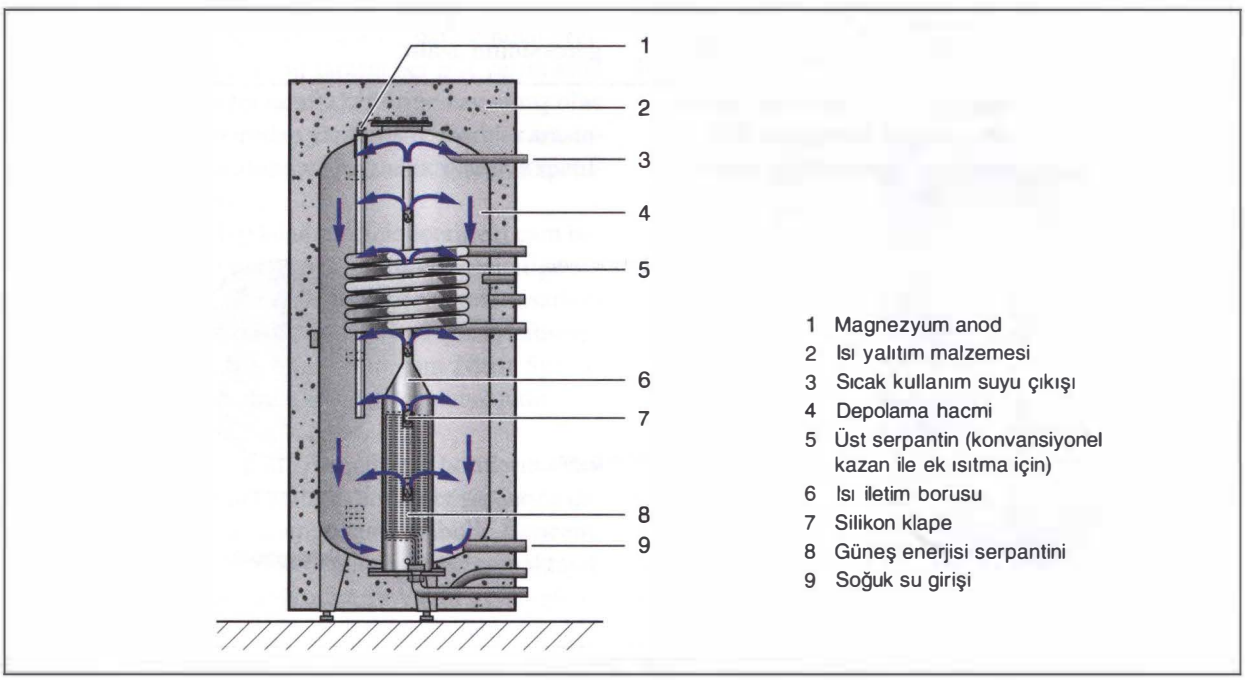


Şekil 2.85. ÇİFT SERPANTİNLİ LOGALUX SM.. GÜNEŞ ENERJİSİ BOYLERİNİN BOYUTLARI VE BAĞLANTILARI

Çift Serpantinii Boyler			SM300	SM400	SM500
Boyler çapı yalıtımlı/yalıtımsız	ØD/ØD$_{sp}$	mm	672/-	850/650	850/650
Yükseklik	H	mm	1.465	1.550	1.850
Soğuk su girişi/ Boşaltma	$H_{EK/EL}$	mm	60	148	148
Boyler çıkış (G.E.S. tarafı)	H_{RS1}	mm	297	303	303
Boylere giriş (G.E.S. tarafı)	H_{VS1}	mm	682	690	840
Boyler çıkış	H_{RS2}	mm	842	790	940
Boyler giriş	H_{VS2}	mm	1.077	1.103	1.253
Sirkülasyon hattı girişi	H_{EZ}	mm	762	912	1.062
Sıcak su çıkışı	ØAW	inch	R1	R1¼	R1¼
	H_{AW}	mm	1.326	1.343	1.643
Ayak mesafesi	A1	mm	400	480	480
	A2	mm	408	420	420
Boyler hacmi toplam/hazır kısım		l	290/=130	390/=165	490/=215
Güneş enerjisi serpantini su hacmi		l	8	9,5	13,2
Güneş enerjisi serpantin yüzeyi		m²	1,2	1,3	1,8
Isı kaybı [1]		kWh/24h	2,1	2,81	3,3
Kapasite katsayısı (üst serpantin) [2]	N_L		2,9	4,1	6,7
Sürekli kapasite (üst serpantin) 80/45/10°C' de [3]		kW(l/h)	34,3 (843)	34,3 (843)	34,3 (843)
Net ağırlık		kg	144	202	248
En yüksek İşletme basıncı (ısıtma suyu/kullanım suyu)		bar	25/10		
En yüksek İşletme sıcaklığı (ısıtma suyu/kullanım suyu)		°C	160/95		

Tablo 2.86. ÇİFT SERPANTİNLİ LOGALUX SM300, SM400 VE SM500 BOYLERLERİN TEKNİK ÖZELLİKLERİ

1) DIN 4753-8'e göre kullanım suyu sıcaklığı 65°C, ortam sıcaklığı 20°C için
2) DIN 4708'e göre 60°C boyler su sıcaklığı ve 80°C ısıtma devresi gidiş sıcaklığında
3) Isıtma devresi gidiş sıcaklığı/ kullanım suyu çıkış sıcaklığı/ soğuk su giriş sıcaklığı



Şekil 2.87. LOGALUX SL300-2 TERMOSİFON BOYLERİN YAPISI

Özel iletim borusu içerisinde ısınarak yukarıya doğru çıkan suyun hareketi sıcaklık dengesi oluşana kadar devam eder. İletim borusunun belirli bir noktasında iç ve dış sıcaklıklar eşitlendiğinde, yoğunluk farkına bağlı hareket eden silikon klapeler açılır. Böylece boylerde sıcaklık katmanları oluşturarak yukarıdan aşağı doğru ısıtma devam eder.

Bu prensip , özellikle double-match flow işletmeye uygun bir kumanda ünitesi (kazana entegre ya da bağımsız) ile oransal kontrollü pompa debisinin ayarlanması ve üst kısmın öncelikli ısıtılmasına oldukça uygundur.

- **Tek Serpantinli Termosifon Boyler**

300 litre hacimli tek serpantinli boylerlerde konvansiyonel bir kazanla ek ısıtma sağlayan üst serpantin bulunmamaktadır. Bu boylerler, mevcut bir kullanım suyu ısıtma sisteminin bir güneş enerjisi sistemi ile beraber yüksek verimle kullanımına uygundur.

- **Yüksek Güneş Işınımında Termosifon Prensibi ile Çalışma Mantığı**

Isınan su, hızlı bir şekilde yukarı çıkar ve en kısa zamanda üst kısımda kullanıma hazır duruma gelir. Boyler yukarıdan aşağı doğru ısınır.

Güneş enerjisi serpantininin içinde bulunduğu özel iletim borusuna, sadece boylerin alt kısmındaki nispeten soğuk olan kullanım suyu girdiğinden güneş enerjisi serpantini çıkışı ile kolektör arasındaki sıcaklık farkı büyük kalır. Bu da yüksek güneş enerjisi kazancı sağlar.

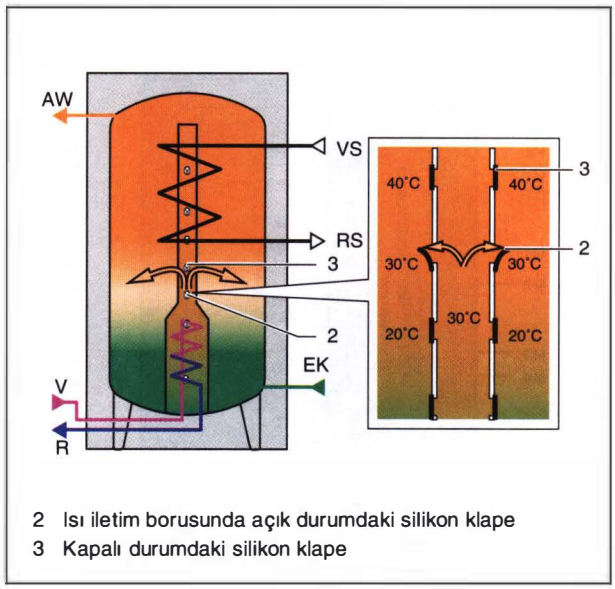
- **Düşük Güneş Işınımında Termosifon Prensibi ile Çalışma Mantığı**

Özel iletim borusu içinde ısınan su, sadece aynı sıcaklıktaki katmana kadar yükselir. Su, açılan silikon klapelerden boylerin içinde aynı sıcaklıktaki bölgeye yayılarak o bölgeyi ve altını ısıtır.

Suyun silikon klapelerden çıkması özel iletim borusundaki akışı durur, böylece daha yüksek sıcaklıklara sahip katmanlardaki su ile karışması önlenir.

c. Kullanım Suyu Isıtması ve Isıtma Desteği İçin Kombi Boylerler

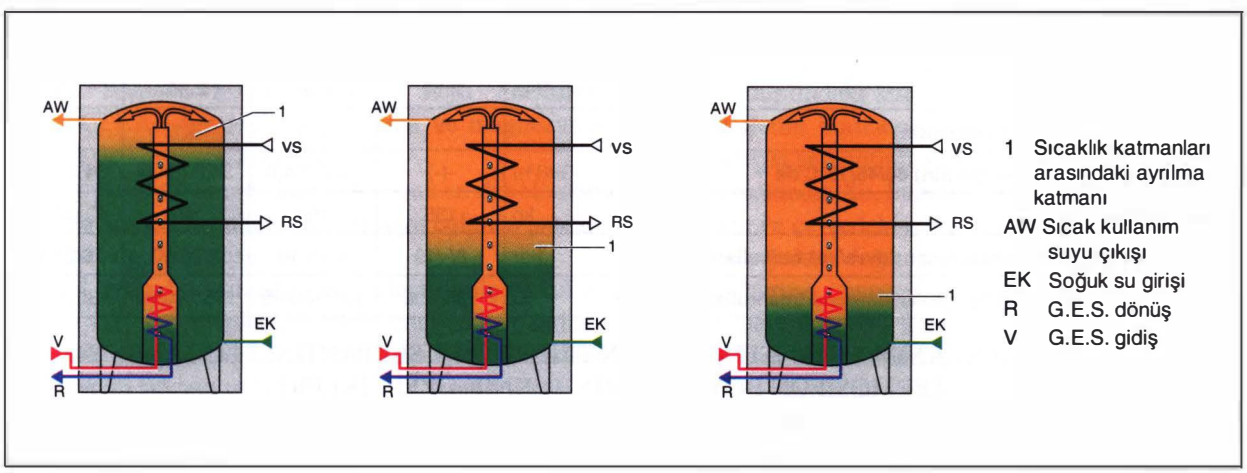
Kombi boylerler, güneş enerjisiyle kullanım suyu ısıtması ve ısıtma desteği sağlamak için tasarlanmıştır. Kompakt yapısı ile boyler kayıplarını en aza indiren uygun bir dış yüzey/hacim oranı sağlamaktadır. Tüm kombi boylerler 100 mm kalınlıkta, CFC içermeyen poliüretan yumuşak köpük ısı yalıtımına sahiptir. Bu boylerler az sayıda mekanik parça gereksinimi ile basit tesisat uygulama avantajı sağlar.



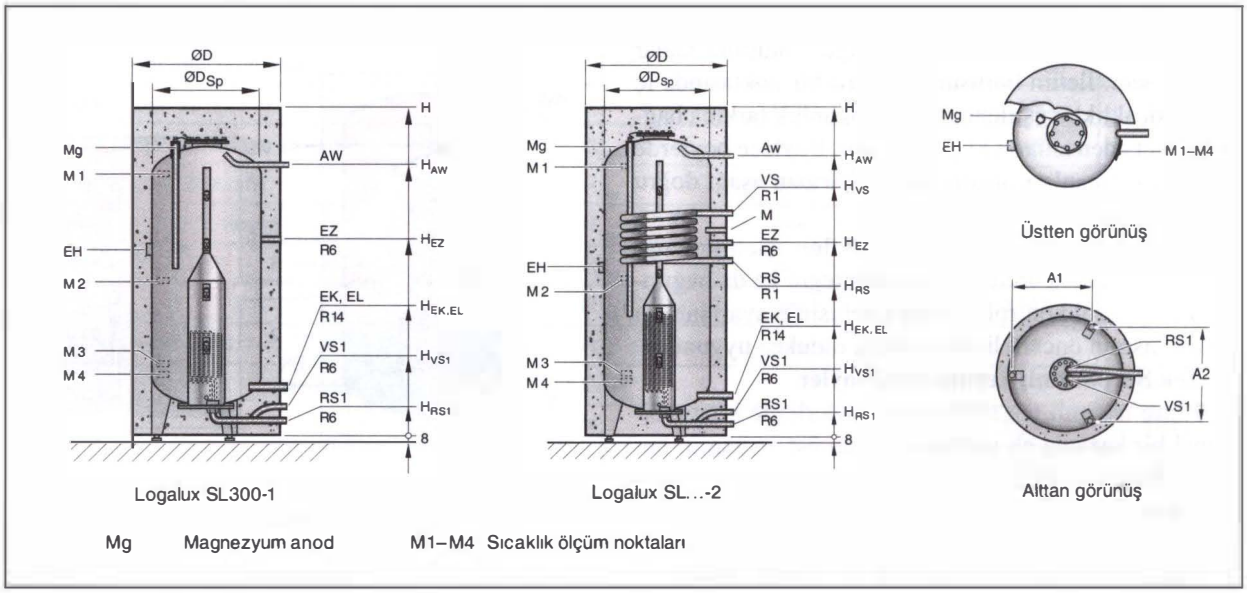
Şekil 2.89. SICAK SUYUN ÖZEL İLETİM BORUSUNDAN ÇIKIŞI

- **Temel Özellikler ve Farklılıklar**

- İçte bulunan kullanım suyu boylerinde duoCLEAN termoglasür kaplama ve magnezyum anot ile korozyon koruması
- Güneş enerjisinden optimum faydalanmak için büyük boyutlandırılmış serpantin
- Tüm kullanım suyu bağlantılarının üstten, tüm ısıtma ve güneş enerjisi devresi bağlantılarının yandan yapılması imkanı
- Güneş enerjisi serpantini tesisat suyunun içinde bulunduğundan kireçlenme riski olmaması



Şekil 2.88. YÜKSEK GÜNEŞ IŞINIMINDA TERMOSİFON PRENSİBİ İLE ISINMA

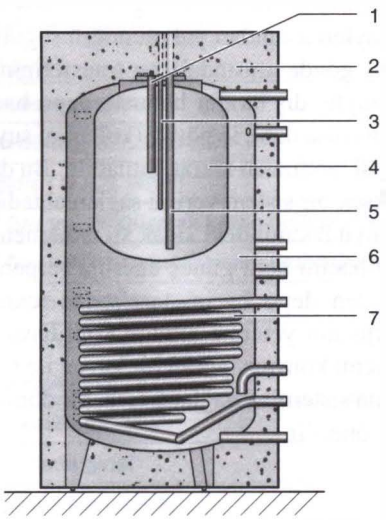


Şekil 2.90. KULLANIM SUYU İÇİN TEK VE ÇİFT SERPANTİNLİ LOGALUX SL.. TERMOSİFON BOYLERLERİN BOYUTLARI VE BAĞLANTISI BOYLERLERİN BOYUTLARI VE BAĞLANTISI

Logalux Termosifon Boyler			SL300-1	SL300-2	SL4002	SL500-2
Boyler çapı yalıtımlı/yalıtımsız	ØD/ØD$_{sp}$	mm	770/570	770/570	850/650	850/650
Yükseklik	H	mm	1.670	1.670	1.670	1.970
Soğuk su girişi/ boşaltma	$H_{EK/EL}$	mm	245	245	230	230
Boylerden dönüş (G.E.S. tarafı)	H_{RS1}	mm	100	100	100	100
Boylere gidiş (G.E.S. tarafı)	H_{VS1}	mm	170	170	170	170
Boylerden dönüş	H_{RS}	mm	-	886	872	1.032
Boylere gidiş	H_{VS}	mm	-	1.199	1.185	1.345
Sirkülasyon hattı girişi	H_{EZ}	mm	1.008	1.008	994	1.154
Sıcak su çıkışı	ØAW	inch	R1	R1	R1	R1
	H_{AW}	mm	1.393	1.393	1.393	1.392
Elektrikli ısıtıcı	H_{EH}	mm	949	-	-	985
Ayak mesafesi	A1/A2	mm	380/385	375/435	440/600	440/600
Boyler hacmi toplam/hazır kısım		l	300/=165	300/=155	380/=180	500/=230
Güneş enerjisi serpantini hacmi		l	0,9	0,9	1,4	1,4
Güneş enerjisi serpantini yüzeyi		m²	0,8	0,8	1,0	1,0
Isı kaybı [1]		kWh/24h	2,51	2,51	2,85	3,58
Kapasite katsayısı (üst serpantin) [2]	N_L		-	2,3	4,1	6,7
Sürekli kapasite (üst serpantin) 80/45/10°C'de [3]		kW(l/h)	-(-)	34,3 (843)	34,3 (843)	34,3 (843)
Ağırlık (net)		kg	135	151	197	223
En yüksek işletim basıncı (solar devre/ısıtma/kullanım suyu)		bar	8/-/10	8/25/10	8/25/10	8/25/10
En yüksek işletim sıcaklığı (solar devre/ısıtma/kullanım suyu)		°C	135/-/95	135/160/95	135/160/95	135/160/95

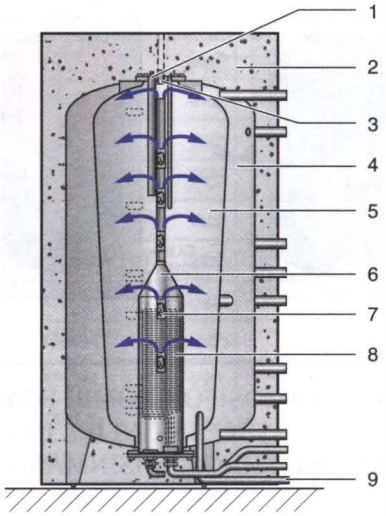
Tablo 2.91. KULLANIM SUYU ISITMASI İÇİN TEK VE ÇİFT SERPANTİNLİ LOGALUX SL.. TERMOSİFON BOYLERLERİN TEKNİK ÖZELLİKLERİ

1) DIN 4753-8'e göre kullanım suyu sıcaklığı 65°C, ortam sıcaklığı 20°C için
2) DIN 4708'e göre 60°C boyler su sıcaklığı ve 80°C ısıtma devresi gidiş sıcaklığında
3) Isıtma devresi gidiş sıcaklığı/ kullanım suyu çıkış sıcaklığı/ soğuk su giriş sıcaklığı



1 Magnezyum anod
2 Yalıtım malzemesi
3 Duyar eleman kovanı
4 Kullanım suyu hacmi
5 Soğuk su girişi
6 Depo hacim
7 Güneş enerjisi serpantini

Şekil 2.92. LOGALUX P750 S KOMBİ BOYLERİN YAPISI



1 Magnezyum anod
2 Yalıtım malzemesi
3 Sıcak kullanım suyu çıkışı
4 Depo hacim
5 Konik iç gövde (kullanım suyu hacmi)
7 Silikon klapeler
8 Güneş enerjisi serpantini
9 Soğuk su girişi

Şekil 2.93. LOGALUX PL750/2S VE PL1000/2S TERMOSİFON KOMBİ BOYLERİN YAPISI

- **Yapı ve İşlevler**

Boylerin üst kısmında, soğuk su girişi yukarıda bulunan bir kullanım suyu bölümü bulunmaktadır (*Şekil 2.92*). Alt kısımda bulunan güneş enerjisi serpantini, önce ısıtma destek hacmindeki tesisat suyunu ısıtır. Belirli bir süre sonra üst tarafta bulunan boyler içindeki kullanım suyu da istenen sıcaklığa ulaşır, böylece üst kısımdan kullanım suyu temin edilebilir. Konvansiyonel bir kazan ile kullanım suyu ek ısıtması için, kullanım suyu bölümünün alt kısmındaki dönüş bağlantı ağzı kullanılır. Isıtma sistemine bağlantı için, bir dönüş sıcaklık kontrol seti önerilir.

d. Kullanım Suyu Isıtması ve Isıtma Desteği İçin Termosifon Kombi Boylerler

- **Temel Özellikler ve Farklılıklar**

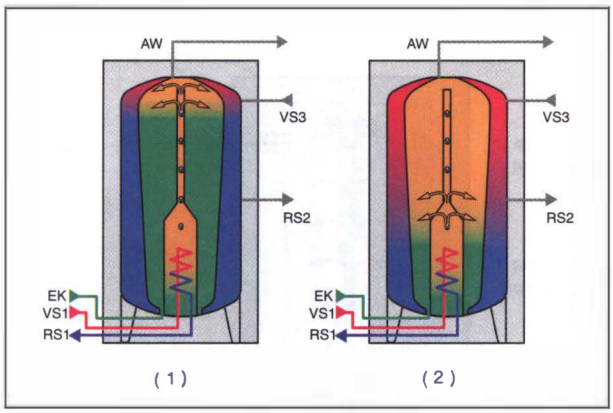
- İçte bulunan konik kullanım suyu hacminde duoCLEAN termoglasür kaplama ve magnezyum anot ile korozyon koruması
- Tüm boyler haminde katmanlı sıcak su depolaması sağlayan, çevresinde kullanım suyu bulunan patentli özel iletim borusu
- Özel iletim borusunun içine yerleştirilmiş ve kullanım suyu ile çevrelenmiş güneş enerjisi serpantini
- Güneş enerjisi sistemi öncelikle en soğuk durumdaki kullanım suyunu ısıttığı için yüksek sistem verimi
- Tüm ısıtma devresi bağlantılarının yandan, güneş enerjisi devresi ve soğuk kullanım suyu bağlantılarının alttan yapılması imkanı

- **Yapı ve İşlevler**

Termosifon kombi boylerler kullanım suyu ısıtması sağlayan konik bir iç gövdeye sahiptir (*Şekil 2.93*). Kullanım suyu hacmi içinde, yüksekliği boyler yüksekliğine eşit ve içine güneş enerjisi serpantini yerleştirilmiş özel iletim borusu bulunmaktadır. Bu patentli, katmanlı sıcak su depolama sistemi sayesinde, kullanım suyu hacmi termosifon prensibine göre ısınmaktadır. Güneş ışınımı yeterli olduğunda, çok kısa bir sürede faydalı sıcaklık seviyesine ulaşılabilmektedir. Kullanım suyu boylerini dıştan çevreleyen depo hacmi, kullanım suyu hacmi sıcaklığına bağlı olarak ısınmaktadır.

Soğuk su konik iç gövdenin alt kısmından girmekte, böylece güneş enerjisi serpantini ve özel iletim borusu, en soğuk durumdaki kullanım suyu içinde bulunmaktadır. Isı iletim borusunun alt tarafında soğuk suyun güneş enerjisi serpantinine ulaşmasını sağlayan bir giriş bulunmaktadır. Su, burada güneş enerjisi tarafından ısıtılmakta ve çevredeki daha soğuk suyla karışmadan, boru içinde yukarı doğru hareket etmektedir.

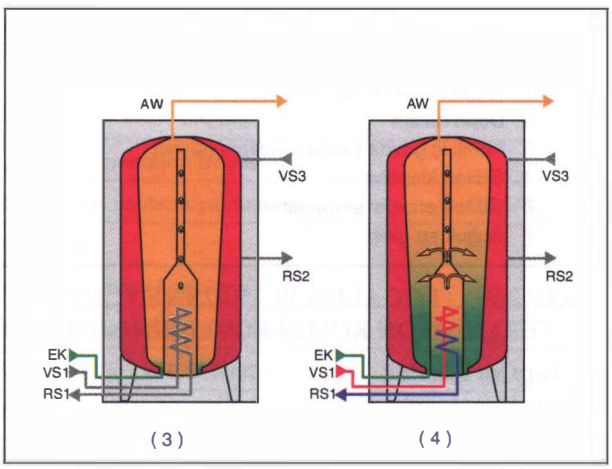
Isı iletim borusu boyunca farklı yüksekliklerde silikon klapeler mevcuttur. Bu klapeler yardımıyla, ısınan su, boylerin aynı sıcaklıktaki katmanına aktarılır. Belirli bir gecikme süresi ile kullanım suyu hacminden depo hacmine ısı transferi gerçekleşmekte ve depo hacmi yukarıdan aşağı doğru ısınmaktadır. Kullanım suyu ve depo hacmi tam olarak ısıtıldığında, güneş enerjisi siste-



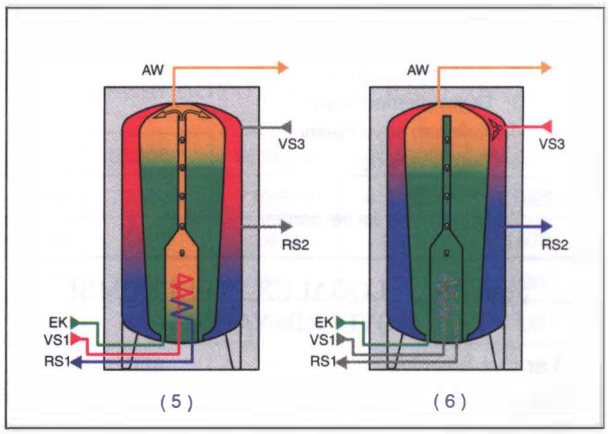
Şekil 2.94. TERMOSİFON KOMBİ BOYLERİN GÜNEŞ ENERJİSİ SERPANTİNİ İLE ISITILMASI (1) VE DEPO HACMİN ISINMASI (2)

mi devre dışı kalır. Sıcak su kullanımı ile birlikte, soğuk kullanım suyu iç gövdeye alttan girer ve böylece kullanım suyu boyleri aşağıdan yukarı doğru soğumaya başlar. İç ve dış gövde arasındaki ısı transferinin gecikme süresi nedeniyle, dış tarafta bulunan depo hacmi yeterince ısıtılmış olsa dahi, iç gövde (kullanım suyu hacmi) güneş enerjisi tarafından tekrar ısıtılabilir. Bu da belirgin Şekilde yüksek bir sistem verimi sağlamaktadır.

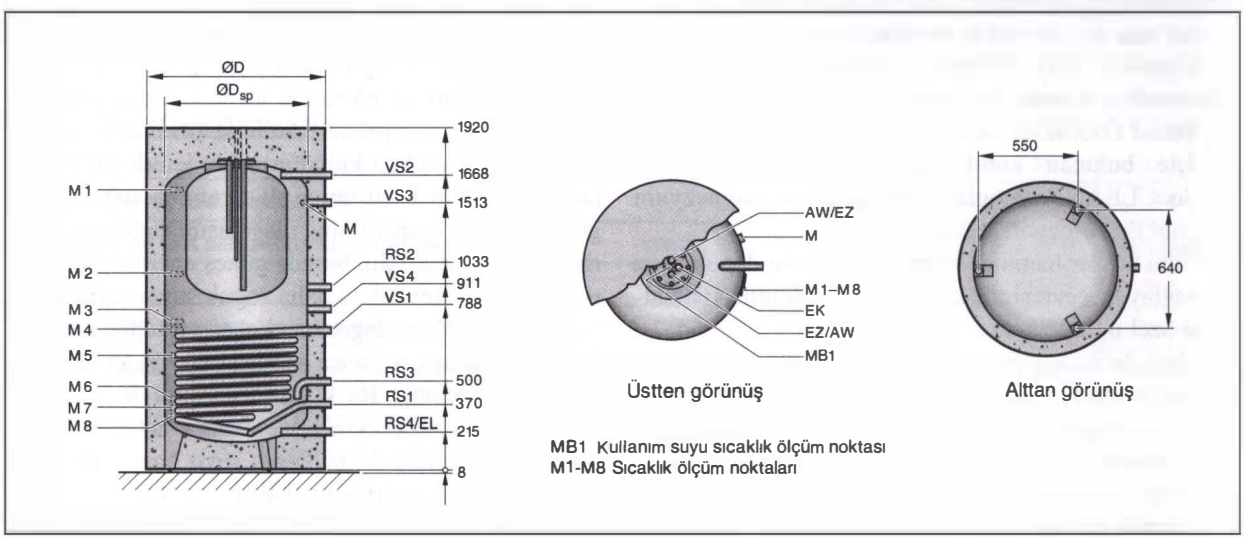
Kullanım suyu hacmindeki sıcak su tamamen kullanıldığında, bu hacim hem güneş enerjisi serpantini, hem de çevresinden depo hacim tarafından tekrar ısıtılır. Güneş enerjisinin yetersiz olduğu kötü hava şartlarında, depo hacmi konvansiyonel bir kazan ile tekrar ısıtılabilir. Isıtma sistemine bağlantı için, bir dönüş sıcaklık kontrol seti önerilir.



Şekil 2.95. TAM ISINMIŞ BOYLERDEN SICAK SU KULLANILMASI (3) VE DEPO HACİM TAM ISINMIŞ DURUMDA İKEN ALT KISMI SOĞUYAN KULLANIM SUYU HACMİNİN GÜNEŞ ENERJİSİ SERPANTİNİ İLE ISITILMASI



Şekil 2.96. KULLANIM SUYU HACMİNİN GÜNEŞ ENERJİSİ SERPANTİNİ İLE DEPO HACİM TARAFINDAN ISITILMASI (5) VE GÜNEŞ ENERJİSİNİN YETERSİZ OLMASI DURUMUNDA KONVANSİYONEL KAZAN İLE EK ISITMA YAPILMASI



Şekil 2.97. LOGALUX P750 S KOMBİ BOYLER BOYUTLARI VE BAĞLANTILARI

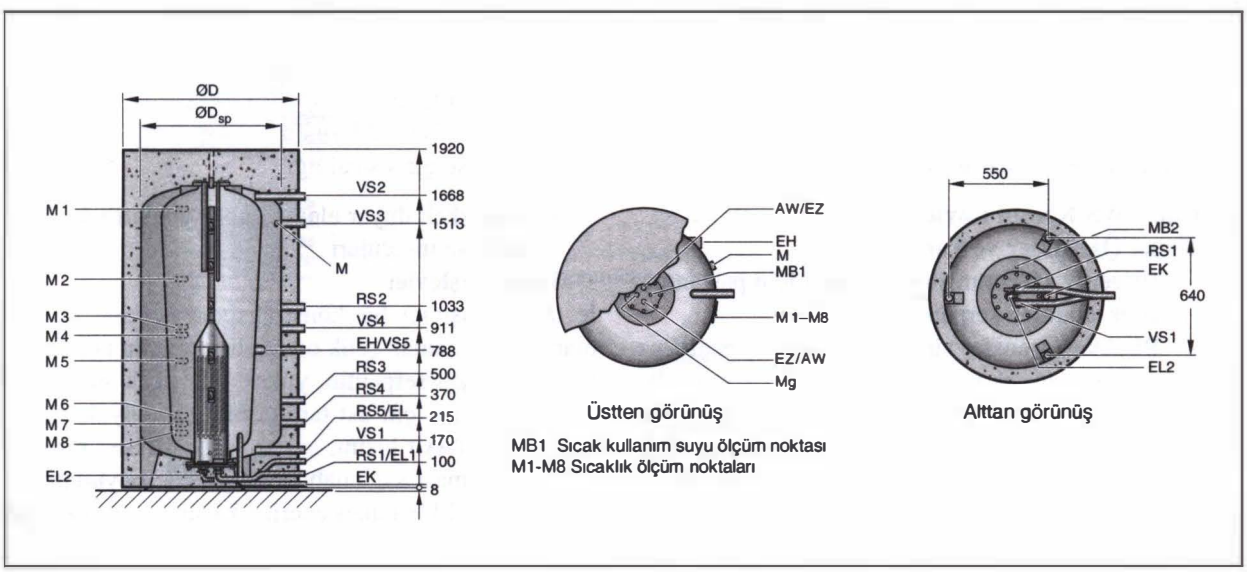
Logalux Kombi Boyler			P750 S
Boyler çapı yalıtımlı/yalıtımsız	ØD/ØD$_{sp}$	mm	1.000/800
Soğuk su girişi	ØEK	inch	R¾
Isıtma devresi boşaltma	ØEL	inch	R1¼
Boylerden dönüş (G.E.S. tarafı)	ØRS1	inch	R1
Boylere gidiş (G.E.S. tarafı)	ØVS1	inch	R1
Sıvı yak./ Gaz yak./Yoğuşmalı kazan (kullanım suyu ısıtması İçin) dönüş	ØRS2	inch	R1¼
Sıvı yak./ Gaz yak./Yoğuşmalı kazan (kullanım suyu ısıtması İçin) gidiş	ØVS3	inch	R1¼
Sıvı/Gaz yakıtlı kazan dönüş	ØRS3	inch	R1¼
Isıtma devreleri dönüş	ØRS4	inch	R1¼
Isıtma devreleri gidiş	ØVS4	inch	R1¼
Katı yakıtlı kazan gidiş	ØVS2	inch	R1¼
Sirkülasyon hattı girişi	ØEZ	inch	R¾
Sıcak kullanma suyu çıkışı	ØAW	inch	R¾
Boyler hacmi		l	750
Depo boyler hacmi		l	=400
Kullanım suyu hacmi		l	=160
Güneş enerjisi serpantini hacmi		l	16,4
Güneş enerjisi serpantini yüzeyi		m²	2,15
Isı kaybı [1]		kWh/24h	3,7
Kapasite katsayısı [2]	N_L		3
Sürekli kapasite 80/45/10°C'de [3]		kW(l/h)	28 (688)
Ağırlık (net)		kg	262
En yüksek İşletim basıncı (solar devre/ısıtma/kullanım suyu)		bar	8/3/10
En yüksek İşletim sıcaklığı (ısıtma/kullanım suyu)		°C	95/95

Tablo 2.98. LOGALUX PL750 S KOMBİ BOYLERLERİN TEKNİK ÖZELLİKLERİ

1) DIN 4753-8'e göre kullanım suyu sıcaklığı 65°C, ortam sıcaklığı 20°C için

2) DIN 4708'e göre 60°C boyler su sıcaklığı ve 80°C ısıtma devresi gidiş sıcaklığında

3) Isıtma devresi gidiş sıcaklığı/ kullanım suyu çıkış sıcaklığı/ soğuk su giriş sıcaklığı



Şekil 2.99. LOGALUX PL../2S TERMOSİFON KOMBİ BOYLER BOYUTLARI VE BAĞLANTILARI

Logalux Termosifon Kombi Boyler			PL750/25	PL1000/25
Boyler çapı yalıtımlı/yalıtımsız	ØD/ØD$_{sp}$	mm	1.000/800	1.100/900
Soğuk su girişi	ØEK	inch	R1	R1
Isıtma devresi boşaltma	ØEL	inch	R1¼	R1¼
G.E.S. kullanım suyu devresi boşaltma	ØEL1/ ØEL2	inch	R¾	R¾
Boylerden dönüş (G.E.S. tarafı)	ØRS1	inch	R¾	R¾
Boylere gidiş (G.E.S. tarafı)	ØVS1	inch	R¾	R¾
Sıvı yak./ Gaz yak./Yoğuşmalı kazan (kullanım suyu ısıtması için) dönüş	ØRS2	inch	R1¼	R1¼
Sıvı yak./ Gaz yak./Yoğuşmalı kazan (kullanım suyu ısıtması için) gidiş	ØVS3	inch	R1¼	R1¼
Sıvı/Gaz yakıtlı kazan dönüş	ØRS3	inch	R1¼	R1¼
Sıvı/Gaz yakıtlı kazan gidiş	ØVS5	inch	R1¼	R1¼
Isıtma devreleri dönüş	ØRS4	inch	R1¼	R1¼
Isıtma devreleri gidiş	ØVS4	inch	R1¼	R1¼
Katı yakıtlı kazan dönüş	ØRS5	inch	R1¼	R1¼
Katı yakıtlı kazan gidiş	ØVS2	inch	R1¼	R1¼
Sirkülasyon hattı girişi	ØEZ	inch	R¾	R¾
Sıcak kullanma suyu çıkışı	ØAW	inch	R¾	R¾
Elektrikli ısıtıcı	ØEH	inch	R1¼	R1¼
Boyler hacmi		l	750	940
Depo boyler hacmi		l	=275	=380
Kullanım suyu hacmi toplam/ hazır kısım		l	=300/=150	=300/=150
Güneş enerjisi serpantini hacmi		l	1,4	1,4
Güneş enerjisi serpantini yüzeyi		m²	1,0	1,2
Isı kaybı [1]		kWh/24h	3,7	4,57
Kapasite katsayısı (üst serpantin) [2]	N_L		3,8	3,8
Sürekli kapasite (üst serpantin) 80/45/10°C'de [3]		kW(l/h)	28 (688)	28 (688)
Ağırlık (net)		kg	252	266
En yüksek işletim basıncı (güneş enerjisi serpantini/ısıtma/sıcak kullanım suyu)		bar	8/3/10	8/3/10
En yüksek işletim sıcaklığı (ısıtma/kullanım suyu)		°C	95/95	95/95

Tablo 2.100. LOGALUX PL../2S TERMOSİFON KOMBİ BOYLERLERİN TEKNİK ÖZELLİKLERİ

1) DIN 4753-8'e göre kullanım suyu sıcaklığı 65°C, ortam sıcaklığı 20°C için

2) DIN 4708'e göre 60°C boyler su sıcaklığı ve 80°C ısıtma devresi gidiş sıcaklığında

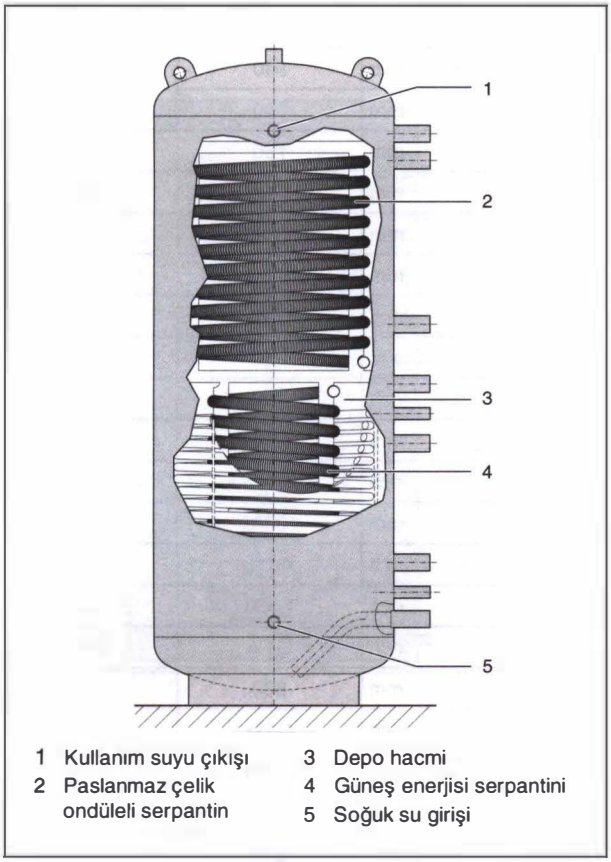
3) Isıtma devresi gidiş sıcaklığı/ kullanım suyu çıkış sıcaklığı/ soğuk su giriş sıcaklığı

e. Duo FWS Kombi Boyler

- **Temel Özellikler ve Farklılıklar**
  - Hijyenik kullanım suyu ısıtması için paslanmaz çelik-ondüleli serpantin
  - Büyük ısı transfer yüzeyli ondüleli serpantin sayesinde yüksek sıcak su konforu
  - Güneş enerjisinden optimum faydalanma için büyük boyutlandırılmış güneş enerjisi serpantini
  - Güneş enerjisi serpantini ısıtma suyunun içinde bulunduğundan kireçlenme riski olmaması
  - Küçük çaplar sayesinde kolay taşınabilirlik
  - Tüm kullanım suyu ve ısıtma devresi bağlantılarının yandan yapılması imkanı
  - Değişken duyar eleman pozisyonları için duyar eleman tutucuları
- **Yapı ve İşlevler**

İç tarafta taşıyıcı bir konstrüksiyon üzerine sarılmış olan bir paslanmaz çelik ondüleli serpantin bulunmaktadır. Ondüleli serpantin, yüksek bir sıcak su konforu sağlanabilmesi için üst tarafta oldukça büyük bir yüzeye sahiptir. Alt kısım, soğuk su ile yüksek bir depo hacim soğuması sağlanabilecek şekilde boyutlandırılmıştır. Böylelikle güneş enerjisi kazancı optimize edilmektedir.

Güneş enerjisinin yetersiz olduğu durumlarda, depo



Şekil 2.101. DUO FWS KOMBİ BOYLERİN YAPISI

hacmi konvansiyonel bir kazan yardımıyla ısıtılabilir. Üst depo hacim sıcaklığı, dolaylı olarak kullanım suyu sıcaklığını göstermekte ve sıcak su kapasitesine büyük bir etkisi bulunmaktadır. Isıtma sistemine bağlantı için, bir dönüş sıcaklık kontrol seti önerilir.

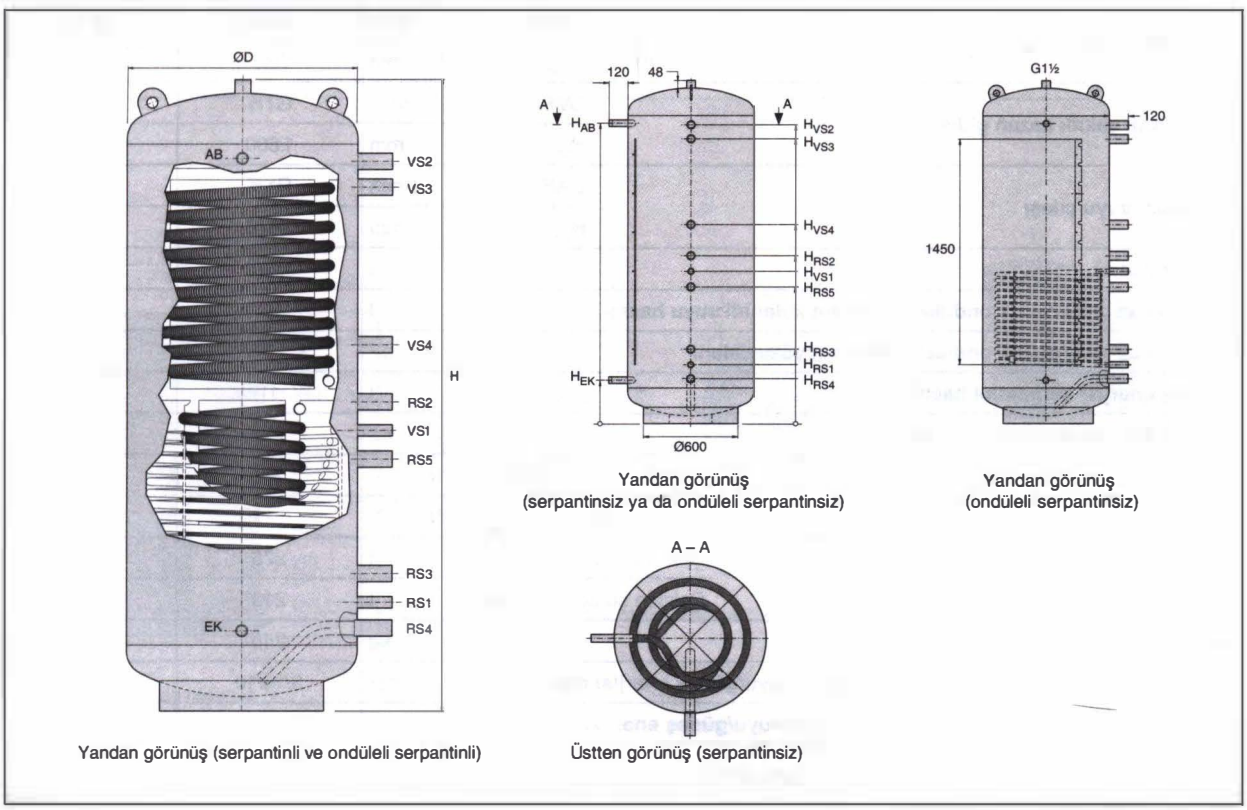
f. Isıtma Desteği İçin Termosifon Depo Boylerler

- **Temel Özellikler ve Farklılıklar**
  - 750 ve 1.000 litre boylerlerin sekiz adede kadar, 1.500 litre boylerlerin 16 adede kadar güneş kolektörü ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen ısı girişleri için uygunluğu
  - Katmanlı sıcak su depolaması sağlayan patentli özel iletim borusu
  - Silikon klapeler
  - Büyük depo hacmi sayesinde tesisat suyu deposu olarak (örnek; iki depolu sistemlerde) kullanım
  - 100 mm kalınlıkta CFC içermeyen poliüretan yumuşak köpük ısı yalıtımı
- **Yapı ve İşlevler**

Çelik sactan imal edilmiş olan termosifon depo boylerlerin 3 tipi vardır;

- 750 litre hacimli
- 1.000 litre hacimli
- 1.500 litre hacimli

1.500 litre termosifon depo boylerde iki güneş enerjisi serpantini bulunmaktadır.



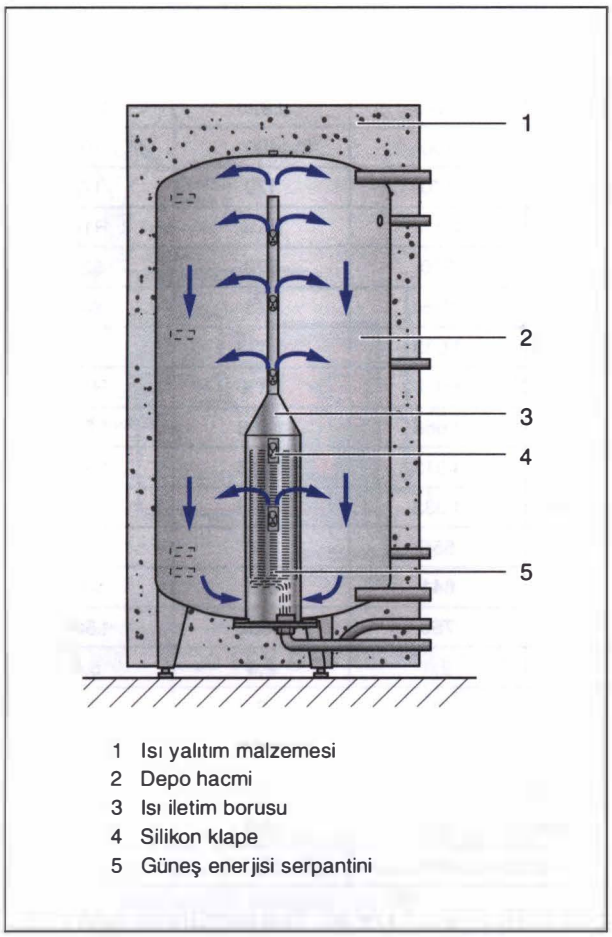
Şekil 2.102. DUO FWS KOMBİ BOYLERİN BOYUTLARI VE BAĞLANTILARI

Kombi Boyler				Duo FWS750	Duo FWS1000
Boyler çapı (yalıtımlı)	80 mm	$ØD_W$	mm	910	960
	120 mm	$ØD_W$	mm	990	1.040
Boyler çapı (yalıtımsız)		D	mm	750	800
Yükseklik		H	mm	1.948	2.208
Yükseklik (yalıtımlı)	80 mm	H_W	mm	1.985	2.260
	120 mm	H_W	mm	2.025	2.300
Soğuk su girişi		ØEK	inch	R1¼	R1¼
		H_{EK}	mm	270	280
Boylerden dönüş (G.E.S. tarafı)		ØRS1	inch	G1	G1
		H_{RS1}	mm	370	380
Boylere gidiş (G.E.S. tarafı)		ØVS1	inch	G1	G1
		H_{VS1}	mm	930	980
Sıvı yak./Gaz yak. yoğuşmalı kazan (kullanım suyu ısıtması için)dönüş/ ısıtma devresi gidiş/Pellet kazanı dönüş		ØRS2	inch	G1½	G1½
		H_{RS2}	mm	1.030	1.080
Sıvı yak./Gaz yak. yoğuşmalı kazan (kullanım suyu ısıtması için) dönüş (alternatif)		ØRS5	inch	G1½	G1½
		H_{RS5}	mm	830	880
Sıvı yak./Gaz yak. Yoğuşmalı kazan (kullanım suyu ısıtması için) gidiş		ØVS3	inch	G1½	G1½
		H_{VS3}	mm	1.570	1.830
Isıtma devreleri dönüş		ØRS3	inch	G1½	G1½
		H_{RS3}	mm	470	480
Pellet ısıtma devreleri gidiş		ØVS4	inch	G1½	G1½
		H_{VS4}	mm	1.230	1.280
Katı yakıtlı kazan dönüş		ØRS4	inch	G1½	G1½
		H_{RS4}	mm	280	290
Pellet/Katı yakıtlı kazan gidiş		ØVS2	inch	G1½	G1½
		H_{VS2}	mm	1.660	1.920
Kullanım suyu çıkışı		ØAB	inch	R1¼	R1¼
		H_{AB}	mm	1.670	1.930
Boyler hacmi			l	750	1.000
Paslanmaz çelik esnek ondüleli serpantin kulanım suyu hacmi			l	38	38
Paslanmaz çelik esnek ondüleli serpantin yüzey alanı			m^2	7	7
Güneş enerjisi serpantini hacmi			l	11	13
Güneş enerjisi serpantini yüzey alanı			m^2	2,2	2,7
Kapasite katsayısı[1)]	30 kW kazan kapasitesinde N_L			3,2	-
	45 kW kazan kapasitesinde N_L			-	4,2
Sıcak su kapasitesi[2)]	Çekilen su debisi 10 l/dk		l	275	407
	Çekilen su debisi 20 l/dk		l	218	324
Ağırlık (net)			kg	240	270
En yüksek işletim basıncı (ısıtma suyu/kull.suyu/güneş enerjisi devresi)			bar	3/10/10	3/10/10
En yüksek işletim sıcaklığı (ısıtma suyu/kull.suyu/güneş enerjisi devresi)			°C	95/95/110	95/95/110

Tablo 2.103. DUO FWS KOMBİ BOYLERLERİN TEKNİK ÖZELLİKLERİ

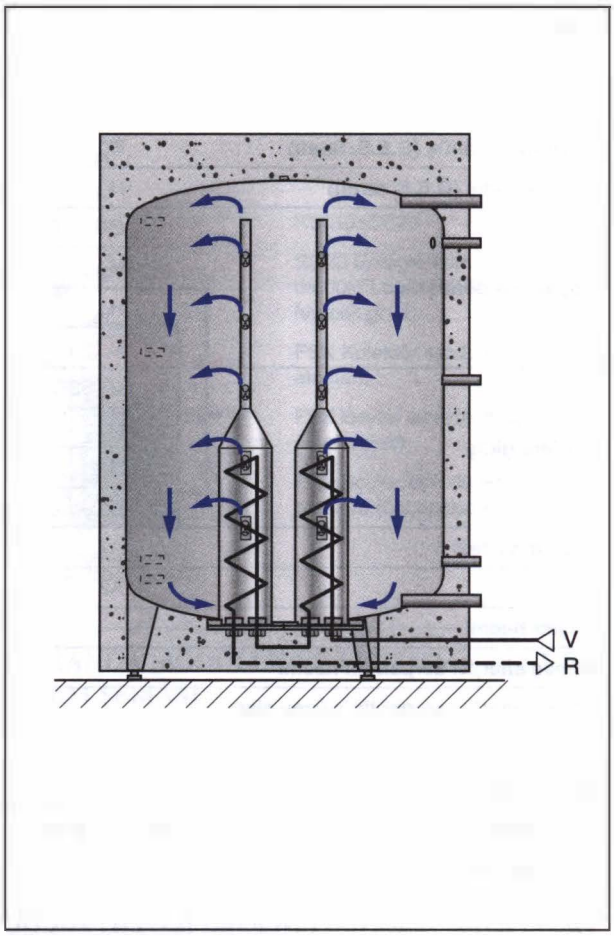
1) DIN 4708 T'ye uygun

2) Ek ısıtma olmadan kombi boyler kısmı 70°C'de ve kullanım suyu 45°C'de

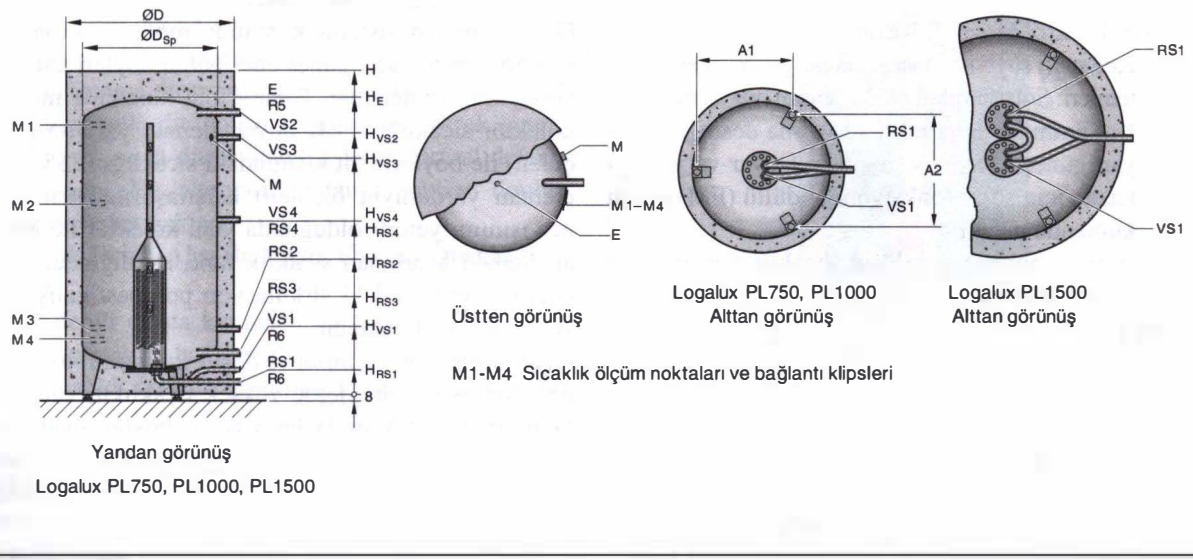


1 Isı yalıtım malzemesi
2 Depo hacmi
3 Isı iletim borusu
4 Silikon klape
5 Güneş enerjisi serpantini

Şekil 2.104. LOGALUX PL750 VE PL1000 TERMOSİFON DEPO BOYLER



Şekil 2.105. LOGALUX PL1500 TERMOSİFON DEPO BOYLER



Yandan görünüş
Logalux PL750, PL1000, PL1500

Üstten görünüş

Logalux PL750, PL1000
Alttan görünüş

Logalux PL1500
Alttan görünüş

M1-M4 Sıcaklık ölçüm noktaları ve bağlantı klipsleri

Şekil 2.106. LOGALUX PL TERMOSİFON DEPO BOYLER

Logalux Termosifon Depo Boyler			PL750	PL1000	PL1500
Boyler çapı yalıtımlı/ yalıtımsız	$ØD/ØD_{sp}$	mm	1.000/800	1.100/900	1.400/1200
Yükseklik	H	mm	1.920	1.920	1.900
Boylerden dönüş (G.E.S. tarafı)	H_{RS1}	mm	100	100	100
Boylere gidiş (G.E.S. tarafı)	H_{VS1}	mm	170	170	170
Boylerden dönüş	ØRS2-RS4	inch	R1¼	R1¼	R1½
	H_{RS2}	mm	370	370	522
	H_{RS3}	mm	215	215	284
	H_{RS4}	mm	1.033	1.033	943
Boylere gidiş	ØVS2-VS4	inch	R1¼	R1¼	R1½
	H_{VS2}	mm	1.668	1.668	1.601
	H_{VS3}	mm	1.513	1.513	1.363
	H_{VS4}	mm	1.033	1.033	943
Ayak mesafesi	A1	mm	555	555	850
	A2	mm	641	641	980
Boyler hacmi		l	750	1.000	1.500
Güneş enerjisi serpantini hacmi		l	2,4	2,4	5,4
Güneş enerjisi serpantini yüzey alanı		m^2	3	3	7,2
Isı kaybı [1]		kWh/24h	3,7	4,57	5,3
Ağırlık (net)		kg	212	226	450
En yüksek işletme basıncı (güneş enerjisi devresi/ısıtma)		bar	8/3	8/3	8/3
En yüksek işletme sıcaklığı (ısıtma)		°C	110	110	110

Tablo 2.107. GÜNEŞ ENERJİSİ İLE ISITMA DESTEĞİ İÇİN LOGALUX PL TERMOSİFON BOYLER TEKNİK ÖZELLİKLERİ

1) DIN 4753-8'e göre: Kullanım suyu sıcaklığı 65°C, ortam sıcaklığı 20°C için

2.6.1.3. Güneş Enerjisi Sistemi Kumanda Paneli

a. Kumanda Panelinin Seçimi ve Standart Teslimat Kapsamı

Kullanım alanına ve kazan kumanda paneline bağlı olarak çeşitli kontrol panelleri ve fonksiyon modülleri seçilebilmektedir:

- EMS Kontrol Sistemli Kazan
  - Kullanım suyu ısıtması sağlayan güneş enerjisi sistemleri: Solar modüllü (SM) kazan oda kumandası
  - Kullanım suyu ısıtması ve ısıtma desteği sağlayan güneş enerjisi sistemleri: Duvar ve yer tipi kazan için solar fonksiyon modüllü (FM) kazan kumanda paneli
- Yer tipi kazan: yer tipi düşük sıcaklık kazanı solar fonksiyon modülü (FM)
- Yer ve duvar tipi kazan: duvar ve yer tipi kazan için solar fonksiyon modülü (FM)
- Bağımsız kontrol edilen tek devreli sistemler için kumanda modülü (SC) veya iki ve üç devreli sistemler için kumanda modülü (SC)

Solar fonksiyon modülleri (FM), tek devreli sistemler için kumanda modülü (SC) ve iki ve üç devreli sistemler için kumanda modülü (SC) standart teslimat kapsamında bulunanlar:

- Bir adet FSK kolektör sıcaklık duyar elemanı (NTC 20 K, Ø6 mm, 2,5 m kablo)
- Bir adet FSS boyler sıcaklık duyar elemanı (NTC 10 K, Ø9,7 mm, 3,1 m kablo)

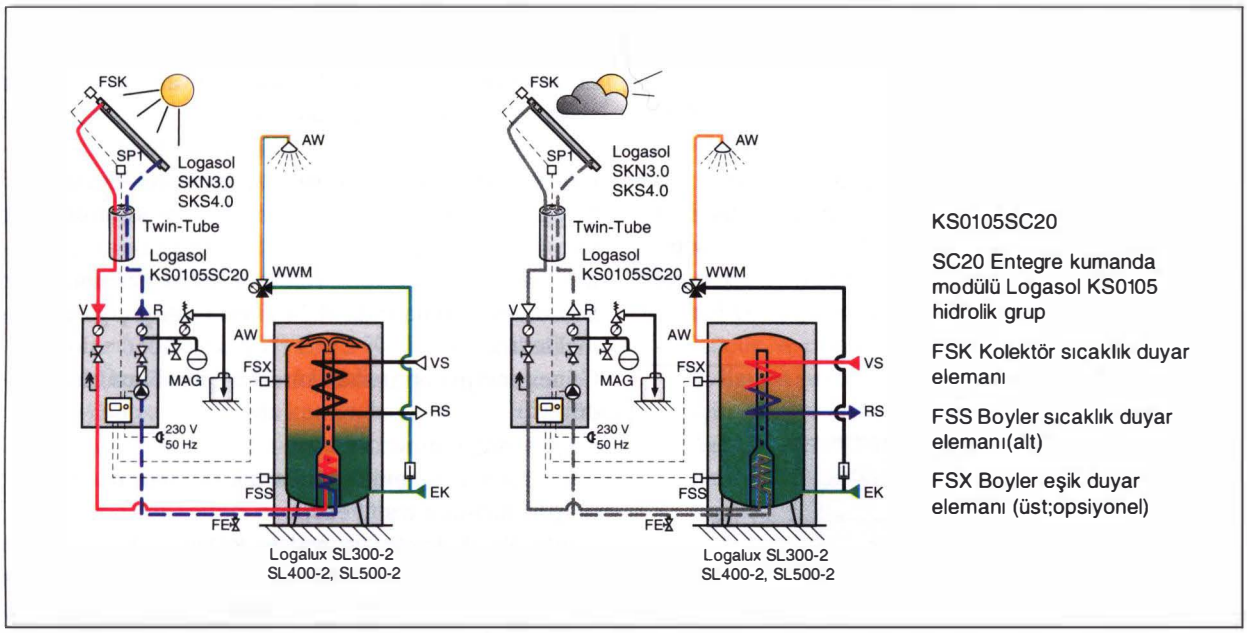
b. Kontrol Stratejileri

- **Sıcaklık Farkı Kontrolü**

Güneş enerjisi sistemi kumanda modülü "otomatik" işletim durumunda, güneş enerjisinin boyleri ısıtıp ısıtamayacağını denetler. Bunun için kumanda modülü, kolektör sıcaklığı (FSK duyar eleman yardımıyla ölçülen) ile boylerin alt kısmındaki sıcaklığı (FSS duyar eleman yardımıyla ölçülen) karşılaştırmaktadır. Güneş ışınımı yeterli olduğunda yani kolektör ile boyler arasındaki ayarlanan sıcaklık farkı aşıldığında, güneş enerjisi devresindeki sirkülasyon pompası çalışmakta ve boyler ısıtılmaktadır.

Uzun süren güneş ışınımı ve düşük kullanım suyu tüketimi sonrasında, boylerde yüksek sıcaklıklar oluşmaktadır. Isıtma esnasında en yüksek boyler sıcaklığına ulaşıldığında kumanda modülleri, güneş enerjisi devresi pompasını durdurur. En yüksek boyler sıcaklığı, kumanda modülünden ayarlanabilmektedir.

Güneş ışınımının yetersiz olduğu durumda, kolektör ve boyler sıcaklıkları arası farkı sabit tutabilmek için



Şekil 2.108. SC20 TEK DEVRELİ SİSTEMLER İÇİN KUMANDA MODÜLLÜ VE EK ISITMA DEVRELİ GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEM ŞEMASI

pompa devir sayısı azaltılmaktadır. Böylece boylerin ısıtılmasına düşük elektrik harcaması ile devam edilmektedir.

Güneş enerjisi sistemi kumanda modülü pompayı ancak, sıcaklık farkı minimum sıcaklık farkının altına inmiş ve sirkülasyon pompasının devir sayısı, güneş enerjisi sistemi kumanda modülü tarafından, daha önce en düşük seviyeye indirilmiş ise durdurmaktadır.

Boyler sıcaklığı, sıcak su konforunu sağlamaya yetmiyorsa, ısıtma devresi kumanda paneli, boylere konvansiyonel bir kazan yardımıyla ek ısıtma sağlayabilir.

- **Double-Match Flow**

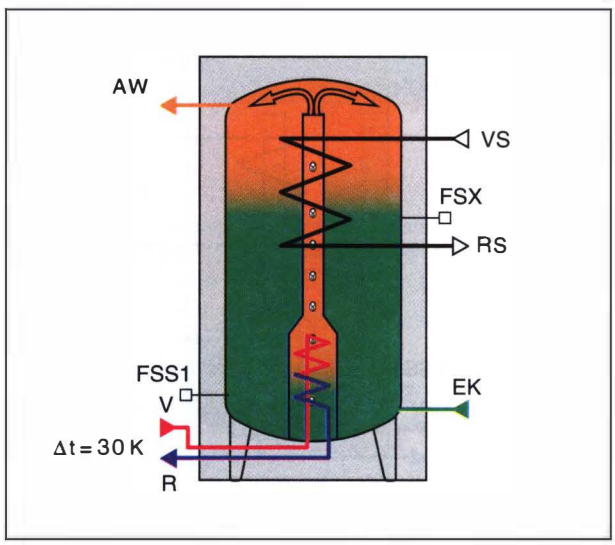
Solar fonksiyon modülleri ve solar modüller özel bir yüksek/düşük debili akış prensibi ile termosifon boylerlerin en verimli şekilde ısınmasını sağlamaktadır. Boylerin ortasına yerleştirilen bir eşik duyar elemanı yardımıyla güneş enerjisi sistemi kumanda modülü, boylerin ısınma durumunu denetlemektedir. Kumanda modülü, ısınma durumuna bağlı, anlık olarak gerekli olan yüksek veya düşük debili işletim türünü devreye sokmaktadır. Bu alternatifli işletim şekline double-match flow denmektedir.

- **Düşük Debili Akış ile Hazır Kısmın Öncelikli İşletimi**

Düşük debili akışta kumanda modülü, kolektör (FSK duyar eleman) ile boyler (FSS duyar eleman) arasında 30 K sıcaklık farkına ulaşılmasına çalışmaktadır. Bu, güneş enerjisi devresi pompasının devir sayısı ayarlanarak, yani hacimsel debi değiştirilerek yapılır. Bu şekilde sağlanan yüksek gidiş sıcaklığı ile termosifon boylerin hazır (üst) kısmı öncelikli olarak ısıtılmaktadır. Böylece ek ısıtma devreye girmeden, mümkün olduğunca primer enerjiden tasarruf edilerek çalışma sağlanır.

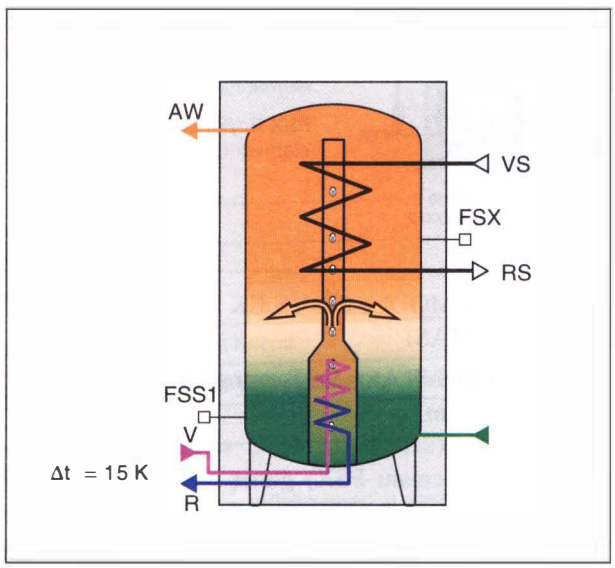
- **Yüksek Debili Akış ile Termosifon Boylerde Normal İşletim**

Boyler hazır (üst) kısmı 45°C sıcaklığa ulaştığında (eşik duyar elemanı FSX) güneş enerjisi sistemi kumanda modülü, güneş enerjisi pompasının devir sayısını artırmaktadır. Kolektör (FSK duyar eleman) ile boylerin alt kısmı (FSS duyar eleman) arasındaki hedef sıcaklık farkı 15 K'dir. Böylece sistem daha düşük bir gidiş sıcaklığı ile çalışmaktadır. Bu işletim türünde kolektör devresindeki ısı kayıpları daha az ve boyler ısınmasında sistem verimi yüksek olmaktadır.

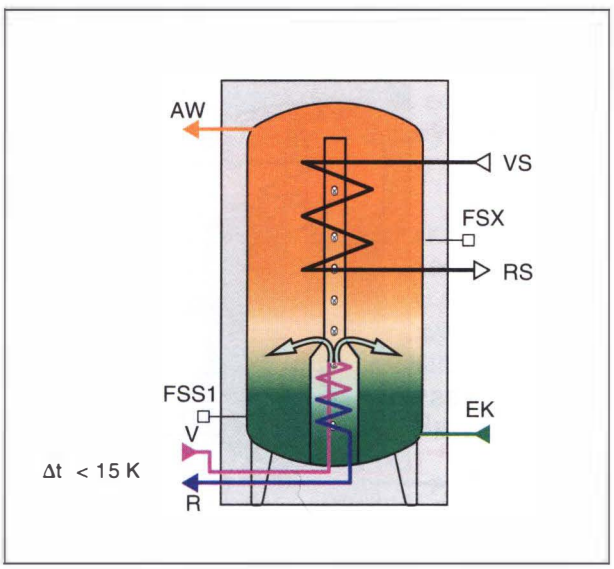


Şekil 2.109. FSX EŞİK DUYAR ELEMANDA 45°C SICAKLIĞA ULAŞILINCAYA KADAR, DÜŞÜK DEBİLİ AKIŞTA Δt=30 K İLE TERMOSİFON BOYLERİN HAZIR (ÜST) KISMININ ÖNCELİKLİ ISINMASI

Yeterli kolektör kapasitesinde kontrol sistemi hedef sıcaklık farkına ulaşarak, boyleri en ideal kolektör verimiyle ısıtmaya devam eder. Hedef sıcaklık farkına ulaşılamıyorsa, kumanda modülü pompayı durdurma kriterine ulaşıncaya kadar en düşük pompa devir sayısında tutarak, mevcut güneş ısısından en yüksek oranda faydalanılmasını sağlar. Termosifon boyler ısınan suyu uygun sıcaklık katmanında depolar. Sıcaklık farkı 5 K'in altına düşerse kumanda modülü güneş enerjisi devresi pompasını durdurur.



Şekil 2.110.A YÜKSEK GÜNEŞ IŞINIMINDA YÜKSEK DEBİLİ İŞLETİMDE Δt=15 K İLE TERMOSİFON BOYLERİN ISINMASI



Şekil 2.110.B DÜŞÜK GÜNEŞ IŞINIMINDA EN DÜŞÜK POMPA DEVİR SAYISI SAYESİNDE ULAŞILABİLEN MAKSİMUM GİDİŞ SUYU SICAKLIĞI (Δt<15 K) İLE TERMOSİFON BOYLERİN ISINMASI

- **Solar Fonksiyon Modüllerinin Solar Optimizasyon Özelliği**

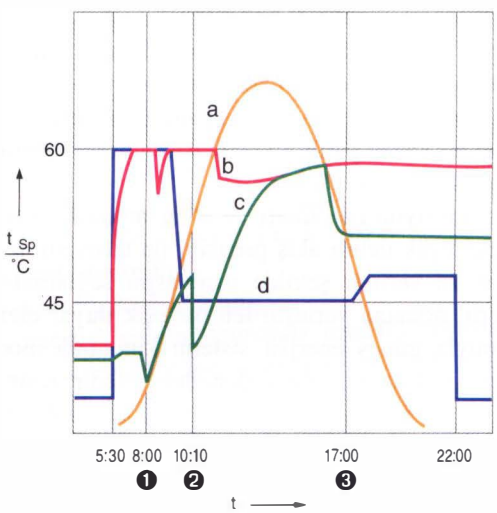
Solar optimizasyon özelliğinde, konvansiyonel ısıtma sisteminde tasarruf ve güneş enerjisi kazancının artırılması, güneş enerjisi sistemi kontrolünün kazan kontrolüne entegre edilmesi sayesinde gerçekleşmektedir. Böylece, klasik güneş enerjisi sistemi kontrolleriyle karşılaştırıldığında bu sistem kullanım suyu ısıtmasındaki ek enerji tüketimini %10'a kadar azaltmaktadır. Brülör şalt sayılarında %24'e varan düşüş gerçekleşmektedir.

Güneş enerjisi optimizasyon özelliğinde kumanda modülü;

- güneş ışınımının mevcut
- depolanan ısı miktarının sıcak su üretimine yeterli olup olmadığını tespit eder.

Genel olarak kontrolün hedefi, kazanın ek ısıtma için devreye girmesini önleyebilmek için , kullanım suyu ayar sıcaklığını geçici olarak aynı zamanda konforu da bozmayacak şekilde mümkün olabildiğince azaltmaktır.

Boylerin hazır (üst) kısmının hacmi, 60°C'lik bir depolama sıcaklığında kullanım suyu ısı ihtiyacının karşılanmasına göre tasarlanmaktadır. Boyler alt kısmı güneş enerjisi devresi ile ön ısıtmaya tabi tutulduğunda, kullanım suyunu istenen sıcaklığa kazan desteği ile hızlı bir şekilde ulaştırmak kolaylaşmaktadır. Boylerin



tsp	Boyler sıcak kullanım suyu sıcaklığı
t	Saat
a	Güneş ışınımı
b	Boyler üst kısmı kullanım suyu sıcaklığı
c	Boyler alt kısmı kullanım suyu sıcaklığı
d	Kullanım suyu ayar sıcaklığı
1	Birinci sıcak su çekişi
2	İkinci sıcak su çekişi (yeterli güneş enerjisi kazancı)
3	Üçüncü sıcak su çekişi (yeterli boyler sıcaklığı)

Şekil 2.111. SOLAR OPTİMİZASYON KONTROL ÖZELLİĞİ

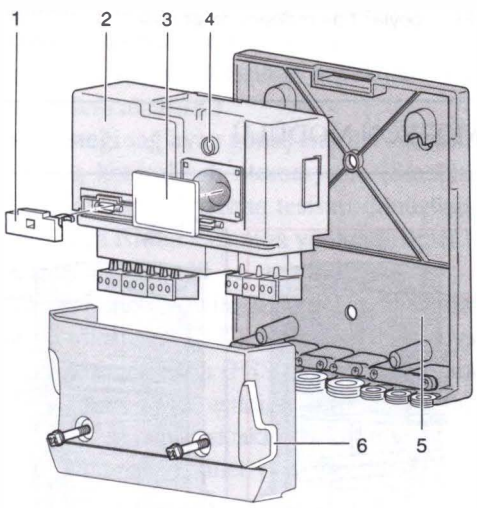
alt kısmında sıcaklık yükseldiğinde kazanın hedeflediği sıcaklık değeri kontrollü bir şekilde düşürülmekte ve böylelikle daha fazla primer enerji tasarrufu yapılabilmektedir.
30-50°C arasında istenen en düşük kullanım suyu sıcaklık değeri, devre tarafından MINSOLAR parametresi ile ayarlanabilir. Bu sıcaklık, termosifon tip depo boylerin üst kısmındaki su sıcaklığıdır.

c. Güneş Enerjisi Kumanda Panelleri ve Fonksiyon Modülleri

• Solar Modüllü (SM) EMS Kumanda Paneli

Temel Özellikler ve Farklılıklar

- EMS uyumlu ve oda kumandalı kazanlar için güneş enerjisi ile kullanım suyu ısıtmasının kontrolü
- Isıtma sistemi kontrolüne güneş enerjisi sistemi entegrasyonu (güneş enerjisi optimizasyon özelliği) sayesinde, klasik güneş enerjisi sistemi kontrolleriyle karşılaştırıldığında %10'a kadar primer enerji tasarrufu ve %24'e varan daha düşük brülör şalt sayısı
- Double-Match Flow sayesinde (eşik duyar elemanı kullanımı ile) termosifon boylerlerin hazır (üst) kısmının öncelikli ısıtılması ve enerji bakımından çok yüksek verimli işletim
- KR-VWS (ön ısıtma kademesinin termik dezefeksiyonu ve sıcak su transferi) veya sıcaklık farkı kumanda modülü (sadece sıcak su transferi) ile birlikte kullanım suyu ısıtması sağlayan iki boylerli sistemlerde kontrol imkanı



1 Sigorta girişi
2 SM10 solar modül
3 Yedek sigorta girişi
4 Arıza ikaz LED'i
5 Duvara montaj parçası
6 Klemens kapağı

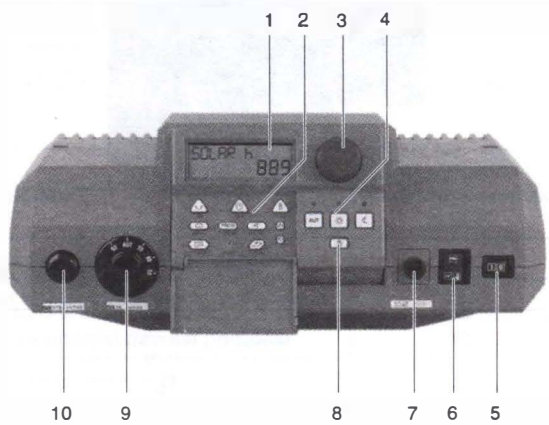
Şekil 2.112. DUVARA MONTE EDİLEBİLEN SM10 SOLAR FONKSİYON MODÜLÜ

- Montaj Şekli:
  - Güneş enerjisi hidrolik grubu içine entegre edilmiş
  - Duvara monte edilen veya kazandaki montaj yerine entegre edilen modül (sadece kumanda modülü olmayan hidrolik grup ile işletilebilir.)

• Küçük ve Orta Ölçekli Sistemler İçin Solar Fonksiyon Modülü (FM) ile Yer Tipi Kazan Kumanda Paneli

Temel Özellikler ve Farklılıklar

- Küçük ve orta ölçekli sistemlerde güneş enerjisi ile kullanım suyu ısıtmasında, düşük sıcaklık kazanları için entegre kazan/güneş enerjisi sistem kontrolü
- Yer tipi kazan kumanda paneline güneş enerjisi sistemi entegrasyonu (solar optimizasyon fonksiyonu) sayesinde, klasik güneş enerjisi sistemi kontrolleriyle karşılaştırıldığında %10'a kadar primer enerji tasarrufu ve %24'e varan daha düşük brülör şalt sayısı
- Güneş enerjisi sistemlerinin ısıtma desteği için geri dönüş kontrol seti ile birlikte kullanımı
- İki boylerli sistemlerde, sıcaklık farkı kumanda modülü ile birlikte kullanım suyu ısıtması sağlanabilir (boylerlerin seri bağlı olduğu tesisatlar).
- Sadece kumanda modülü olmayan hidrolik gruplar ile kombinasyon için uygunluk.



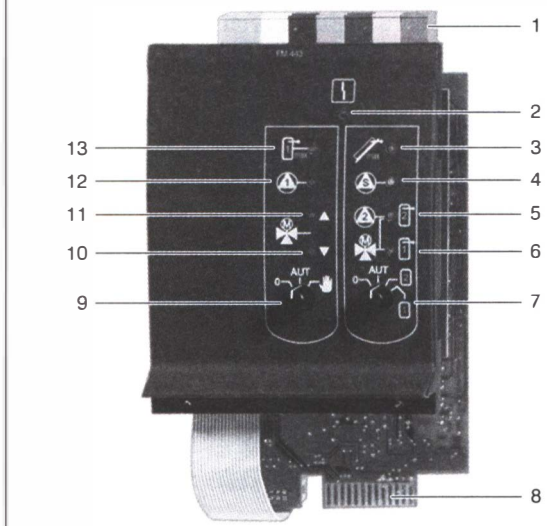
Güneş enerjisi sistemi işletimi için kullanılan kumanda paneli (FM244 Solar fonksiyon modülü ile):
1 Dijital gösterge
2 Kumanda alanı(kapaklı)
3 Ayar düğmesi
4 İşletim türü tuşları
Kazan kontrolü için diğer kumandalar:
5 Kumanda paneli açma/kapama anahtarı
6 Brülör kumandası seçim anahtarı
7 Kumanda paneli şebeke sigortası
8 Bacacı fonksiyonu tuşu
9 Kazan termostatı
10 Kazan emniyet termostatı

Şekil 2.113. ENTEGRE FM244 SOLAR FONKSİYON MODÜLÜ İLE LOGAMATIC 2107 KAZAN KUMANDA PANELİ

• **Solar Fonksiyon Modülü (FM) ile Yer ve Duvar Tipi Kazan Kumanda Paneli**

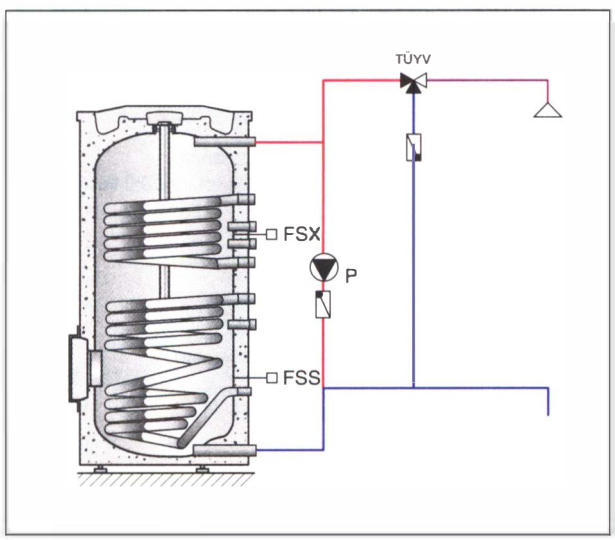
Temel Özellikler ve Farklılıklar

- Solar fonksiyon modülü, en fazla iki devreli güneş enerjisi sistemlerinde, kullanım suyu ısıtması veya ısıtma desteği ile birlikte kullanım suyu ısıtması kontrolü
- Isıtma kontrolüne sistem entegrasyonu (solar optimizasyon fonksiyonu) sayesinde klasik güneş enerjisi sistemi kontrolleri ile karşılaştırıldığında %10'a kadar primer enerji tasarrufu ve %24'e varan daha düşük brülör şalt sayısı
- Double-match flow sayesinde (FSX eşik duyar eleman ile) termosifon boylerlerin hazır (üst) kısmının öncelikli ısıtılması ve enerji bakımından verimli işletim
- Yer ve duvar tipi kazan kumanda paneli ile kullanılabilme imkanı, ısıtma desteği ve kullanım suyu ısıtması sağlayan güneş enerjisi sistemleri için gerekli olan harici ısı kaynağı tanıma özelliği
- Aksesuar seti ile birlikte ısı ölçme fonksiyonu
- Sadece kumanda modülü olmayan hidrolik gruplar ile kombinasyon için uygunluk
- Çift serpantinli boylerlerde katman oluşumu sağlama
- Kullanım suyu ısıtması sağlayan iki boylerli sistemlerde boylerler arası sıcak su transferini gerçekleştirir.
- Akıllı depolama yönetimi
- Duvar ve yer tipi kazan kumanda paneline entegrasyon olanağı

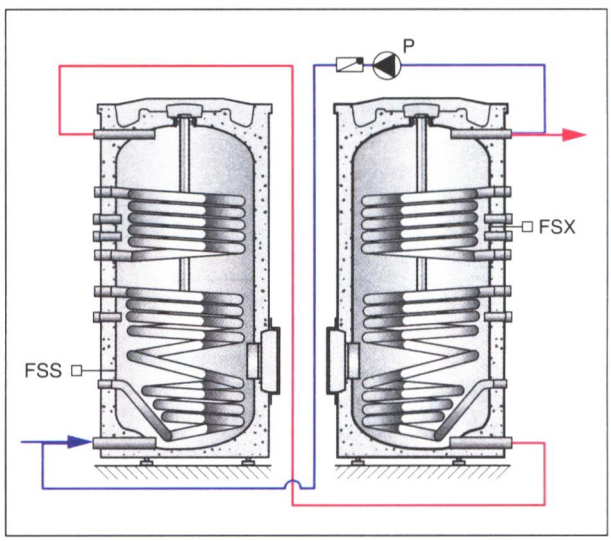


1 Bağlantı kablosu
2 LED / Gösterge modül arızası
3 LED / Kolektörde maksimum sıcaklık
4 LED / 2. güneş enerjisi devresi pompası (2. pompa) aktif
5 LED / 2. güneş enerjisi devresi pompası (2. pompa) aktif ya da üç yollu vana 2. güneş enerjisi devresi konumunda
6 LED / Üç yollu vana 1. güneş enerjisi devresi konumunda
7 Manuel kontrol, güneş enerjisi devresi seçimi
8 Kontrol kartı
9 Manuel kontrol, 1. güneş enerjisi devresi fonksiyonu
10 LED / Üç yollu vana "Isıtma desteği devre dışı" veya "Pompa çalışmıyor"
11 LED / Üç yollu vana "Isıtma desteği devrede" veya "Pompa çalışıyor"
12 LED / 1. güneş enerjisi devresi pompası aktif
13 LED / boyler 1'de maksimum sıcaklık

Şekil 2.114. FM 443 SOLAR FONKSİYON MODÜLÜ



Şekil 2.115. GÜNEŞ ENERJİSİ BOYLERİNİN TERMİK DEZENFEKSİYONU (ÖZEL UYGULAMA)



Şekil 2.116. BOYLERLERİN SERİ BAĞLI OLDUĞU TESİSATTA SICAK SU AKTARIMI

Termik Dezenfeksiyon Özelliği (Özel Uygulama)
Termik dezenfeksiyon özelliği pompa fonksiyonlarından ayarlandığında, çift serpantinli boylerlerin sıcak su çıkış ve şebeke suyu giriş devreleri arasına özel olarak bağlanan ek bir pompa, güneş enerjisi ile ön ısıtınası yapılan boylerin alt kısmının, gerektiğinde Lejyonella bakterisi oluşumunun önlenebilmesi için, DVGW-Arbeitsblatt W551'e göre günde bir defa 60°C'ye ısıtılmasını ve termik dezenfeksiyon sağlamaktadır.

Boylerler Arası Sıcak Su Transferi (Özel Uygulama)
Sıcak su transferi ayarlandığında, boylerlerin seri bağlı olduğu tesisatta bulunan pompa, güneş enerjisi boyleri ve kazan tarafından ısıtılan boyler arasında sıcak su transferi sağlamaktadır. Güneş enerjisi boyleri, kazan tarafından ısıtılan boylerden, ayarlanan değer kadar daha sıcak olduğunda, pompa çalıştırılmakta ve boylerler arasında sıcak su transferi gerçekleşmektedir. Ayrıca bu pompa yardımıyla güneş enerjisi boyleri (yani güneş enerjisi ön ısıtma kademesi) gerektiğinde özel olarak Lejyonella bakterisi oluşumunun önlenebilmesi için DVGW-Arbeitsblatt W551'e göre günde bir defa 60°C'ye ısıtılmakta ve ön ısıtma boylerinin termik dezenfeksiyonu sağlanmaktadır.

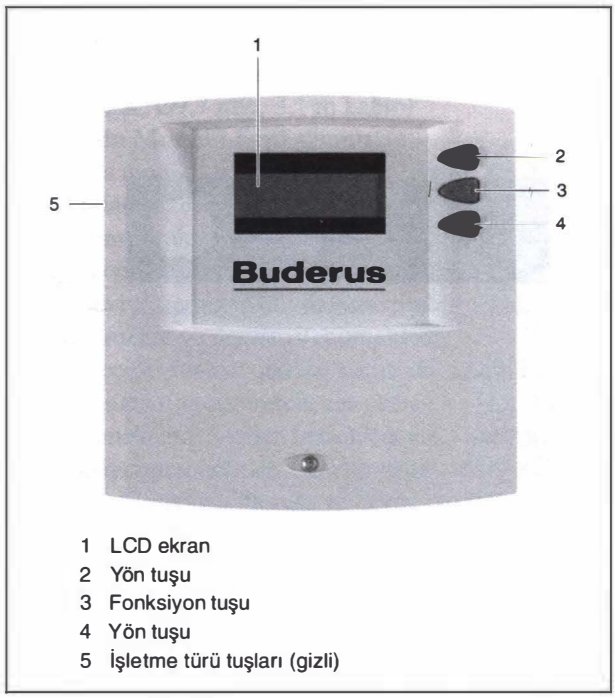
- **Sıcaklık Farkı Kumanda Modülü (SC)**

Temel Özellikler ve Farklılıklar
- Güneş enerjisi sistemleri için sıcaklık farkı kontrollü bağımsız kumanda modülü
- İki duyar eleman girişi ve bir kontrol çıkışı
- Duvara monte edilebilen kumanda modülü LCD ekranında, fonksiyon ve sıcaklık göstergesi
- İki boyler arasında sıcak su transferi için kullanım imkanı (Ön ısıtma boylerinde depolanan sıcak su diğer boylere aktarılır.)
- Isıtma desteği sağlayan güneş enerjisi sistemlerinde geri dönüş kontrol seti otomasyonu (Sıcaklık karşılaştırması yaparak ısıtma tesisatı dönüşünü depo boylere veya ısıtma kazanına yönlendirilmektedir.)

Sıcaklık Farkı Kontrolü
İstenen sıcaklık farkı 4 K ile 20 K arasında ayarlanabilmektedir (fabrika ayarı 10 K). Kolektör (FSK duyar eleman) ve boylerin alt kısmı (FSS duyar eleman) arasında ayarlanan sıcaklık farkı aşıldığında pompa çalışmaya başlamaktadır. Ayarlanan sıcaklık farkının yarısının altına inildiğinde kumanda paneli pompayı durdurmaktadır. Buna ilave olarak boyler maksimum sıcaklığı 20°C ile 90°C arasında ayarlanabilmektedir (fabrika ayarı 60°C). Boyler ayarlanan maksimum sıcaklığa ulaştığında (FSS duyar eleman) kumanda paneli pompayı durdurmaktadır.

Sıcaklık Farkı Kumanda Modülünün Göstergesi
Kumanda panelinin göstergesinde ayarlanan sıcaklık değerleri izlenebilmektedir. Bağlanan 1. ve 2. sıcaklık duyar elemanlarının güncel değerleri sözkonusu duyar eleman numarası ile gösterilmektedir.

Teslimat Kapsamı
Standart teslimat kapsamına dahil olanlar:
- Bir FSK Kolektör sıcaklık duyar elemanı (NTC 20 K, Ø6 mm, 2,5 m kablo)
- Bir FSS Boyler sıcaklık duyar elemanı (NTC 10 K, Ø9,7 mm, 3,1 m kablo)



1 LCD ekran
2 Yön tuşu
3 Fonksiyon tuşu
4 Yön tuşu
5 İşletme türü tuşları (gizli)

Şekil 2.117. LOGAMATIC SC10 KUMANDA MODÜLÜ

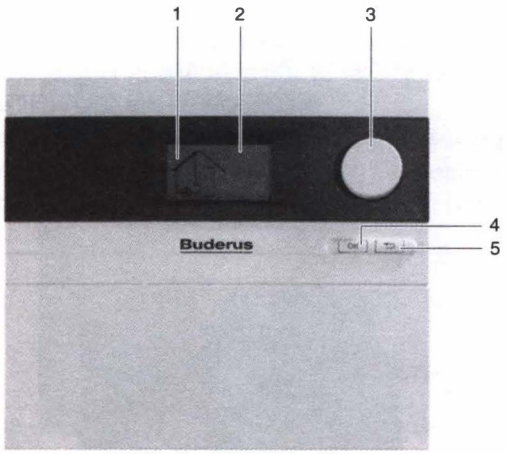
Uygulama	Tavsiye edilen çalıştırma sıcaklık farkı K
İki boyler arası sıcak su aktarımı	10
Geri dönüş kontrolü (üç yollu vana)	6
Güneş enerjisi devresi pompası	10

Tablo 2.118. TAVSİYE EDİLEN ÇALIŞTIRMA SICAKLIK FARKI

- **Tek Devreli Güneş Enerjisi Sistemleri İçin Kumanda Modülü (SC)**

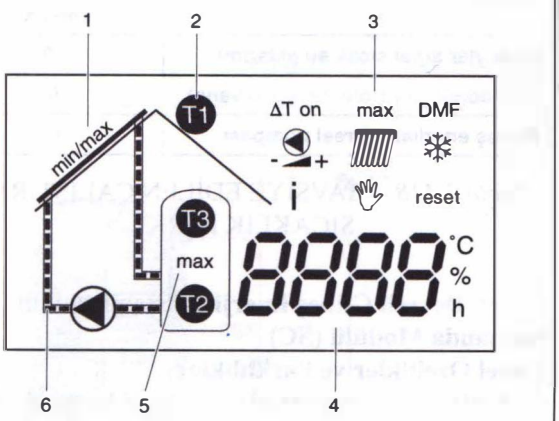
Temel Özellikler ve Farklılıklar
- Kullanım suyu ısıtması için kazan kumanda panelinden bağımsız güneş enerjisi sistemi kontrolü
- Double-match flow sayesinde termosifon boylerlerin hazır kısmının öncelikli ısıtılması ve enerji bakımından verimli işletim sağlanması (FSX eşik duyar eleman AS1 veya AS1.6 boyler bağlantı seti aksesuarı olarak temin edilebilir.)
- Montaj şekli:
  - Hidrolik gruba entegre edilmiş olarak
  - Hidrolik gruptan ayrı duvara monte edilebilir şekilde

- Üç duyar eleman girişi ve minimum modülasyon sınırı ayarlanabilen oransal kontrollü bir güneş enerjisi devresi pompası için bir kontrol çıkışı ile tek devreli sistemlerin kolay kontrolü ve izlenmesi
- Sistem şemalı, aydınlatmalı LCD ekran. Otomatik işletimde sistem değerleri (sıcaklık, işletim süreleri, pompa devir sayısı) gösterimi



1 Sistem şeması
2 LCD ekran
3 Ayar düğmesi
4 "OK" fonksiyon tuşu
5 "Üst menü" tuşu

Şekil 2.119. LOGAMATIC SC20 KUMANDA MODÜLÜ



1 Kolektör maksimum sıcaklığı veya kolektör minimum sıcaklığı göstergesi
2 Sıcaklık duyar elemanı sembolü
3 LCD ekran
4 Çoklu fonksiyon göstergesi (sıcaklık, işletim süresi vb)
5 Boyler maksimum sıcaklığı göstergesi
6 Güneş enerjisi devre şeması

Şekil 2.120. LOGAMATIC SC20 KUMANDA MODÜLÜ LCD EKRANI

- Kolektör maksimum sıcaklığı aşıldığında pompa durdurma özelliği. Kolektör minimum sıcaklığının (20°C) altına inildiğinde, diğer çalıştırma şartları mevcut olsa dahi pompanın çalıştırılmaması
- Vakum borulu kolektör fonksiyonunda, 20°C'lik bir kolektör sıcaklığından itibaren, güneş enerjisi devresi pompasının ısı taşıyıcı akışkanı duyar elemana pompalamak için her 15 dakikada bir kısa süreli çalıştırılması

Kumanda Modülü Göstergesi

Dijital gösterge, daha önce tarifi yapılan parametrelere ilave olarak, güneş enerjisi devresi pompasının devrini de yüzde olarak gösterebilmektedir.

FSX Duyar eleman (AS1 boyler bağlantı seti) ile opsiyonel olarak tespit edilebilenler;

- Kullanım suyu boylerinin üst kısmındaki sıcaklık
- Double-match flow için (FSX eşik duyar eleman) boyler orta nokta sıcaklığı

Teslimat Kapsamı

Standart teslimat kapsamına dahil olanlar:

- Bir FSK Kolektör sıcaklık duyar elemanı (NTC 20 K, Ø6 mm, 2,5 m kablo)
- Bir FSS Boyler sıcaklık duyar elemanı (NTC 10 K, Ø9,7 mm, 3,1 m kablo)

Kumanda Modülü Fonksiyonu

Otomatik işletimde bağlanan iki sıcaklık duyar elemanı arasında istenen sıcaklık farkı 7 K ile 20 K arasında ayarlanabilir (fabrika ayarı 10 K). Kolektör (FSK duyar eleman) ile boylerin alt kısmı (FSS duyar eleman) arasında, bu sıcaklık farkı aşıldığında pompa çalışmaya başlamaktadır. Ekranda ısı taşıyıcı akışkanın akışı hareketli olarak gösterilmektedir (*Şekil 2.120, poz.6*). Tek devreli güneş enerjisi sistemleri için kumanda modülü ile sağlanan devir sayısı kontrol imkanı sayesinde sistem verimi yükselmektedir. Ayrıca devir sayısı için bir minimum değer belirlenebilmektedir.

Ayarlanan minimum sıcaklık farkının altına inildiğinde kumanda paneli pompayı durdurur. Pompanın korunması için son çalışmasından yaklaşık 24 saat sonra otomatik olarak yaklaşık 3 saniye çalıştırılmaktadır.

Ayar düğmesi yardımıyla çeşitli sistem değerleri (sıcaklık, işletim süreleri, pompa devir sayısı) izlenebilmektedir. Sıcaklık değerleri pozisyon numaraları yardımıyla sistem şemasında verilmektedir.

Modül, bunun dışında sistem şemasında gerektiğinde gösterilen boyler maksimum sıcaklığının 20°C ile 90°C arasında ayarlanmasını sağlamaktadır. Aynı şekilde kolektör maksimum ve minimum sıcaklıklarına ulaşıldığında, ekranda bu görüntülenmektedir. Kolektör maksimum sıcaklığı aşıldığında pompa durdurulmaktadır. Kolektör minimum sıcaklığının altına inildiğinde ise diğer tüm çalışma şartları mevcut olsa dahi pompa çalıştırılmaz.

Modüle entegre edilmiş olan vakum borulu kolektör fonksiyonu, kısa süreli pompa çalıştırma özelliği ile vakum borulu kolektörler için, verimli işletim sağlamaktadır.

Double-match flow fonksiyonu, (sadece ilave AS1 boyler bağlantı seti aksesuarı olan FSX duyar eleman ile mümkündür) devir sayısı kontrolü ile birlikte, kazanın kullanım suyu ısıtması için devreye girme sayısını azaltmakta ve üst kısımda hazır sıcak su miktarını artırmaktadır.

• İki ve Üç Devreli Güneş Enerjisi Sistemleri İçin Kumanda Modülü (SC)

Temel Özellikler ve Farklılıklar

- Çeşitli uygulamalar için (kullanım suyu ısıtması, ısıtma desteği, havuz ısıtması) 27 adet seçilebilen farklı sistem konfigürasyonu
- Kazan kontrolünden bağımsız güneş enerjisi sistemi kontrolü
- Montaj şekli:
  - Hidrolik gruba entegre edilmiş olarak
  - Hidrolik gruptan ayrı duvara monte edilebilir şekilde
- Sekiz adet duyar eleman girişi ve ikisi minimum modülasyon sınırı ayarlanabilen oransal kontrollü güneş enerjisi devresi pompalarına ait olan, beş adet kontrol çıkışı ile üç devreye kadar sistemlerin, kolay kontrolü ve izlenmesi
- Seçilen güneş enerjisi sistemini gösteren, aydınlatmalı LCD ekran ile otomatik işletimde sistem değerlerinin (pompa konumu, sıcaklık değerleri, seçilen fonksiyonlar, arıza ikazları) izlenebilme imkanı
- Veri alınması ve kalorimetre entegrasyonu için opsiyonel RS232 seri arabirim
- Isıtma desteği sağlayan güneş enerjisi sistemlerinde geri dönüş kontrolü için kontrol çıkışı
- Lejyonella bakterisi oluşumuna karşı ön ısıtma boylerinin termik dezenfeksiyonu
- Ön ısıtma boylerli ve kazan boylerli güneş enerjisi sistemlerinde, kazan boylerinin sıcaklığı ön ısıtma boylerinin sıcaklığının altına düştüğünde pompa kontrolüyle boylerler arasında sıcak su aktarımı
- İki devreli güneş enerjisi sisteminde önceliğin belirlenmesi ve bir pompa veya üç yollu vana yardımıyla ikinci devre kontrolü
- İki kolektör grubunun bağımsız işletimi için (örneğin doğu-batı doğrultulu) iki güneş enerjisi pompasının opsiyonel kontrol imkanı
- Güneş enerjisi boylerinin ısıtılması için harici bir plakalı ısı değiştiricinin kontrolü
- Durgunluk sürelerinin azaltılması için, uygun güneş enerjisi devresi pompa işletimi ile kolektör grubunun soğutulması
- Vakum borulu kolektör fonksiyonunda, 20°C kolektör sıcaklığından itibaren, güneş enerjisi devresi pompasının sıcak ısı taşıyıcı akışkanın duyar elemana gönderilmesi için, her 15 dakikada bir kısa süreli çalıştırılması

İki ve Üç Devreli Güneş Enerjisi Sistemleri İçin Kumanda Modülü Göstergesi

Önceden programlanmış 27 adet sistem şeması seçilebilir ve hafızaya alınabilir.

Teslimat Kapsamı

Standart teslimat kapsamına dahil olanlar:

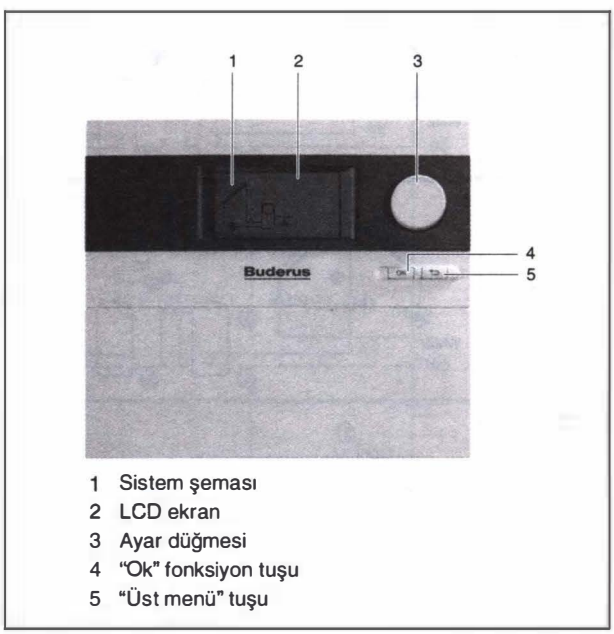
- Bir FSK Kolektör sıcaklık duyar elemanı (NTC 20 K, Ø6 mm, 2,5 m kablo)
- Bir FSS Boyler sıcaklık duyar elemanı

(NTC 10 K, Ø9,7 mm, 3,1 m kablo)

Kumanda Modülü Fonksiyonu

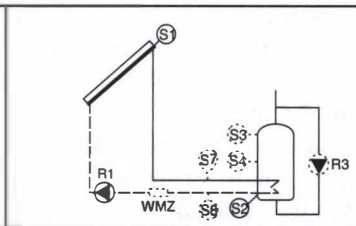
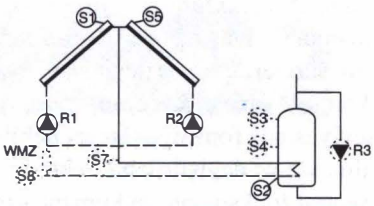
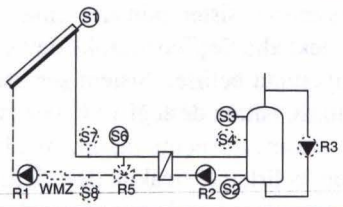
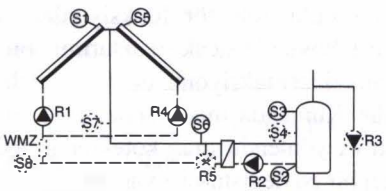
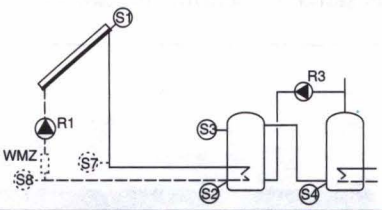
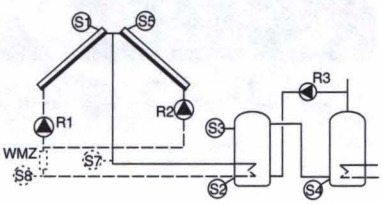
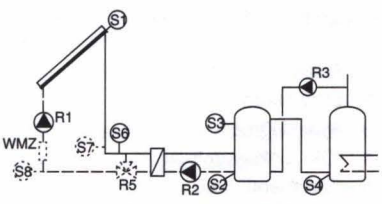
Kumanda modülü iki farklı arayüze ayrılmıştır. Göstergede kullanıcı seviyesinde çeşitli sistem verileri (sıcaklık, işletim süreleri, pompa devir sayısı, ısı miktarı, geri dönüş kontrol vanası konumu) gösterilebilmektedir. Servis seviyesinde fonksiyonlar seçilebilmekte, ayarlar yapılabilmekte ve değiştirilebilmektedir.

Sistem seçimi fonksiyonu ile kumanda modülü üzerinden güneş enerjisi sisteminin ana şeması ve hidrolik devresi seçilmektedir. Seçilen hidrolik devre, sistem tasarımı ve fonksiyonunu belirler. Sistem şemasındaki kullanım suyu ısıtması, ısıtma desteği ve havuz ısıtması sağlayan sistemler arasından seçim yapılır. Ayarlar, sistem işletimi için tüm belirleyici sıcaklık değerlerini, sıcaklık farklarını, pompa devirlerini ve opsiyonel ek fonksiyonları (vakum borulu kolektör fonksiyonları, ısı miktarının ölçülmesi, boylerde sıcak su aktarımı , ön ısıtma hacminin termik dezenfeksiyonu, double-match flow vb) içermektedir. Kumanda modülünde, ilave olarak iki farklı doğrultuya yönlendirilmiş kolektör grubunun kontrolü ve harici bir ısı değiştiricisi yardımıyla boyler ısıtılması gibi özel şartlar da belirtilebilmektedir.

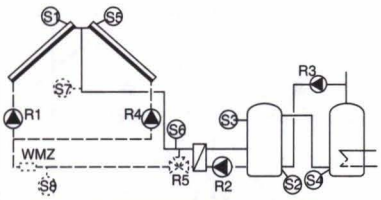
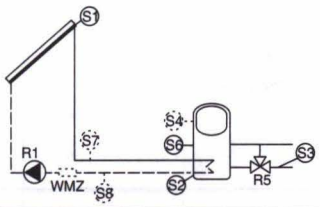
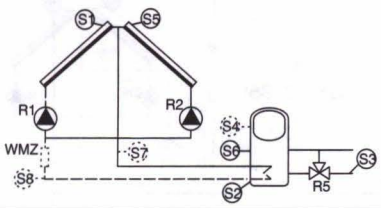
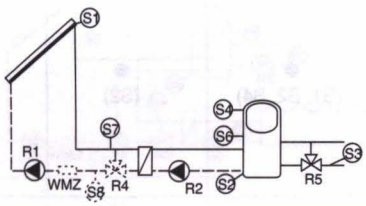
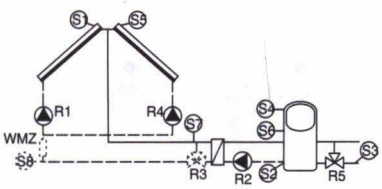
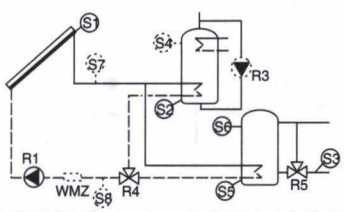
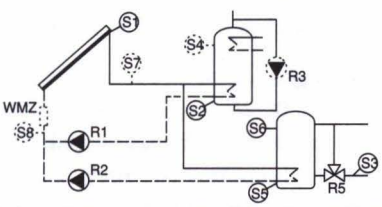


1 Sistem şeması
2 LCD ekran
3 Ayar düğmesi
4 "Ok" fonksiyon tuşu
5 "Üst menü" tuşu

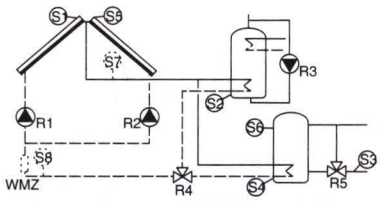
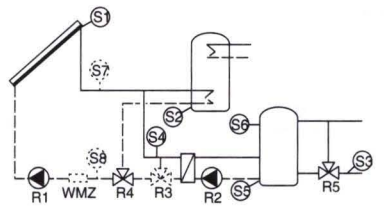
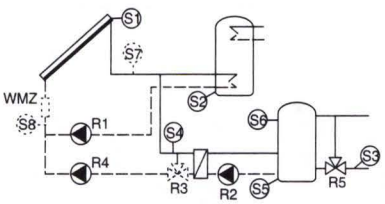
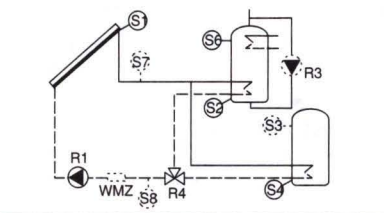
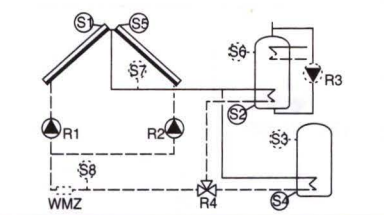
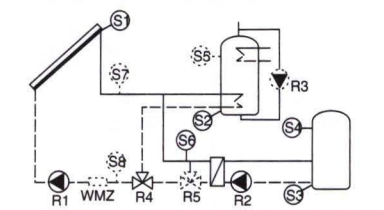
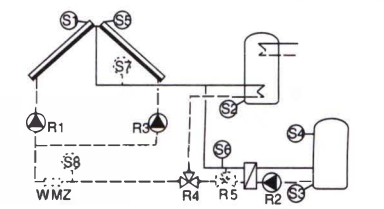
Şekil 2.121. LOGAMATIC SC40 KUMANDA MODÜLÜ

Hidrolik devre no	Sistem şeması gösterimi	Seçilebilen hidrolik devreye bağlı ek fonksiyonlar			
		Double-Match Flow	Soğutma fonksiyonu	Günlük termik dezenfeksiyon	Kolektör donma koruması
Kullanım suyu ısıtması					
T1		● (S4)	● (S1, S2)	● (S2, S3)	–
T2		● (S4)	● (S1, S2, S5)	● (S2, S3)	–
T3		● (S4)	● (S1, S2)	● (S2, S3)	● (S6)
T4		● (S4)	● (S1, S2, S5)	● (S2, S3)	● (S6)
T5		● (S3)	● (S1, S2)	● (S2, S3, S4)	–
T6		● (S3)	● (S1, S2, S5)	● (S2, S3, S4)	–
T7		● (S3)	● (S1, S2)	● (S2, S3, S4)	● (S6)

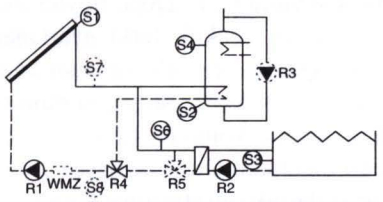
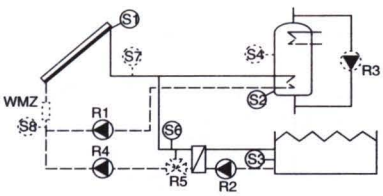
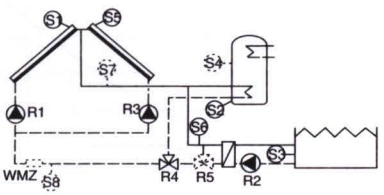
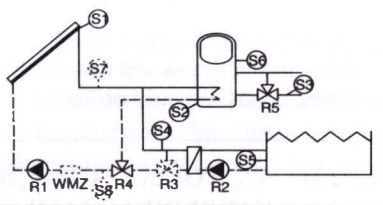
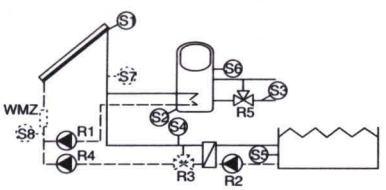
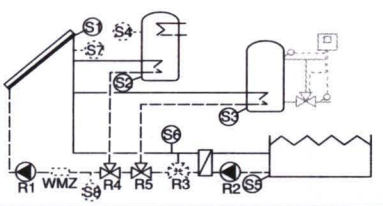
Tablo 2.122. LOGAMATIC SC40 KUMANDA MODÜLÜ SİSTEM VE FONKSİYON TABLOSU
Sembol açıklaması: • Seçilebilen fonksiyon, - Seçilemeyen fonksiyon, (S..) Gerekli sıcaklık duyar elemanı

Hidrolik devre no	Sistem şeması gösterimi	Seçilebilen hidrolik devreye bağlı ek fonksiyonlar			
		Double-Match Flow	Soğutma fonksiyonu	Günlük termik dezenfeksiyon	Kolektör donma koruması
T8		● (S3)	● (S1, S2, S5)	● (S2, S3, S4)	● (S6)
Isıtma desteği					
H1		● (S4)	● (S1, S2)	–	–
H2		● (S4)	● (S1, S2, S5)	–	–
H3		–	● (S1, S2)	–	● (S7)
H4		–	● (S1, S2, S5)	–	● (S7)
H5		● (S4)	● (S1, S2, S5)	● (S2, S4)	–
H6		● (S4)	● (S1, S2, S5)	● (S2, S4)	–

Tablo 2.122. LOGAMATIC SC40 KUMANDA MODÜLÜ SİSTEM VE FONKSİYON TABLOSU *(Devam)*
Sembol açıklaması: • Seçilebilen fonksiyon, - Seçilemeyen fonksiyon, (S..) Gerekli sıcaklık duyar elemanı

Hidrolik devre no	Sistem şeması gösterimi	Seçilebilen hidrolik devreye bağlı ek fonksiyonlar			
		Double-Match Flow	Soğutma fonksiyonu	Günlük termik dezenfeksiyon	Kolektör donma koruması
H7		–	● (S1, S2, S4, S5)	● (S2)	–
H8		–	● (S1, S2, S5)	–	● (S4)
H9		–	● (S1, S2, S5)	–	● (S4)
H10		● (S6)	● (S1, S2, S4)	● (S2)	–
H11		● (S6)	● (S1, S2, S4, S5)	● (S2)	–
H12		● (S5)	● (S1, S2, S3)	● (S2)	● (S6)
H13		–	● (S1, S2, S3, S5)	–	● (S6)

Tablo 2.122. LOGAMATIC SC40 KUMANDA MODÜLÜ SİSTEM VE FONKSİYON TABLOSU *(Devam)*
Sembol açıklaması: • Seçilebilen fonksiyon, - Seçilemeyen fonksiyon, (S..) Gerekli sıcaklık duyar elemanı

Hidrolik devre no	Sistem şeması gösterimi	Seçilebilen hidrolik devreye bağlı ek fonksiyonlar			
		Double-Match Flow	Soğutma fonksiyonu	Günlük termik dezenfeksiyon	Kolektör donma koruması
Havuz ısıtması					
S1		● (S4)	–	● (S2, S4)	● (S6)
S2		● (S4)	–	● (S2, S4)	● (S6)
S3		–	–	–	● (S6)
S4		–	–	–	● (S4)
S5		–	–	–	● (S4)
S6		● (S4)	–	–	● (S6)

Tablo 2.122. LOGAMATIC SC40 KUMANDA MODÜLÜ SİSTEM VE FONKSİYON TABLOSU *(Devam)*
Sembol açıklaması: • Seçilebilen fonksiyon, - Seçilemeyen fonksiyon, (S..) Gerekli sıcaklık duyar elemanı

İki ve üç devreli sistemler için kumanda modülleri aşağıdaki ek özelliklere sahiptir;

- Geri dönüş kontrol bağlantısı ile ısıtma desteği
- Bir plakalı ısı değiştiricisi yardımıyla havuz ısıtması
- İkinci devrenin bir pompa veya üç yollu vana ile kontrolü
- Boylerlerin seri bağlı olduğu tesisatta sıcak su aktarımı sağlayan pompanın kontrolü
- İki kolektör grubunun ayrı işletimi için doğu-batı kontrolü
- Lejyonella bakterisi oluşumuna karşı ön ısıtma boylerinin termik dezenfeksiyonu
- Entegre edilmiş debi ölçer ile kalorimetre fonksiyonu (opsiyonel)
- Harici ısı değiştirici yardımıyla boyler ısıtılması
- RS 232 seri ara birim ile veri aktarımı

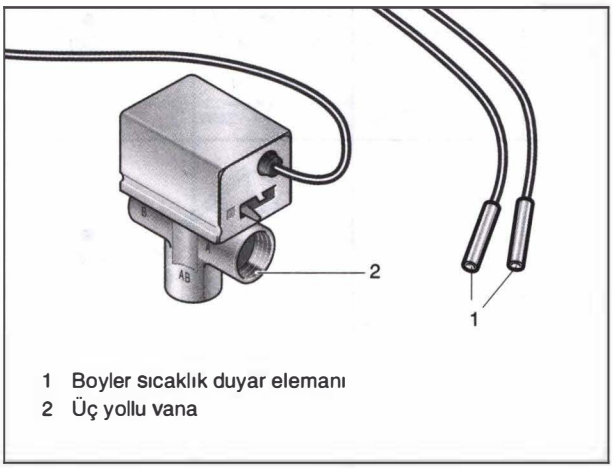
- Durgunluk sürelerinin azaltılması için kolektör grubunun soğutulması
- Hızlı arıza tespiti ve basit fonksiyon testi uygulaması

d. Özel Fonksiyonlar

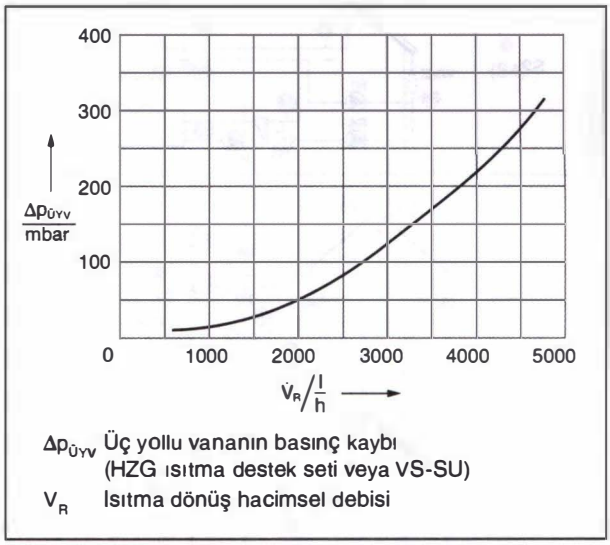
• Geri Dönüş Kontrolü ile Isıtma Desteği

Aksesuar olarak temin edilebilen otomasyonsuz geri dönüş kontrol üç yollu vanası yardımıyla güneş enerjisinden sağlanan ısıtma desteği yer ve duvar tipi kazan solar fonksiyon modülü (FM) veya iki ve üç devreli sistemler için kumanda modülü (SC) ile kontrol edilebilir. Geri dönüş kontrol üç yollu vanası, depo boyleri ısıtma dönüş hattına hidrolik olarak bağlar. Depo boylerdeki sıcaklık, ayarlanabilen bir değer kadar ısıtma devresi dönüş sıcaklığından yüksek ise, üç yollu vananın depo boyler yönündeki çıkışı açılır. Depo boyler, kazana giden dönüş suyunu ısıtır. Depo boyler ile ısıtma dönüş suyu arasındaki sıcaklık farkı ayarlanan bir değerin altına düştüğünde, üç yollu vananın kazan yönündeki çıkışı açılır ve boylerden su geçişi olmaz.

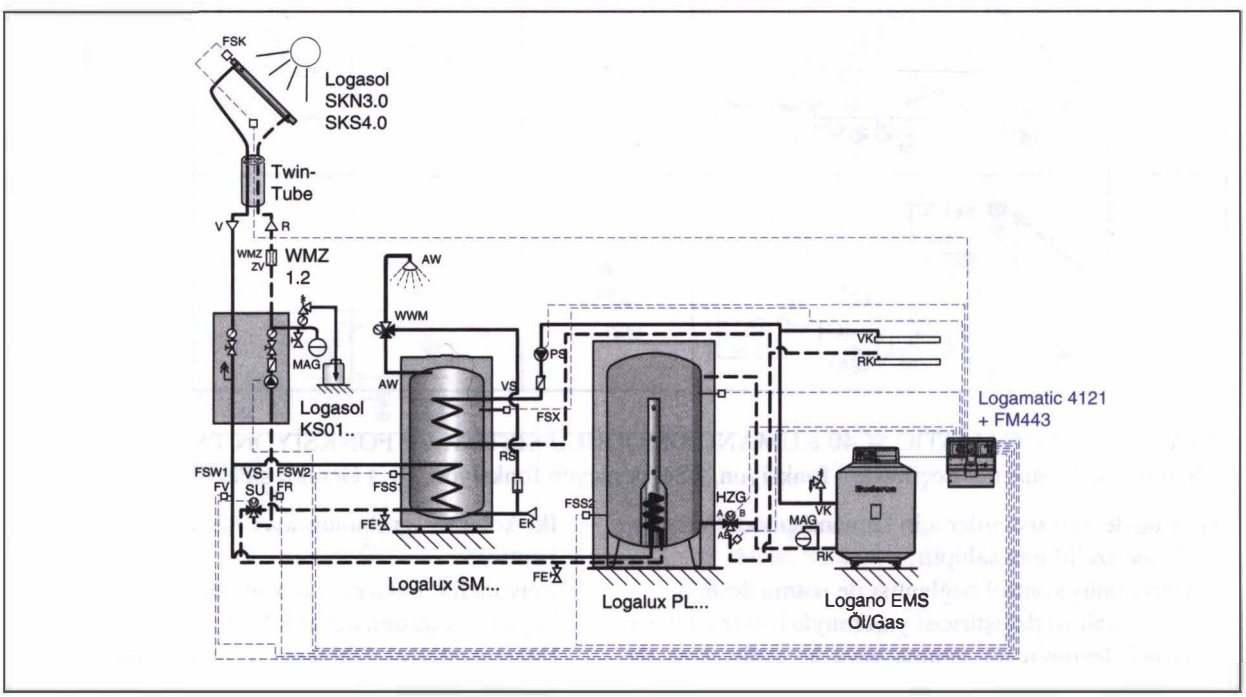
Üç yollu vananın konumu kumanda modülü ekranında gösterilmektedir. Otomasyonsuz geri dönüş kontrol seti (ısıtma destek seti) teslimat kapsamı:



Şekil 2.123. ÜÇ YOLLU VANALI VE İKİ BOYLER SICAKLIK DUYAR ELEMANLI HZG ISITMA DESTEK SETİ



Şekil 2.124. ÜÇ YOLLU VANA İÇİN BASINÇ KAYBI DİYAGRAMI



Şekil 2.125. SOLAR FONKSİYON MODÜLÜ İLE KONTROL EDİLEN İKİ DEVRELİ GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİ

- İki adet FSS sıcaklık duyar elemanı (2. devre sıcaklık duyar elemanı olarak kullanıma uygundur. NTC 10 K, Ø9,7 mm, 3,1 m kablo)
- Üç yollu vana iki devreli güneş enerjisi sistemlerinde ayırıcı vana olarak da kullanıma uygundur. (Dişli bağlantı Rp 1)

• **İki Devreli Güneş Enerjisi Sistemleri**

Duvar ve yer tipi kazan solar fonksiyon modülü (FM) veya iki ve üç devreli sistemler için kumanda modülü (SC), aksesuar olarak temin edilebilen FSS 2. devre duyar eleman seti ve ayırıcı üç yollu vana ile birlikte kullanılarak iki farklı güneş enerjisi devresi kontrolü yapılabilmektedir.

Ayırıcı vana kullanımına alternatif olarak, ilave hidrolik grup (tek hatlı pompa grubu) da kullanılabilir. İstenen devreye ısıtma önceliği atanabilir (standart ayar 1.devre). Ayarlanan 10 K sıcaklık farkı aşıldığında güneş enerjisi sistemi kumanda paneli birinci devre pompasını çalıştırır Güneş enerjisi kumanda modülü, seçime bağlı olarak bir üç yollu vana veya ilave bir güneş enerjisi devresi pompası yardımıyla akışı,

- birinci devre boyler maksimum sıcaklığına ulaşmış ise veya
- birinci devredeki sıcaklık farkı en düşük debili işletime rağmen bu devreye fayda sağlayamıyorsa

ikinci devreye yönlendirir.

İkinci devrenin ısıtılması, her 30 dakikada bir kolektördeki sıcaklık yükselmesinin denetlenmesi için durdurulmaktadır. Kolektör sıcaklığı dakikada 1 K'den daha hızlı artıyorsa,

- Kolektör sıcaklık duyar elemanındaki sıcaklık artışı dakikada 1 K'den daha az oluncaya veya
- Birinci devredeki sıcaklık farkı öncelikli devrenin ısıtılmasına yeterli oluncaya kadar denetim tekrarlanır.

Duvar ve yer tipi kazan için solar fonksiyon modülü (FM) ve iki ve üç devreli sistemler için kumanda modülü (SC) ısıtılmakta olan devreyi göstermektedir. İkinci devre için aksesuar olarak gerekli olanlar:

- Ayırıcı üç yollu vana (Dişli bağlantı Rp1) Alternatif: İlave hidrolik grup
- FSS duyar eleman seti (NTC 10K, Ø9,7 mm, 3,1 mm kablo)

• **Kalorimetre (Opsiyonel)**

Duvar ve yer tipi kazan solar fonksiyon modülü (FM) ve iki ve üç devreli sistemler için kumanda modülü (SC) kalorimetre fonksiyonu yazılımına sahiptir.

Kalorimetre kullanıldığında güneş enerjisi devresindeki ısı miktarı, glikol içeriği (%0 ile %50 arasında ayarlanabilir) göz önüne alınmak suretiyle doğrudan tespit edilebilmektedir.

Böylelikle güneş enerjisi devresindeki ısı miktarı ve anlık ısı kapasitesi (sadece duvar ve yer tipi kazan FM solar fonksiyon modülünde) veya hacimsel debi izlenebilmektedir.

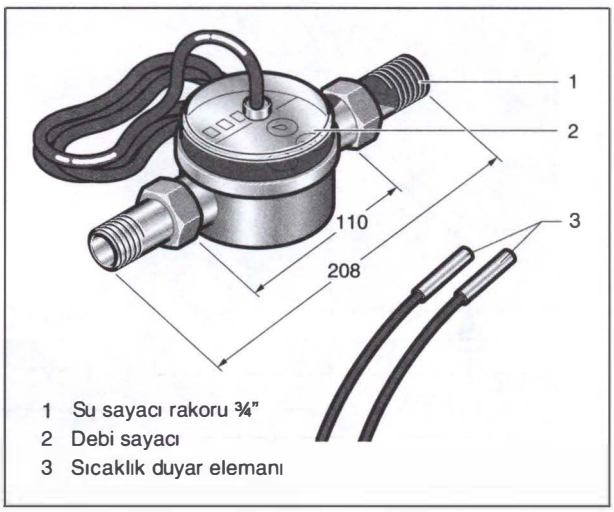
Teslimat kapsamı:

- debi sayacı, iki ¾" rakorlu su sayacı
- duvar ve yer tipi kazan için solar fonksiyon modülü (FM) ve iki ve üç devreli sistemler için kumanda modülüne (SC) bağlantı için iki sıcaklık duyar elemanı (yüzey duyar elemanı) (NTC 10 K, Ø9,7 mm, 3,1 mm kablo)

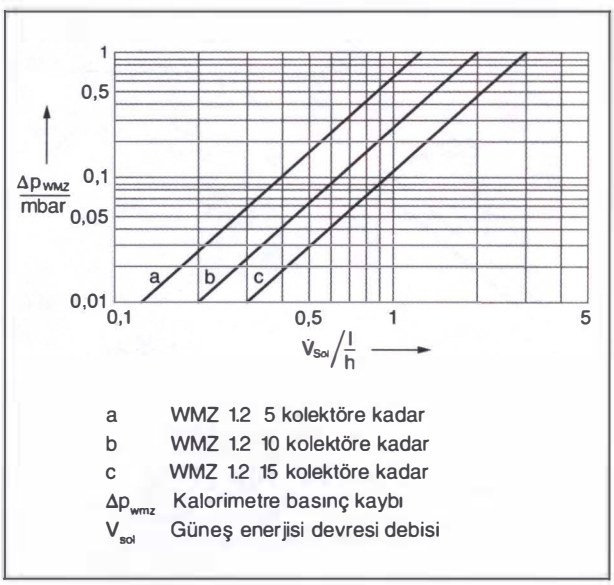
Farklı devre debileri nedeniyle 3 değişik kalorimetre mevcuttur:

- Maksimum 5 kolektör için (anma debisi 0,6 m³/h)
- Maksimum 10 kolektör için (anma debisi 1,0 m³/h)
- Maksimum 15 kolektör için (anma debisi 1,5 m³/h)

Hacimsel debi sayacı güneş enerjisi sistemi dönüşüne monte edilmelidir. Yüzey duyar elemanları, kelepçeler ile gidiş ve dönüş borularına tespit edilir. Üç yollu vananın ve debi sayacının basınç kayıpları hidrolik grup seçiminde göz önüne alınmalıdır.



Şekil 2.126. WMZ 1.2 KALORİMETRE SETİ



Şekil 2.127. WMZ 1.2 KALORİMETRE SETİ BASINÇ KAYBI

- **Farklı Yönlendirilmiş İki Kolektör Grubu (Doğu-Batı Kontrolü)**

Çatı alanının kolektör yerleşimi için yetersiz olması durumunda doğu-batı kontrolü yapabilen sistem işletimi seçilir. Burada kolektörler iki farklı çatı alanına dağıtılmakta, bu da tesisat ve kontrol ile ilgili özel durumlar oluşturmaktadır.

Sistem kontrolü iki hidrolik grup (2 hatlı ve 1 hatlı) ile yapılabilir. Bunun avantajı her iki kolektör grubunun gün ortasında aynı anda işletilebilmesidir.

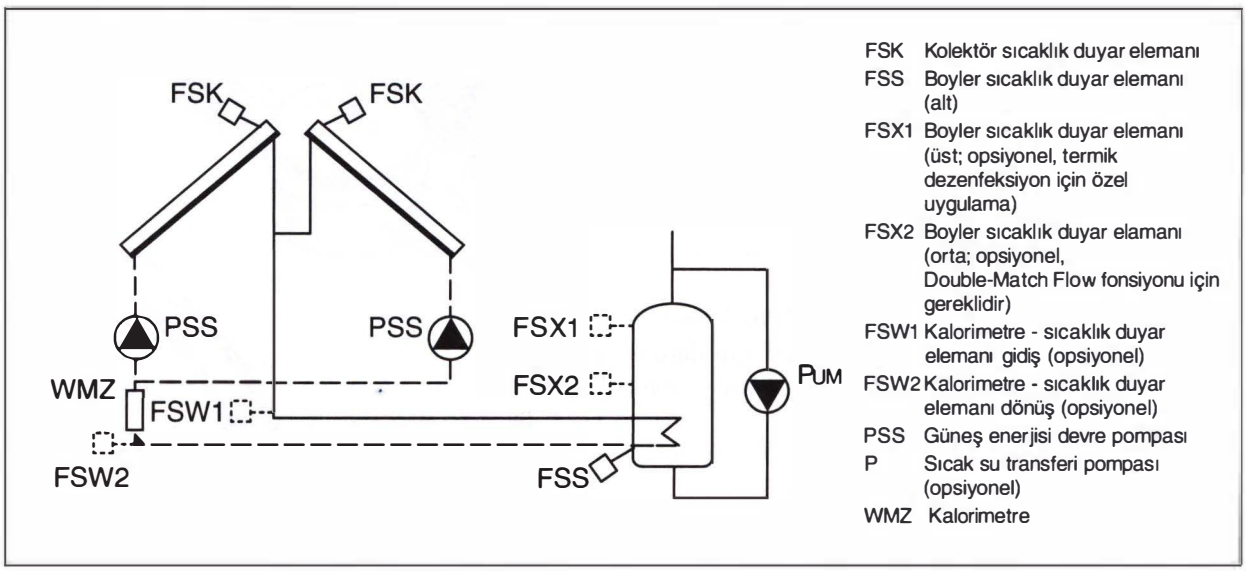
İki hidrolik grup ile işletimde devrelerin ayrı kontrolü gerekli olup bunu da iki ve üç devreli sistemler için kumanda modülü (SC) üstlenir.

- **Harici Bir Isı Değiştirici ile Boyler Isıtınası**

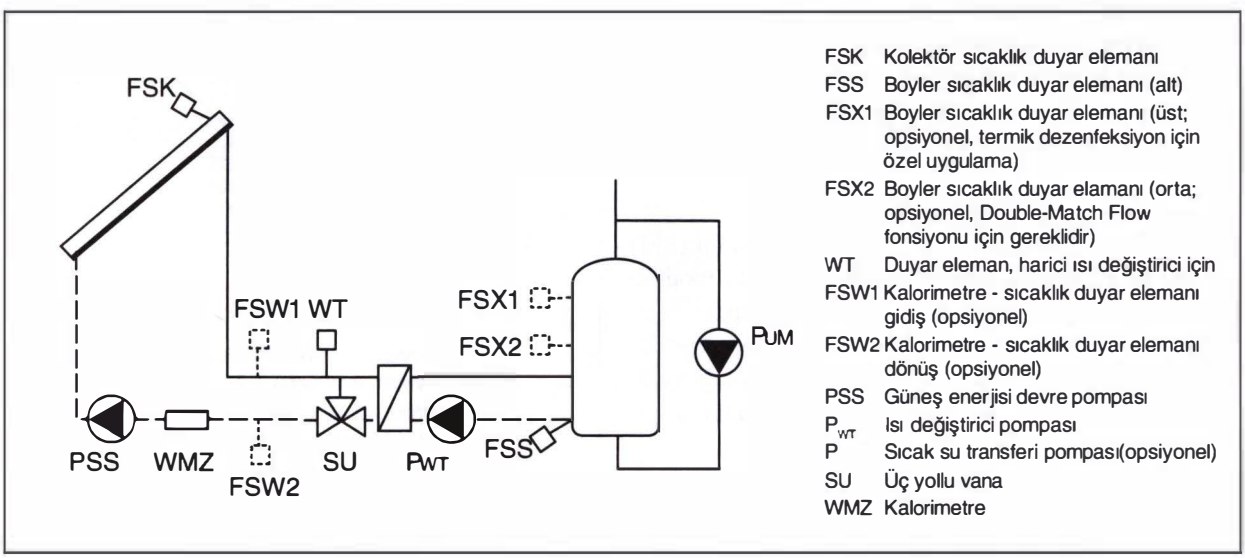
Çok yüksek kullanım suyu tüketimi ve nispeten küçük bir depolama hacmine karşılık büyük bir kolektör alanına sahip veya birden fazla sayıda güneş enerjisi boylerinden (depo boylerden) ortak bir ısı transferi gerçekleşecek bir sistem mevcut ise, bu sistem tipi uygundur. Her iki durumda da boylere entegre edilmiş olan serpantinlerin sağlayamayacağı kadar yüksek bir ısı değiştirici kapasitesi gereklidir.

Hidrolik açıdan ısı değiştiricinin sekonder tarafında bir pompaya daha ihtiyaç duyulmakta ve bunun da kontrol edilmesi gerekmektedir. Bu fonksiyon iki ve üç devreli sistemler için kumanda modülü (SC) tarafından yürütülebilir.

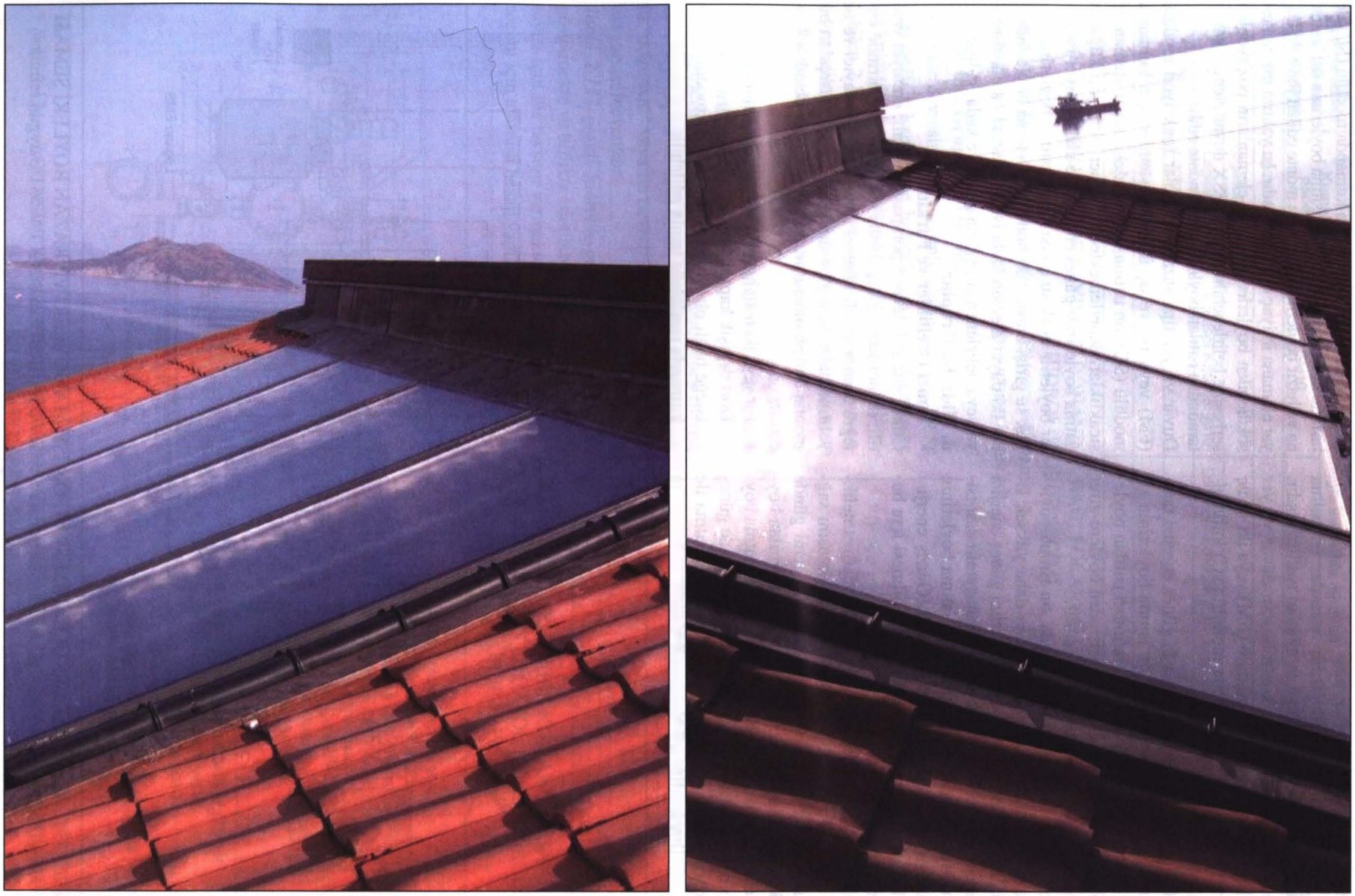
Bu sistemde, ısı değiştiricinin primer ve sekonder tarafında iyi bir hidrolik dengelemenin sağlanmış olmasına dikkat edilmelidir.



Şekil 2.128. İKİ HİDROLİK GRUP İLE SAĞLANAN DOĞU-BATI KONTROLÜ



Şekil 2.129. HARİCİ BİR ISI DEĞİŞTİRİCİ İLE SAĞLANAN BOYLER ISITMASININ KONTROLÜ



Şekil 2.130. FARKLI YÖNLENDİRİLMİŞ İKİ KOLEKTÖR GRUBU UYGULAMA ÖRNEĞİ

• **Boylerlerin Seri Bağlanması**

Boylerlerin seri bağlı olduğu bir tesisatta ön ısıtma boyleri güneş enerjisi sistemi tarafından ısıtılmaktadır. Güneş enerjisi sisteminin kontrolü için duvar ve yer tipi kazan solar fonksiyon modülü (FM) veya iki ve üç devreli sistemler için kumanda modülü (SC) kullanılmaktadır.

Kullanım suyu tüketimi esnasında güneş enerjisi tarafından ön ısıtması yapılan su, ön ısıtma boylerinin sıcak su çıkışından çıkıp kazan tarafından ısıtılan boylerin soğuk su veya sirkülasyon girişinden boylere girer ve gerektiğinde kazan tarafından ısıtılır.

Yüksek güneş enerjisi kazançlarında, ön ısıtma boyleri kazan tarafından ısıtılan boylerden daha yüksek sıcaklıklara çıkabilir. Tüm boyler hacmini güneş enerjisi ısıtması için kullanabilmek için, kazan tarafından ısıtılan boylerin sıcak su çıkışından ön ısıtma boylerinin soğuk su girişine bir hat çekilmelidir. Güneş enerjisi boylerinde ısıtılan suyun sirküle edilebilmesi için buraya bir pompa konur.

Özel durumlarda sistem işletiminin teknik yönetmeliklere (DVGW Arbeitsblatt W551) uygun olmasını sağlamak için ön ısıtma boylerinin tüm su hacmi günde bir kere 60°C'ye ısıtılır. Kazan tarafından ısıtılan boylerdeki sıcaklık daima ≥60°C olmalıdır. Ön ısıtma boylerinin termik dezenfeksiyonu, normal işletimde güneş enerjisi ısıtması ile ya da konvansiyonel ek ısıtma ile sağlanabilmektedir.

İki ve üç devreli sistemler için kumanda modülü (SC) ile birlikte kullanılmak üzere, ön ısıtma boylerinin üst kısmına ve hazır boylerin alt kısmına monte edilen ilave iki duyar elemana ihtiyaç duyulmaktadır. Isı yalıtım malzemesi sökülebilen boylerlerde, duyar elemanların pozisyonları serbestçe belirlenebilmektedir. FSX duyar eleman kazan tarafından ısıtılan boylerin içine monte edilir.

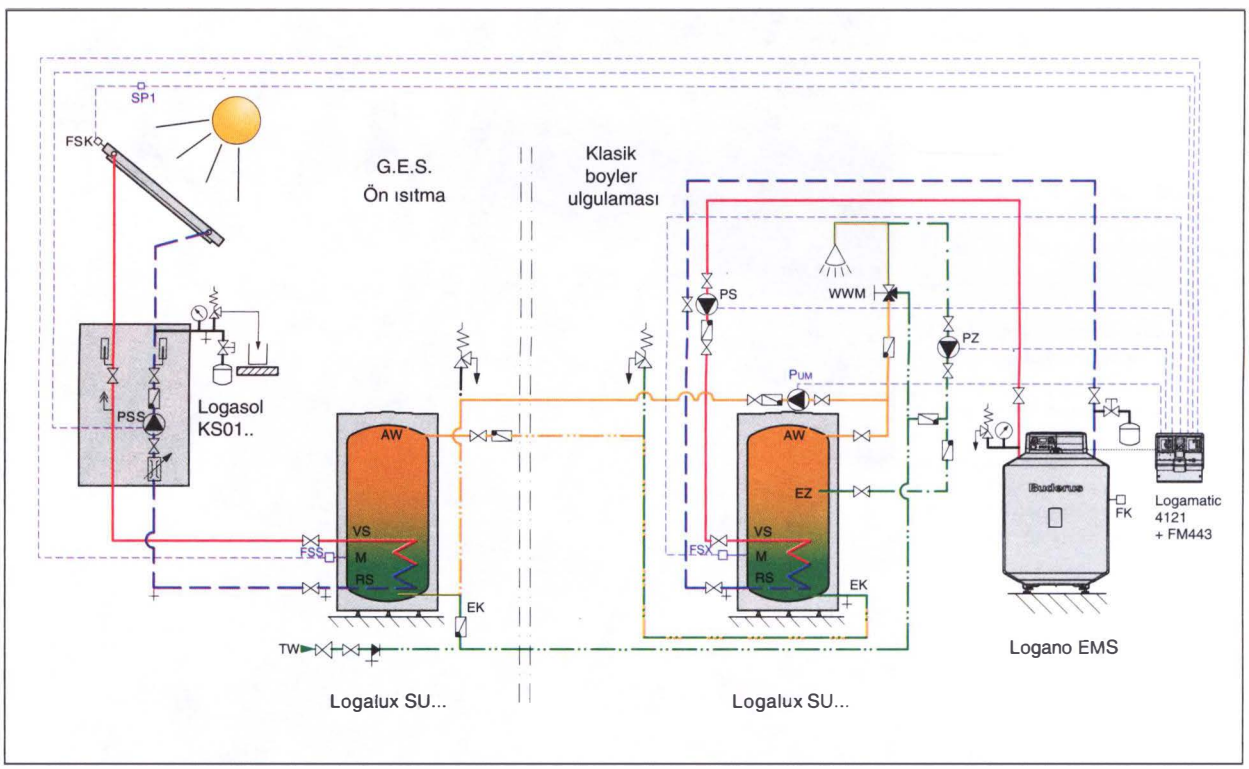
Duvar ve yer tipi kazan için solar fonksiyon modülü (FM) veya iki ve üç devreli sistemler için kumanda modülü (SC), ön ısıtma boylerindeki duyar eleman ile sıcaklıkları denetlemektedir. İstenen 60°C sıcaklığa ön ısıtma boylerinde güneş enerjisi ile ulaşılamıyor ise hazır boylerin sıcak su çıkışı ile ön ısıtma boylerinin soğuk su girişi arasındaki pompa, ön ısıtma boylerindeki her iki duyar elemanda da istenen sıcaklığa ulaşılıncaya veya belirlenen süre sona erinceye kadar çalışır.

d. Hidrolik Gruplar

• **Temel Özellikler ve Farklılıklar**

Güneş enerjisi devresi pompası, çekvalf, emniyet ventili, manometre, gidiş-dönüş hatlarının her birinde entegre termometreli küresel vana, debi sınırlayıcı ve ısı yalıtım malzemesi gibi tüm gerekli tesisat parçaları bir montaj ünitesi oluşturur, ve hidrolik grup olarak adlandırılır.

- Bir veya iki hatlı hidrolik grup olarak temin edilebilir.
- Dört değişik kapasitesi mevcuttur.
- İsteğe bağlı olarak entegre kumanda modüllü veya kumanda modülsüz temin edilebilir.



Şekil 2.131. SERİ BAĞLI KULLANIM SUYU ÖN ISITMA BOYLERİ VE KAZAN BOYLERİ ŞEMASI (FM443'lü kumanda paneli ile sıcak su transferi ve DVGW-ARBEITSBLATT W551'e uygun termik dezenfeksiyon kontrolü)

Tavsiye edilen maksimum kolektör sayısı	Kumanda panelsiz	Entegre kumanda modüllü			Entegre edilmiş hava ayırıcı
		SM10	SC20	SC40	
5	Logasol KS0105 E	-	-	-	-
10	Logasol KS0110 E	-	-	-	-
5	Logasol KS0105	Logasol KS0105SM10	Logasol KS0105SC20	Logasol KS0105SC40	•
10	Logasol KS0110	-	-	-	•
20	Logasol KS0120	-	-	-	•
50	Logasol KS0150	-	-	-	•[1)]

Tablo 2.132. KOLEKTÖR SAYISI VE DONANIMA BAĞLI OLARAK UYGUN BİR LOGASOL KS01.. HİDROLİK GRUP SEÇİMİ

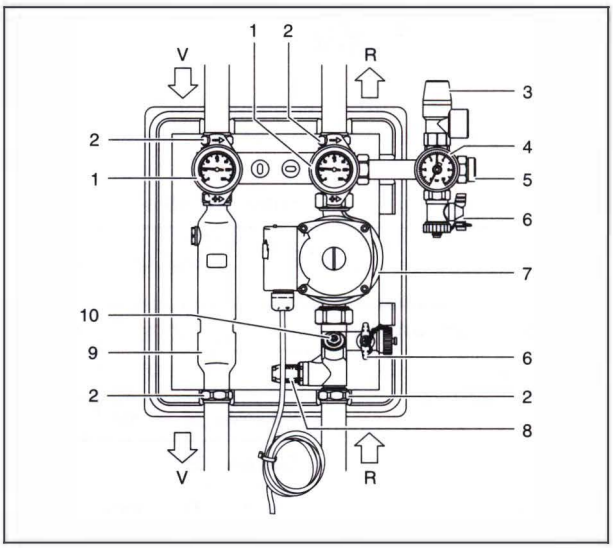
Sembol Açıklaması: • Entegre edilmiş – Entegre edilmemiş
1) Çatıda her kolektör grubu için ilave hava ayırıcı gereklidir

- **Hidrolik Grupların Özellikleri**

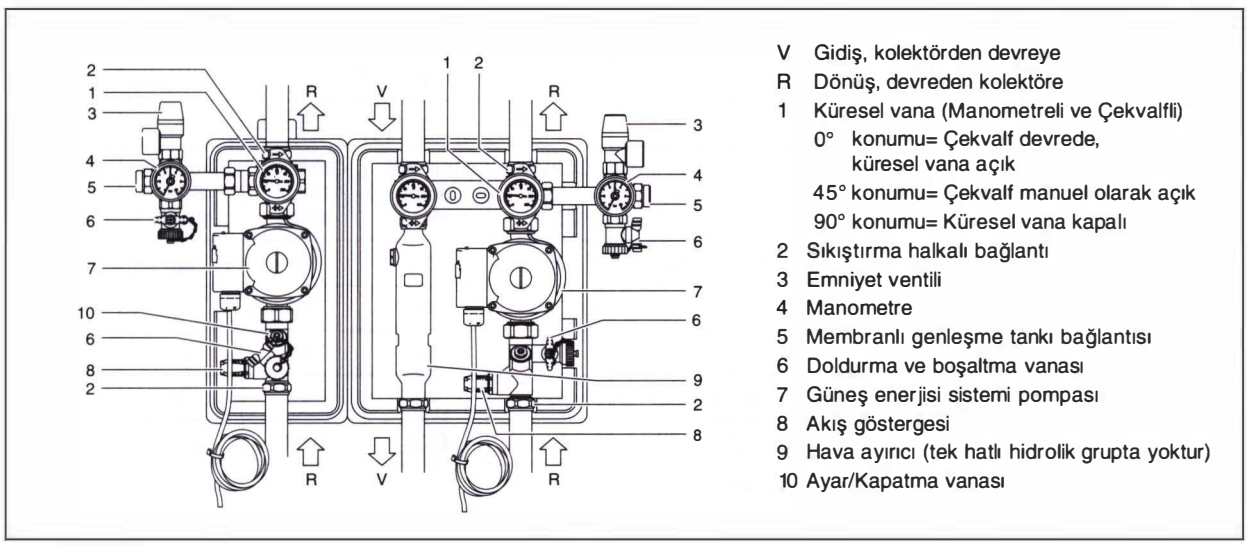
Kolektör devresinde en verimli işletim için iki tip ve dört değişik kapasitede hidrolik grup bulunmaktadır. 50 kolektöre kadar olan kolektör grupları için kullanılabilen 2 hatlı hidrolik gruplarda, bir hava ayırıcı entegre edilmiş durumdadır. En küçük tip hidrolik grup (5 kolektöre kadar) entegre edilmiş tek devreli sistemler için kumanda modülü (SC) veya iki ve üç devreli sistemler için kumanda modülü (SC) veya solar modül (SM) ile birlikte temin edilebilir.

Hava ayırıcısız tek hatlı hidrolik grupta, güneş enerjisi devresi pompası ve ilave dönüş hattı (iki kolektör gruplu "doğu-batı" veya iki devreli sistemlerde) için kapatma vanası mevcuttur.

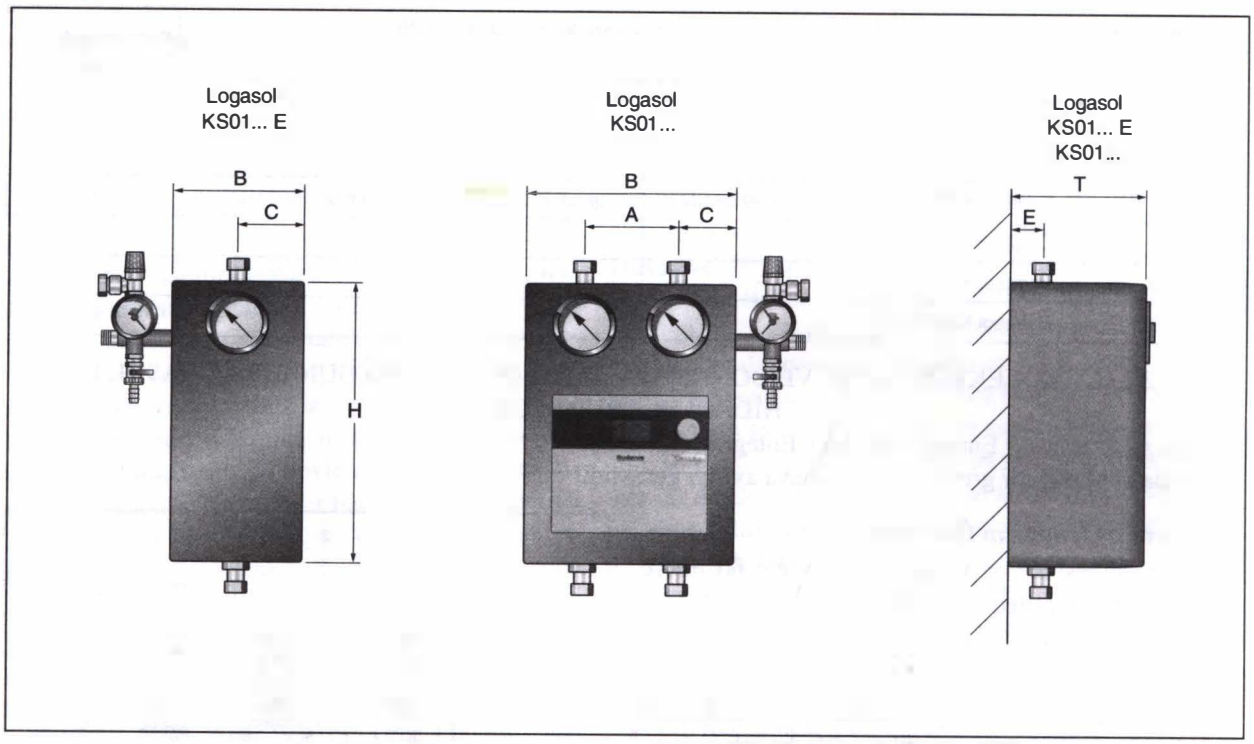
Tablo 2.132 çeşitli hidrolik grupları ve kontrollerini göstermekte ve birlikte işletilebilecek en fazla kolektör sayısı için bir tavsiye vermektedir. Kapasitenin doğru seçimi için ayrıntılı hesap yapılması gereklidir.



Şekil 2.133. ENTEGRE KUMANDA MODÜLÜ BULUNMAYAN LOGASOL KS01.. HİDROLİK GRUP YAPISI



Şekil 2.134. LOGASOL KS01..E TEK HATLI HİDROLİK GRUP İLE LOGASOL KS01.. ÇİFT HATLI HİDROLİK GRUP KOMBİNASYONUNUN YAPISI



Şekil 2.135. LOGASOL KS01.. HİDROLİK GRUP BOYUTLARI

Logasol Hidrolik Gruplar			KS0105 E	KS0110 E	KS0105	KS0110	KS0120	KS0150
Devre adedi			1	1	1	1	1	1
	Yükseklik H	mm	355	355	355	355	355	355
	Genişlik W	mm	185	185	290	290	290	290
	Derinlik D	mm	180	180	235	235	235	235
Detay ölçüler	A	mm	-	-	130	130	130	130
	C	mm	93	93	80	80	80	80
	E	mm	50	50	50	50	50	50
Bakır boru bağlantı ölçüsü (Sıkıştırma halkalı,vidalı)	Gidiş/ Dönüş	mm	15x1	22x1	15x1	22x1	28x1	28x1
Genleşme tankı bağlantısı			¾"	¾"	¾"	¾"	¾"	1"
Emniyet ventili		bar	6	6	6	6	6	6
Sirkülasyon pompası	Tip		Grundfos Solar 15-40	Grundfos Solar 15-70	Grundfos Solar 15-40	Grundfos Solar 15-70	Grundfos Solar 25-80	Grundfos Solar 25-120
	Uzunluk	mm	130	130	130	130	180	180
Elektrik bağlantısı		V AC	230	230	230	230	230	230
Frekans		Hz	50	50	50	50	50	50
Maksimum çekilen güç		W	60	125	60	125	195	230
Maksimum akım		A	0,25	0,54	0,25	0,54	0,85	1,01
Debi sınırlayıcısı ayar aralığı		l/dk	0,5-6	2-16	0,5-6	2-16	8-26	20-42,5
Ağırlık		kg	5,4	5,4	7,1 (8.0[1)])	7,1	9,3	10,0

Tablo 2.136. LOGASOL KS01.. HİDROLİK GRUP TEKNİK ÖZELLİKLERİ VE BOYUTLARI

1) Entegre edilmiş SC20, SC40 veya SM10 Modüllü Logasol KS0105 hidrolik grup

Hidrolik grup, güneş enerjisi ile beslenen bir devre için tasarlanmıştır. Ancak iki hatlı hidrolik grup, tek hatlı hidrolik grup ile bağlantılı olarak işletilirse, bu sistem iki devreli sistemler için kontrol sağlar. Bu düzen ayrı pompalı ve debi sınırlayıcılı iki ayrı dönüş bağlantısı ile, farklı basınç kayıplarına sahip iki devrenin hidrolik açıdan dengelenmesini sağlar. Bu sistem için basınçlı doldurma gerekmediği sürece bir emniyet grubu yeterlidir.

İki devreli sistemin kontrolü, FSS ikinci devre duyar eleman seti ile bağlantılı olarak ya duvar ve yer tipi kazan için solar fonksiyon modülü (FM) ile ya da iki ve üç devreli sistemler için kumanda modülü (SC) ile gerçekleşmektedir. İki ve üç devreli sistemler için kumanda modülü (SC) hidrolik gruba entegre olabilir.

Tek hatlı hidrolik gruba alternatif olarak, ikinci devre ayırıcı üç yollu vanası kullanılabilir.

İki hatlı hidrolik grubun, tek hatlı hidrolik grupla birlikte çalışması için diğer bir uygulama farklı yönlere yerleştirilmiş iki kolektör grubu (doğu-batı) ile tasarlanmış güneş enerjisi sistemidir. Bu uygulamada ayrı pompalı ve debi sınırlayıcılı ayrı iki dönüş bağlantısının olması önemlidir. Böylece farklı basınç kayıplarına sahip iki kolektör grubunun hidrolik açıdan dengelenmesi de mümkündür. Bu düzen için iki adet emniyet grubu (teslimat kapsamındadır) ve iki adet membranlı genleşme tankı gereklidir.

İki farklı yöne yerleştirilmiş kolektör gruplarının kontrolü, ilave bir kolektör grubu sıcaklık duyar elemanı temini ile iki ve üç devreli sistemler için kumanda modülü (SC) tarafından gerçekleştirilmektedir. Burada da entegre edilmiş iki ve üç devreli sistemler için kumanda modüllü (SC) iki hatlı hidrolik grup kullanılabilmektedir.

Kumanda modülü entegre olmayan hidrolik gruplar, özellikle kazan kumanda paneline eklenebilen solar fonksiyon modülleri (FM, SM) ile kombine edilebilmek için tasarlanmıştır.

Hidrolik gruplar ve solar modül (SM) , kazan kumanda paneli ile güneş enerjisi sisteminin birlikte kullanılması için BUS hattı yardımıyla EMS'li kontrol sistemine bağlanmaktadır.

Membranlı genleşme tankı hidrolik grubun teslimat kapsamında bulunmamaktadır ve tesisata bağlı olarak ayrıca seçilmelidir.

e. Diğer Sistem Bileşenleri

- **Tek Hatlı Hidrolik Grup İçin Hava Ayırıcı**

Güneş enerjisi sisteminin doldurma ünitesi ile doldurulmasında hava ayırıcı kullanılmaktadır. Hava ayırıcı, sistemde sıkışan, biriken mikro kabarcıkları işletim esnasında ayrıştırmakta ve böylelikle güneş enerjisi devresinde havanın sürekli tahliyesini sağlamaktadır. Sistemin en yüksek noktasında purjör kullanımına gerek kalmamaktadır.

Hava ayırıcı, dişli bağlantılar yardımıyla güneş enerjisi devresine monte edilmektedir. İki bağlantı çaplı hava ayırıcı mevcuttur (Ø18, Ø22).

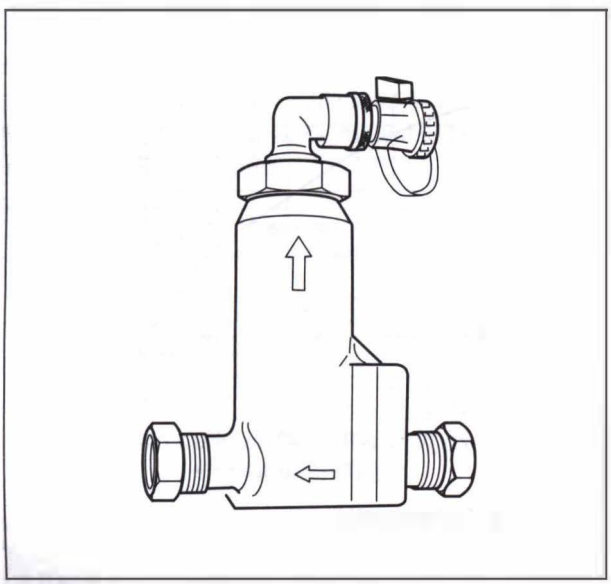
- **Twin Tube ile Bağlantı**

Twin Tube ultraviyole koruma kılıflı, ısı yalıtımlı ve duyar eleman kablosu bulunan bir çift borudur.

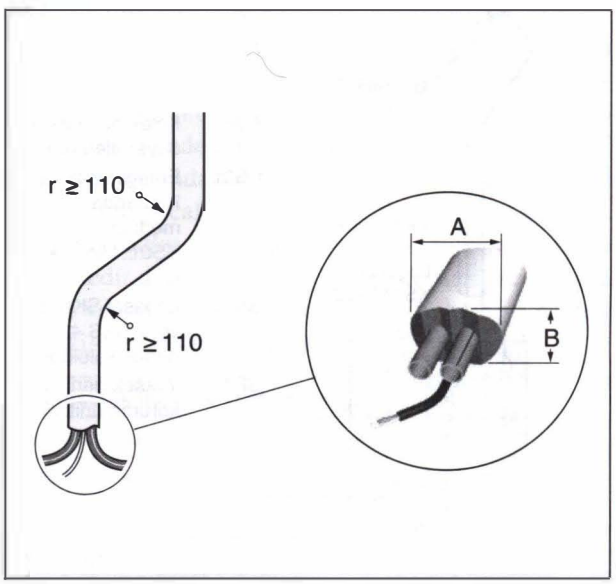
Bağlantı setleri, çeşitli kolektör tiplerine uygun olarak DN12 veya DN20 çapları ile kolektör grubuna, hidrolik gruba ve boylere bağlantı için kullanılan vidalı bağlantı parçalarını içermektedir

Twin Tube 15 (DN12) özel boruyu yerleştirebilmek için, montaj yerinde en az 110 mm'lik bir kıvrım iç çapına uygun yer bulunmalıdır.

Twin Tube 20 (DN20) paslanmaz çelik ondüleli serpantin eski haline getirilmemek şartıyla 90°'lik bir açıya kadar bükülebilmektedir.



Şekil 2.137. HAVA AYIRICI



Şekil 2.138. TWIN TUBE 15 BOYUTLARI VE KIVIRMA ÇAPI

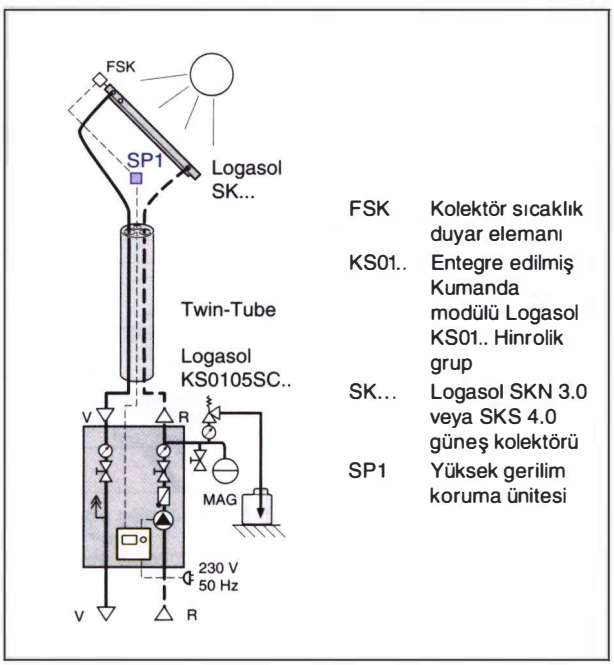
Twin Tube			15 (DN12)	DN20
Boyutlar	A	mm	73	105
	B	mm	45	62
Boru malzemesi			Yumuşak bakır (F22), DIN 59753'e göre	Paslanmaz çelik (1.4571)
Boru ölçüleri	Çap	DN	2 x 15 x 0,8	2 x DN20 (dış Ø = 26,6 mm)
	Uzunluk	m	12,5	12,5
Isı yalıtım malzemesi			EPDM	EPDM
Yangın koruma sınıfı			DIN 4.102-B2	DIN 4.102-B2
λ Isı yalıtımı		W/m.K	0,04	0,04
Yalıtım kalınlığı		mm	15	19
Sıcaklık dayanımı		°C	190	190
Koruma folyosu			PE, UV'ye dayanıklı	PE, UV'ye dayanıklı
Duyar eleman kablosu			2 x 0,75 mm², VDE 0250	2 x 0,75 mm², VDE 0250

Tablo 2.139. TWIN TUBE ÖZELLİKLERİ

- **Kumanda Paneli İçin Yüksek Gerilim Koruması**

Kolektördeki sıcaklık duyar elemanı, çatı üzerindeki konumu nedeniyle yağışlı günlerde yüksek gerilime maruz kalabilir. Yüksek gerilim, duyar elemanı ve kumanda modülünü tahrip edebilir.

Yüksek gerilim koruma ünitesi paratoner olmayıp, güneş enerjisi sisteminin çevresinde şimşek çakması ve yüksek gerilim oluşması durumu için tasarlanmıştır. Koruma diyotları bu yüksek gerilimi sınırlayarak kumanda paneli ve duyar elemanın hasar görmesini önler. Bağlantı kutusu, FSK kolektör sıcaklık duyar elemanı kablosu uzunluğunun yeterli olacağı bir yerde olmalıdır. (Şekil *2.140*)



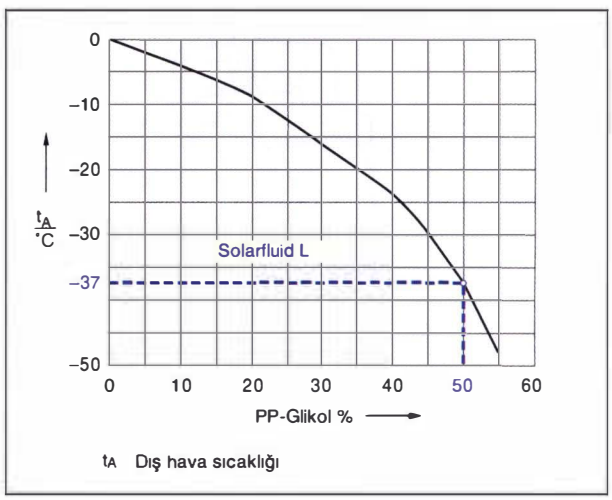
Şekil 2.140. KONTROL PANELİ İÇİN YÜKSEK GERİLİM KORUMASI (örnek montaj)

- **Isı Taşıyıcı Akışkan**

Güneş enerjisi sistemi, donmaya karşı korunmalıdır. Bunun için seçime bağlı olarak özel ısı taşıyıcı akışkanlar olan ve solar sıvı denilen koruma maddeleri kullanılabilmektedir.

Solar sıvılar, PP Glikol ve su karışımından oluşmaktadırlar, sistemi düşük ve yüksek sıcaklıklara karşı korurlar. Bu karışımlar zehirsiz ve biyolojik olarak parçalanabilir özelliktedir. Sistemi donma ve korozyona karşı korurlar. Bu akışkanlar %50/50 veya %43/57 oranlarında karışım şeklinde bulunabilirler.

Isı taşıyıcı akışkanın hazır karışımı kullanıcı tarafından seyreltilmemelidir. *Tablo 2.142*'deki değerler, güneş enerjisi sisteminin su ile yıkanması sonrasında sistemde kalan suyun ısı taşıyıcı akışkanı müsaade edilmeyen bir seyreltmeye maruz bırakmış olması durumu için geçerlidir.



Şekil 2.141. GLİKOL-SU KARIŞIMINA BAĞLI OLARAK ISI TAŞIYICI AKIŞKANIN DONMAYA KARŞI KORUMA SEVİYESİ

Tyfocor LS hazır karışım Hacimsel %	Glikol ölçerden okunan değer °C	Donmaya karşı koruma °C
100	-23	-28
Su ile seyreltilmemelidir.		
95	-20	-25
90	-18	-23
85	-15	-20
80	-13	-18

Tablo 2.142. TYFOCOR LS ISI TAŞIYICI AKIŞKAN İLE DONMAYA KARŞI KORUMA

Isı Taşıyıcı Akışkanın Kontrolü

PP Glikol-Su karışımı bazlı ısı taşıyıcı akışkanlar güneş enerjisi sistemindeki işletimde yaşlanır. Değişiklik dışarıdan koyu renk veya bulanıklık ile teşhis edilebilir. Uzun süreli aşırı ısınmada (> 200°C) keskin ve yanık bir koku oluşur.

PP Glikol veya inhibitörlerin katı parçacık derişiminin artması veya akışkan içinde artık çözülmeyen bir hal alması durumunda, neredeyse siyah bir renk alırlar.

Yüksek sıcaklıklarda, basınç ve ısınma süresi önemli faktörlerdir. Bu faktörler, absorber geometrisinden etkilenmektedir. Burada, dikey akışlı boru yapısına sahip veya tüm yüzeyi boyunca kaynaklı, çift akış prensipli absorber uygun davranış göstermektedir.

Ancak kolektörde bağlantı borularının düzeni de durgunluk davranışına ve böylece ısı taşıyıcı akışkanın yaşlanmasına tesir etmektedir. Bu nedenle kolektör grubundaki gidiş ve dönüş borularında yükselen uzun hatlardan kaçınılmalıdır, çünkü durgunlukta ısı taşıyıcı akışkan hatlardan kolektöre geri döner ve buhar hacmini artırır. Yaşlanma ayrıca, oksijen, bakır veya demir kirlilikleri ile hızlanır.

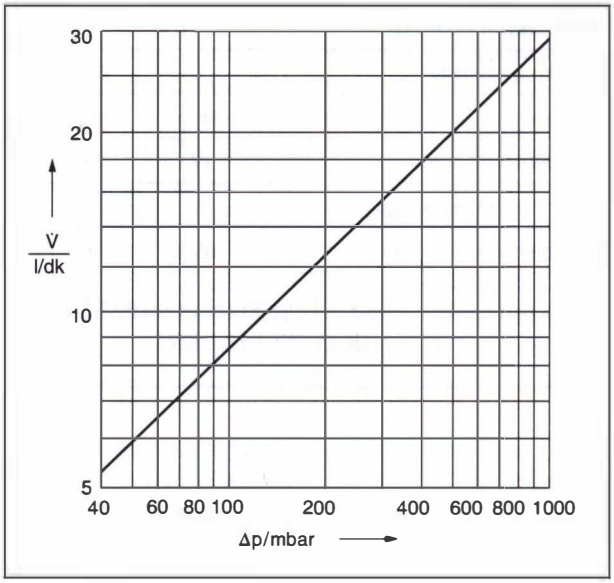
Isı taşıyıcı akışkanın montaj mahallinde test edilmesi için, pH değeri ve etkin madde miktarı belirlenmelidir. Uygun pH değeri ölçümü, ölçme çubukları ve bir refraktometre ile yapılabilir.

Hazır karışım solar sıvı	Teslimat durumundaki pH değeri	Değiştirme için pH sınır değeri
Solar L 50/50	~ 8	≤7
Tyfocor LS 50/50	~ 10	≤7

Tablo 2.143. SOLAR SIVI HAZIR KARIŞIMLARININ KONTROLÜ İÇİN pH SINIR DEĞERLERİ

- **Haşlanına Önleyici Termostatik Üç Yollu Vana**

Boyler maksimum sıcaklığı 60°C'den daha yüksek bir değere ayarlanmış ise haşlanma tehlikesine karşı uygun önlemler alınmak zorundadır.



Şekil 2.144. TERMOSTATİK ÜÇ YOLLU VANANIN 80°C SU SICAKLIĞI, 60°C KARIŞIM SUYU SICAKLIĞI VE 10°C SOĞUK SU SICAKLIĞINDAKİ BASINÇ KAYBI

- Boylerin sıcak su bağlantı hattına termostatik üç yollu vana monte edilir.
- Tüm tüketim noktalarında karışım sıcaklığı, termostatik bataryalar veya önceden tek kollu miks bataryalar ile sınırlandırılabilir (Konutlarda 45°C ile 60°C arasındaki karışım sıcaklıkları uygundur.).
- Termostatik üç yollu vanalı bir sistemin tasarımında basınç kayıpları (*Şekil 2.144*) dikkate alınmalıdır.

- **Sirkülasyon Pompalı Termostatik Üç Yollu Vana Grubu**

Termostatik üç yollu vana müstakil evlerde (tek ve iki aileli) kullanılabilir ve 90°C'ye kadar işletme sıcaklığına sahip tüm kullanım suyu boylerleri için uygundur.

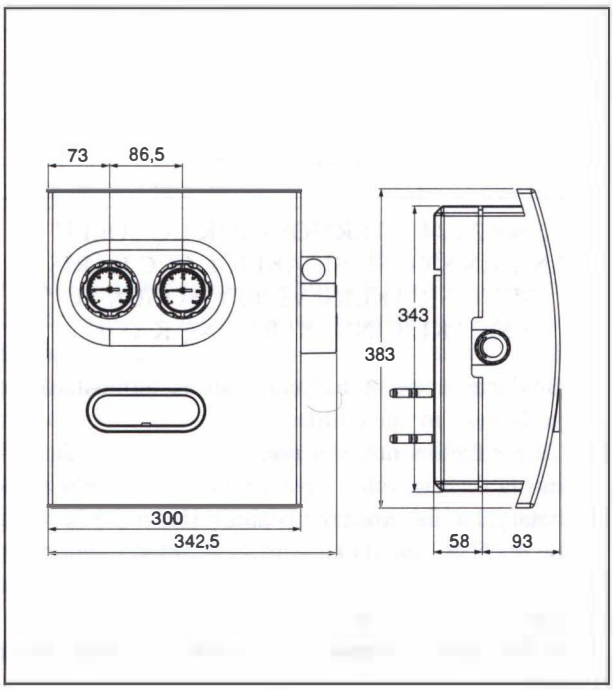
Termostatik üç yollu vana grubu, haşlanma koruması olarak, özellikle güneş enerjisinden yararlanılan kullanım suyu sistemlerinde kullanılır. Sıcak su karışım vanası grubu, içinde bir termostatik üç yollu vana (35°C ile 65°C arasında ayarlanabilen sıcaklıklar için), iki termometre (sıcak su çıkış sıcaklığı ve boyler sıcaklığı için), çekvalfler ve kapatma vanaları bulunan kompakt bir ünitedir. Bu ünitenin kullanımı ile sıcak su karışım vanası ve sirkülasyon hattının montajı, hızlı ve hatasız bir şekilde yapılabilmektedir.

Termostatik üç yollu vana grubu		
Maksimum işletme basıncı	bar	10
Maksimum su sıcaklığı	°C	90
Ayar aralığı	°C	35-65
KVS değeri	m³/h	1,6

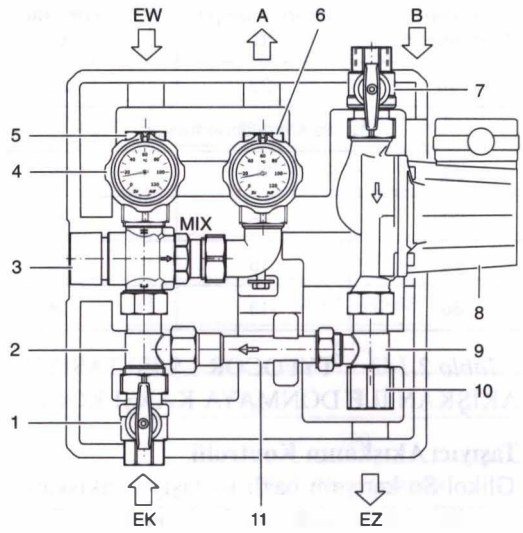
Tablo 2.145. TERMOSTATİK ÜÇ YOLLU VANA GRUBUNUN TEKNİK ÖZELLİKLERİ

Sirkülasyon pompası		
Gerilim beslemesi	V	230
Frekans	Hz	50
1. kademede çekilen güç	W	27
2. kademede çekilen güç	W	39
3. kademede çekilen güç	W	56

Tablo 2.146. SİRKÜLASYON POMPASININ TEKNİK ÖZELLİKLERİ

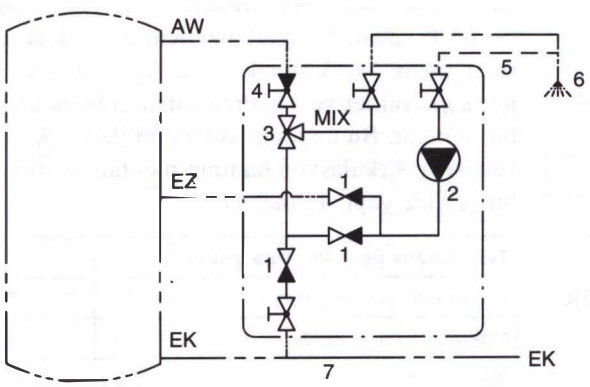


Şekil 2.147. SİRKÜLASYON POMPALI TERMOSTATİK ÜÇ YOLLU VANA GRUBUNUN BOYUTLARI (ölçüler mm'dir.)



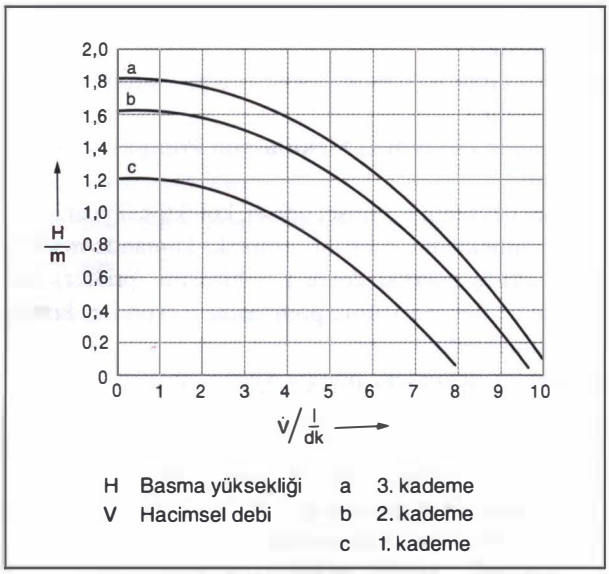
A Karışım suyu çıkışı, kullanım hattına
B Sirkülasyon hattı girişi, kullanım hattından
EK Soğuk su girişi(karışım grubu)
EW Sıcak su girişi(karışım grubu)
EZ Sirkülasyon girişi, boylere
MIX Karışım suyu
1 Soğuk su girişi küresel vana Rp ¾" (dişi)
2 Çekvalfli T parçası
3 Sıcak su karışım vana (DN20)
4 Termometre
5 Sıcak su girişi küresel vanası Rp ¾" (dişi)
6 Karışım vanası çıkış küresel vanası Rp ¾" (dişi)
7 Sirkülasyon kapatma vanası Rp ¾" (dişi)
8 Sirkülasyon pompası
9 Çekvalfli T parçası
10 Redüksiyon manşon ØG1 x Rp ¾"
11 Çekvalf bağlantı parçası

Şekil 2.148. TERMOSTATİK ÜÇ YOLLU VANA GRUBUNUN BAĞLANTILARI VE PARÇALARI



AW Sıcak su çıkışı
EK Soğuk su girişi
EZ Sirkülasyon girişi
MIX Karışım suyu
1 Çekvalf
2 Sirkülasyon pompası
3 Termostatik karışım vanası
4 Çekvalfli kapatma vanası
5 Sirkülasyon hattı
6 Kullanım hattı
7 Sıcak su bağlantısı- İçme suyu, TRWI ile ilgili teknik kurallara göre

Şekil 2.149. TERMOSTATİK ÜÇ YOLLU VANA GRUBUNUN TESİSAT ŞEMASI



Şekil 2.150. SİRKÜLASYON POMPASININ BASMA YÜKSEKLİĞİ

Sıcak Su Sirkülasyon Hattı ile Birlikte Kullanım Şekli

Termostatik üç yollu vana ile boylerden çıkan su sıcaklığının ayarlanan değeri aşmamasını sağlayacak kadar soğuk su ile karıştırılır. Sirkülasyon hattı ile birlikte kullanımda, boylerdeki sirkülasyon girişi ile termostatik üç yollu vananın soğuk su girişi arasında bir bypass hattı gereklidir.

Sıcak su kullanımı olmadığında boyler sıcaklığı, termostatik üç yollu vanada ayarlanan değeri aşarsa, sirkülasyon pompası sirkülasyon dönüşünün bir kısmını doğrudan bypass hattı üzerinden vananın açık durumdaki soğuk su girişine sevk eder. Boylerden gelen sıcak su, sirkülasyon dönüş hattından gelen daha soğuk olan su ile karışır. Doğal sirkülasyonu engellemek için termostatik üç yollu vana, boylerin sıcak su çıkışının altında kalacak şekilde monte edilmelidir. Bu mümkün değilse, doğrudan sıcak su çıkışı bağlantı ağzına (AW), bir ayırma hattı veya çekvalf konmalıdır. Böylece sirkülasyon kayıpları önlenmiş olur. Boyler hacminin soğumasına ve sıcak su katmanlarının karışmasına neden olan hatalı bir sirkülasyonun engellenebilmesi için tesisatta çekvalfler kullanılmalıdır.

Sıcak su sirkülasyonu, kayıplar oluşturduğundan sadece çok uzun kullanım suyu tesisatlarında kullanılmalıdır. Hatalı tasarlanmış bir sirkülasyon hattı ve sirkülasyon pompası seçimi, güneş kazancını büyük ölçüde azaltabilir.

Bir sıcak su sirkülasyon hattının bağlanmasının gerekli olduğu durumda 5 K'den fazla sıcaklık düşüşünü engellemek için DIN 1988'e göre sıcak su hattı saatte üç kere sirküle ettirilmelidir. Boylerdeki sıcaklık katmanlarını korumak için hacimsel debi ve sirkülasyon pompasının çalışma periyodu çok iyi saptanmalıdır.

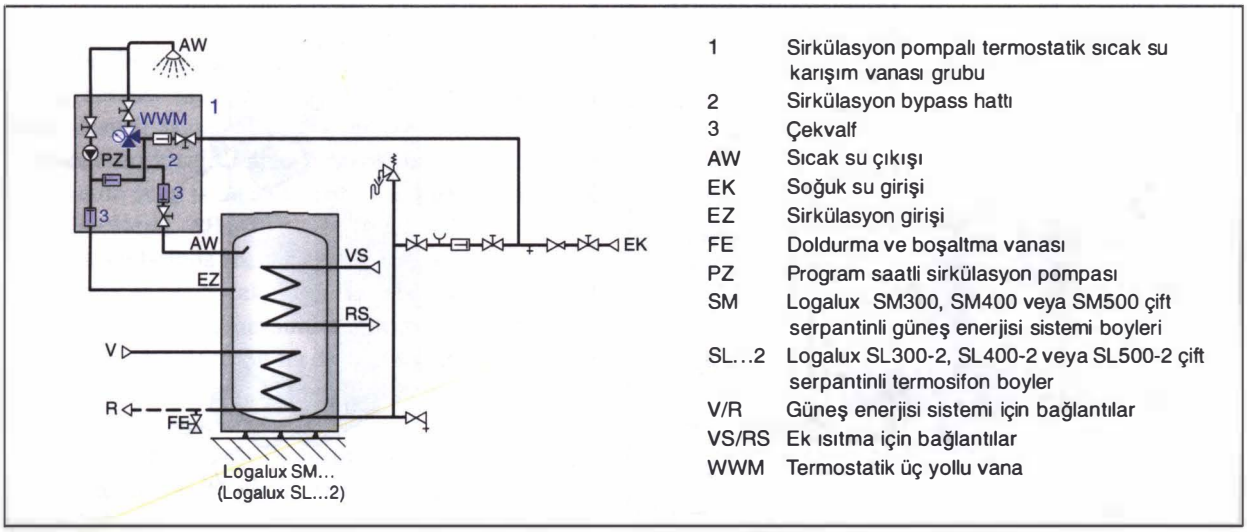
- **Isıtma Destekli Sistemlerde Geri Dönüş Kontrol Seti**

Tüm ısıtma destekli sistemlerde geri dönüş kontrol setinin kullanılması tavsiye edilmektedir.

Teslimat Kapsamında Bulunanlar:

- Sıcaklık farkı kumanda modülü
- Bir adet motorlu üç yollu vana
- İki adet boyler sıcaklık duyar elemanı
- NTC 10 K, Ø9,7 mm, 3,1 m kablo
- NTC 20 K, Ø6 mm, 2,5 m kablo

Geri dönüş kontrol seti sürekli olarak ısıtma dönüş sıcaklığı ile depo boyler sıcaklığını karşılaştırır. Dönüş sıcaklığına bağlı olarak ısıtma tesisatı dönüş suyunu depo boylere ya da doğrudan kazana yönlendirir. Duvar ve yer tipi kazan solar fonksiyon modülü (FM) veya iki veya üç devreli sistemler için kumanda modülü (SC) kullanıldığında, otomasyonsuz geri dönüş üç yollu vanası kullanılabilir.



Şekil 2.151. TERMOSTATİK ÜÇ YOLLU VANA GRUBU İLE SİRKÜLASYON HATTI BAĞLANTISI İÇİN ÖRNEK ŞEMA

Hidrolik Bağlantı

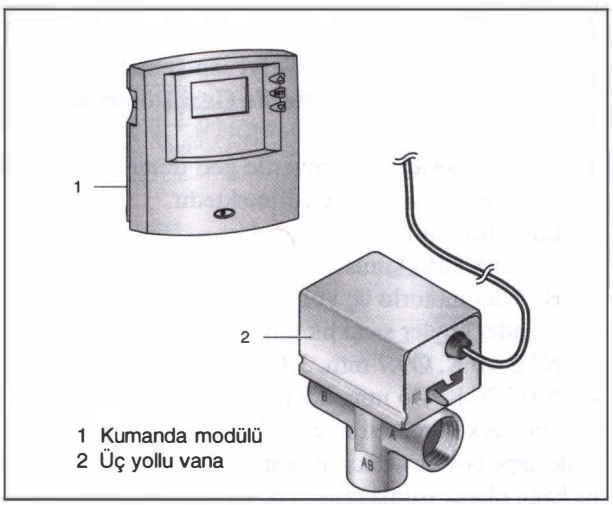
En yüksek güneş enerjisi kazancını sağlayabilmek için, ısıtıcı yüzeyler (mahal ısıtması) mümkün olabildiğince düşük sistem sıcaklıklarına göre boyutlandırılmalıdır. Örneğin; yerden ısıtma sistemi gibi büyük yüzeyli ısıtma sistemleri düşük sistem sıcaklıkları ile işletilebilmektedir. Gereksiz yüksek dönüş suyu sıcaklıklarının önlenebilmesi için tüm ısıtma yüzeyleri DIN 18380'e (VOB Teil C) göre hidrolik olarak dengelenmelidir. Hidrolik olarak dengelenmemiş ısıtma yüzeyleri güneş enerjisi kazancını oldukça düşürebilir.

- **Havuz Suyu Eşanjörü**

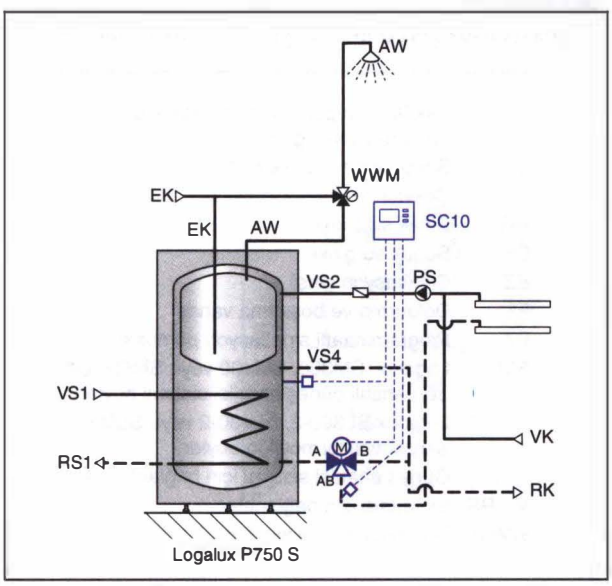
Temel Özellikler ve Farklılıklar

- Paslanmaz çelik plakalı eşanjör
- Sökülebilen ısı yalıtım parçaları
- Ters yönlü akışkan hareketi ile güneş enerjisi devresindeki ısı taşıyıcı akışkandan havuz suyuna ısı transferi

(Havuz tarafı bağlantısı çekvalf ve pislik tutucu ile korunmalıdır.)



Şekil 2.152. RW GERİ DÖNÜŞ KONTROL SETİ, SC10 KUMANDA MODÜLÜ VE 3 YOLLU VANA



Şekil 2.153. PL 750 S BOYLER İLE RW GERİ DÖNÜŞ KONTROL SETİ KULLANIMI

Sekonder Devredeki Sirkülasyon Pompasının Seçimi

Primer devrenin hacimsel debisi, kolektör sayısına göre belirlenmektedir. Hidrolik gruptaki kumanda modülü, hem güneş enerjisi devresi pompasını (primer) hem de havuz devresi ısıtma pompasını (sekonder) kontrol edebilmektedir.

Sekonder devredeki pompa klorlu suya dayanıklı olmalıdır. Ayrıca emme tarafındaki giriş basıncı dikkate alınmalıdır.

- Çekilen toplam enerji kumanda modülünün maksimum çıkış gücünden yüksek ise havuz pompası röle ile kontrol edilmelidir.
- Sekonder tarafın sirkülasyon pompası aşağıdaki formül ile hesaplanan gerekli hacimsel debiye göre seçilebilir.

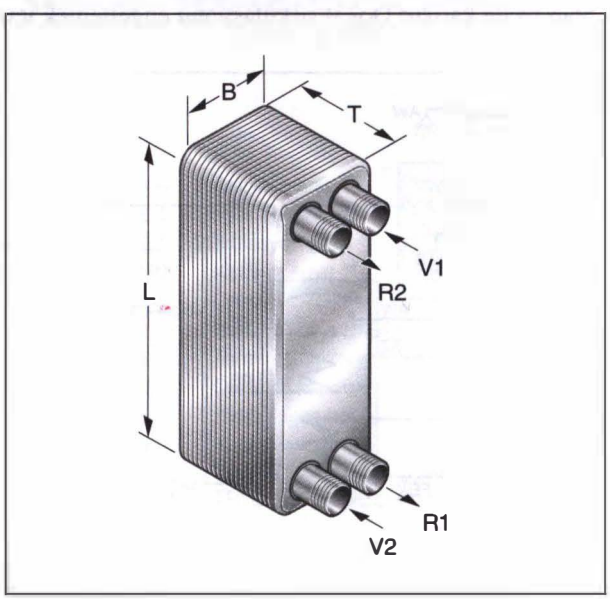
$$m_{sp} = n \cdot 0{,}25$$

m_{sp} Sekonder pompanın hacimsel debisi m³/h
n Güneş kolektörü sayısı

Şekil 2.154. SEKONDER DEVRE POMPASININ HACİMSEL DEBİSİ

Havuz Suyu Eşanjörünün Boyutları ve Teknik Özellikleri

Güneş enerjisi devresi havuz eşanjörü, konvansiyonel ısıtma sistemine paralel bağlanmalıdır. Böylelikle güneş enerjisi sistemi havuzu tek başına ısıtabilir veya aynı zamanda kazan tarafından desteklenebilir.



Şekil 2.155. SWT6 VE SWT10 HAVUZ EŞANJÖRÜ

Havuz Eşanjörü			SWT6	SWT10
Uzunluk	L	mm	208	208
Genişlik	W	mm	78	78
Derinlik	D	mm	55	79
En yüksek kolektör sayısı			6	10
Bağlantılar Gidiş (V) ve Dönüş (R) (Dış dişli)		inch	¾	¾
En yüksek işletme basıncı		bar	30	30
Sekonder devrenin basınç kaybı		mbar	160	210
		m³/h	1,5	2,6
Ağırlık		kg	1,9	2,5
Eşanjör kapasitesi		kW	7	12
	Primer Devre	°C	48/31	48/31
	Sekonder Devre	°C	24/28	24/28

Şekil 2.156. SWT6 VE SWT10 HAVUZ EŞANJÖRÜNÜN TEKNİK ÖZELLİKLERİ

2.7. TASARIM

2.7.1. TASARIM ESASLARI

2.7.1.1. Güneş Enerjisi ile Kullanım Suyu Isıtması

Güneş enerjisi sistemleri çoğunlukla kullanım suyu ısıtması için kullanılmaktadır. Mevcut bir ısıtma sisteminin bir güneş enerjisi sistemi ile kombine edilmesinin mümkün olup olamayacağı kontrol edilmelidir. Konvansiyonel bir ısıtma sistemi güneş enerjisi sisteminden bağımsız olarak, bir binanın sıcak su ihtiyacını karşılayabilmelidir. Kötü hava koşullarında dahi sıcak su konforu sorunsuz bir şekilde sağlanabilmelidir.

Villa ve ikiz villa için kullanım suyu ısıtması sağlayan sistemlerde genellikle %50-60 arasındaki bir karşılama oranı hedeflenmektedir. Eğer belirlenen tüketim değerlerinden emin olunamıyorsa, %50'nin altındaki bir karşılama oranına göre boyutlandırma yapılması uygundur. %50'nin altındaki karşılama oranları genellikle apartmanlar için uygundur.

2.7.1.2. Güneş Enerjisi ile Kullanım Suyu Isıtması ve Isıtma Desteği

Güneş enerjisi sistemleri kullanım suyu ısıtması ve ısıtma desteği sağlamak için kombine sistemler olarak tasarlanabilmektedir. Güneş enerjisi ile havuz ısıtması da kullanım suyu ısıtması ve ısıtma desteği ile kombine edilebilmektedir.

Geçiş zamanlarında (bahar ayları) mahal ısıtması tarafında düşük sistem sıcaklıkları ile çalışıldığından, seçilen ısıtma sistemi bu mevsimler için çok büyük fark yaratmayabilir. Böylece ısıtma desteği sağlayan bir güneş enerjisi sistemi, hem yerden ısıtma, hem de radyatörlü sistem ile tasarlanabilir.

Kullanım suyu ısıtması ile birlikte ısıtma desteği sağlayan sistemlerde, sıcak su temini ve mahal ısıtması için hedeflenen yıllık toplam ısıtma ihtiyacı karşılama oranları %15 ile %35 arasında bulunmaktadır. Ulaşılabilen karşılama oranları mahal ısı ihtiyacına bağlıdır.

Isıtma desteği sağlayan sistemler için yüksek kapasite ve hızlı tepkime kabiliyeti nedeniyle özellikle seçici yüzeyli ve hermetik düzlemsel kolektörler veya vakum borulu kolektörler tavsiye edilmektedir.

2.7.1.3. Bilgisayar Simülasyonu ile Tasarım

Güneş enerjisi sisteminin bilgisayar simülasyonu ile tasarlanması;

- Altı adetten daha fazla sayıda kolektörün kullanılması,
- Seçim diyagramlarının hesaplama kriterlerine uygun olmaması

durumunda çok büyük fayda sağlar.

Doğru boyutlandırma, sıcak su ihtiyacı ile ilgili bilgilerin doğruluğuna bağlıdır. Aşağıdaki değerler tasarım için önemlidir:

- Günlük sıcak su ihtiyacı
- Sıcak su ihtiyacının günlük dağılımı
- Sıcak su ihtiyacının haftalık dağılımı
- Sıcak su ihtiyacına mevsimlerin etkisi
- İstenen su sıcaklığı
- Kullanım suyu ısıtması sağlayan mevcut sistem (mevcut sistemin genişletilmesinde)
- Sirkülasyon kayıpları
- Bölge (il, ülke)
- Yönelim (Azimut)
- Eğim

Kullanım suyu ısıtması sağlayan güneş enerjisi sistemlerinin hesaplanması için T-SOL simülasyon programı oldukça pratiktir. Simülasyon programlarına tüketim değerleri, kolektör alanı ve boyler hacmi gibi bilgilerin girilmesi gereklidir. Esas itibarıyla tüketim bilgileri alınmalıdır, literatür değerlerinin kullanılması hesapta hatalara neden olabilir.

Bu nedenle bilgisayar simülasyonu öncesinde, kolektör alanının ve güneş enerjisi boylerinin ön boyutlandırması yapılmalıdır. Programla istenen kapasiteye ve karşılama oranına adım adım yaklaşılır.

T-SOL programı sıcaklık, enerji, verim ve karşılama oranı gibi sonuçları bir dosyaya kaydeder. Bunlar ekranda çeşitli şekillerde gösterilebilir ve başka bir değerlendirme için yazdırılabilir.

2.7.2. KOLEKTÖR GRUBUNUN VE GÜNEŞ ENERJİSİ BOYLERİNİN BOYUTLANDIRILMASI

2.7.2.1. Villa ve İkiz Villalarda Kullanım Suyu Isıtması Sağlayan Sistemler

- **Kolektör Sayısı**

Kullanım suyu ısıtması sağlayan küçük bir güneş enerjisi sisteminin tasarımı için, tecrübe ile elde edilen veriler kullanılabilir. Kullanım suyu ısıtması sağlayan güneş enerjisi sistemlerinin kolektör alanı büyüklüğü, boyler ve hidrolik grubun en verimli şekilde belirlenmesinde aşağıdaki faktörlerin etkisi vardır;

- Bölge
- Çatı eğimi (kolektör eğim açısı)
- Çatı yönü (kolektörler güneye bakmalıdır)
- Sıcak su tüketim profili

Tüketilen su sıcaklığı, mevcut veya planlanan sıhhi tesisata göre dikkate alınmalıdır. Kişi sayısı, kişi ve gün başına ortalama tüketim, esas teşkil eder. Özel tüketim alışkanlıkları ve konfor istekleri hakkında bilgi alınması en doğru yaklaşımdır.

Hesaplama Esasları

Şekil 2.157, Şekil 2.158, Şekil 2.159 aşağıdaki sistem parametreleri ile yapılan örnek hesaplamayı baz almaktadır:

- Asal gaz dolgulu yüksek verimli düzlemsel kolektörler, seçici yüzeyli düzlemsel kolektörler ve vakum borulu kolektörler
- Asal gaz dolgulu yüksek verimli düzlemsel kolektörler: 300 litre çift serpantinli termosifon boyler (üç adetten fazla kolektör için 400 litre)
- Seçici absorber yüzeyli düzlemsel kolektörler: 300 litre çift serpantinli boyler (üç adetten fazla kolektör için 400 litre)
- Altı borulu vakum borulu kolektörler: 300 litre çift serpantinli termosifon boyler (üç adetten fazla altı borulu vakum borulu kolektör için 400 litre)
- Çatı yönü güney
- Çatı eğimi 45°
- Bölge Würzburg
- Kullanım suyu sıcaklığı 45°C

Şekil 2.157, 2.158 veya *2.159*'a göre kolektör veya boru sayısı belirlemesinde %60 güneş enerjisi karşılama oranı hedeflenmektedir.

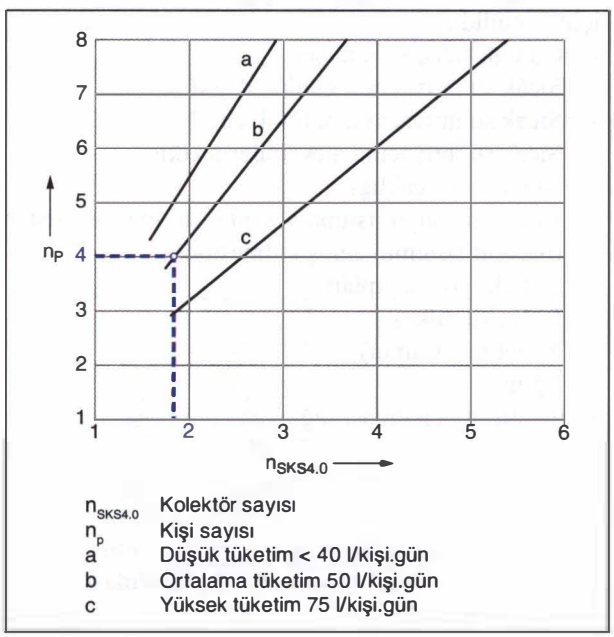
Örnek:

Verilen:

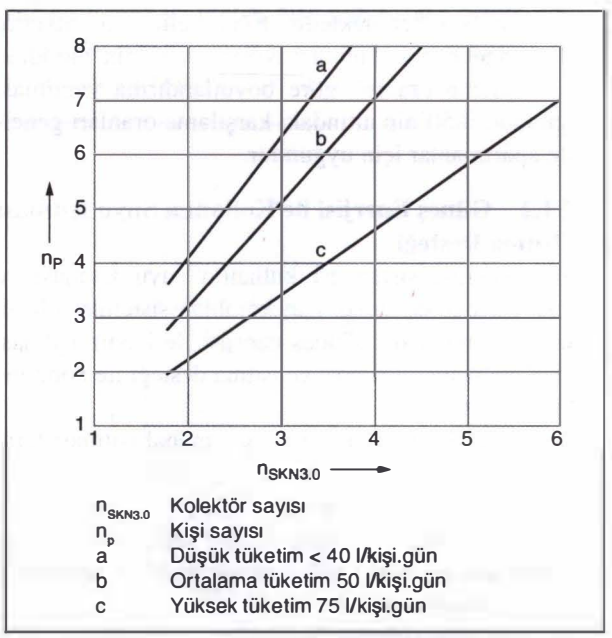
- Günlük 200 litre/gün sıcak su ihtiyacı olan 4 kişilik bir aile için kullanım suyu ısıtması için güneş enerjisi sistemi
- Bölge Würzburg
- Asal gaz dolgulu yüksek verimli düzlemsel kolektör kullanımı

Sonuç:

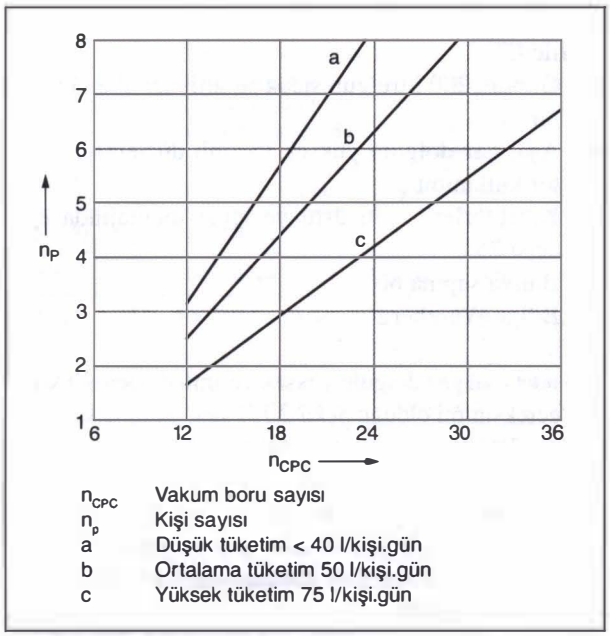
Şekil 2.157, b eğrisine göre iki adet asal gaz dolgulu yüksek verimli düzlemsel kolektör gereklidir.



Şekil 2.157. KULLANIM SUYU ISITMASI İÇİN LOGASOL SKS 4.0 KOLEKTÖR SAYISINI YAKLAŞIK OLARAK BELİRLEME (Örnek işaretlenmiştir, hesaplama esasları dikkate alınmalıdır!)



Şekil 2.158. KULLANIM SUYU ISITMASI İÇİN LOGASOL SKN 3.0 KOLEKTÖR SAYISINI YAKLAŞIK OLARAK BELİRLEME (Hesaplama esasları dikkate alınmalıdır!)



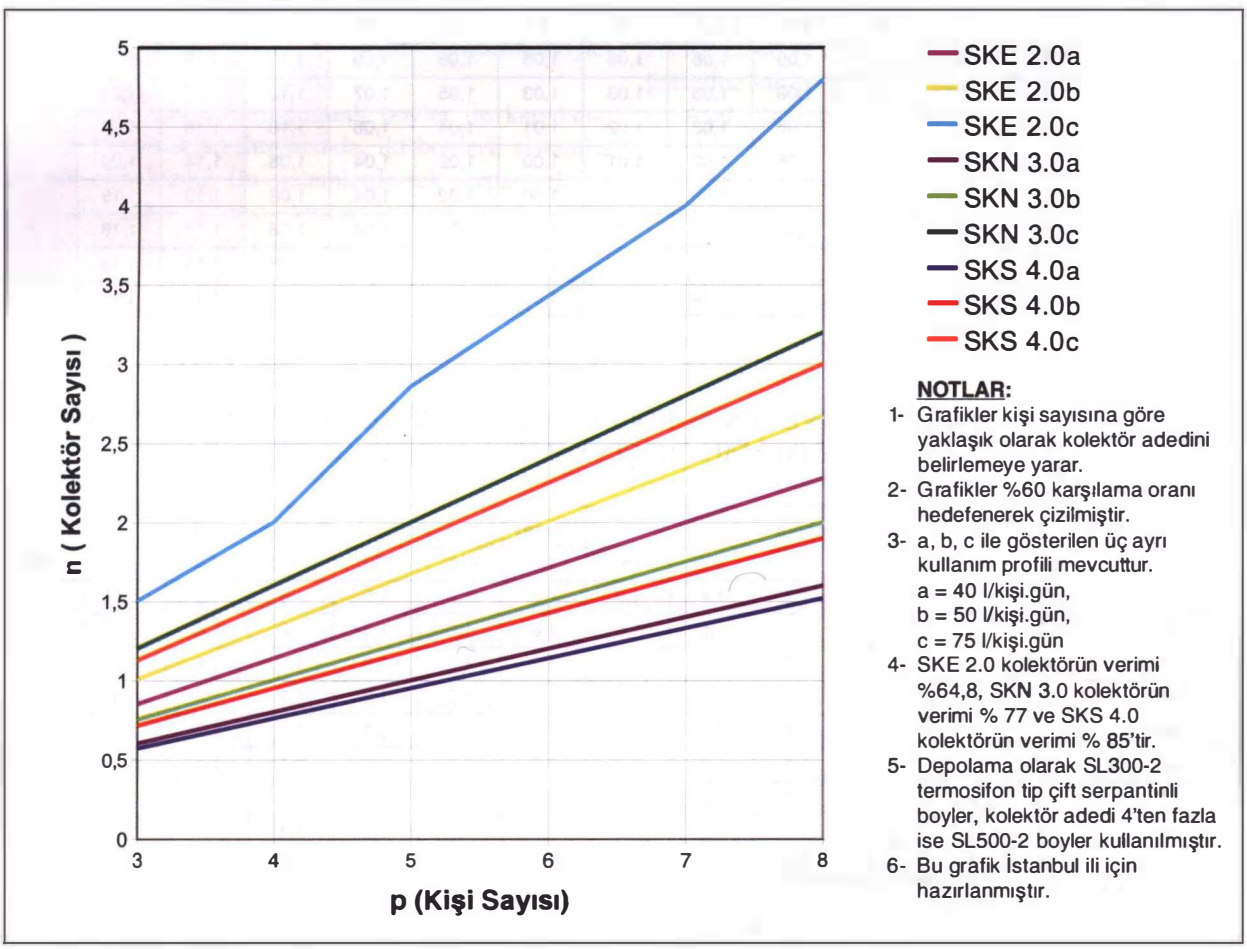
Şekil 2.159. KULLANIM SUYU ISITMASI İÇİN VACIOSOL CPC BORU SAYISINI YAKLAŞIK OLARAK BELİRLEME
(Hesaplama esasları dikkate alınmalıdır!)

- **Kolektörler İçin Optimum Eğim Açısı ve Yönelim**

En uygun eğim açısı seçimi güneş enerjisi sisteminin kullanım amacına bağlıdır. Yazın kullanım suyu ve yüzme havuzu ısıtmasına yönelik tasarlanan sistemlerde güneşin en yüksek konumu dikkate alınarak daha düşük eğim açıları kullanılmalıdır. Isıtma desteği yapılacak sistemlerde geçiş dönemlerindeki (bahar ayları) güneş konumuna göre büyük eğim açıları kullanılmalıdır.

Güneş enerjisi sistemi kullanım alanı	Kolektörlerin optimum eğim açısı
Kullanım suyu ısıtması	30° - 45°
Kullanım suyu ısıtması+ Mahal ısıtması	45° - 53°
Kullanım suyu ısıtması+ Yüzme havuzu ısıtması	30° - 45°
Kullanım suyu ısıtması+ Mahal ısıtması+Yüzme havuzu ısıtması	45° - 53°

Şekil 2.161. GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİNİN KULLANIM ALANINA BAĞLI OLARAK KOLEKTÖRLERİN EĞİM AÇISI



Şekil 2.160. KULLANIM SUYU ISITMASI İÇİN İSTANBUL İLİNE GÖRE KOLEKTÖR SAYISINI YAKLAŞIK OLARAK BELİRLEME

Güneş Yönüne Göre Kolektör Yönelimi

Kolektörlerin güneşe göre yöneliminin ve eğim açısının, kolektör grubundan elde edilen enerjiye etkisi olacaktır. Kolektör alanının güneyden, doğu ve batıya en fazla 10°'ye kadar bir sapma ve 35 ile 45° arasındaki bir eğim açısıyla yerleştirilmesi güneş enerjisi kazancı için ideal konumdur.

Dik bir çatı üstüne veya bina cephesine kolektör montajında kolektör grubunun yönelimi, batı veya doğuya saparsa, güneş ışınları optimum şekilde absorber yüzeyine ulaşamaz. Bu durum, kolektör grubunun veriminde azalma meydana getirir.

Tablo 2.162'de kolektör grubunun güney yönünden sapması durumunda eğim açılarına bağlı olarak dikkate alınması gereken düzeltme faktörleri verilmiştir. İdeal şartlar için belirlenen kolektör alanının, tam güneye yönelimindeki kadar enerji kazancı sağlayabilmesi için, güneye göre belirlenen kolektör sayısı, bu düzeltme faktörü ile çarpılmalıdır. Düzeltme faktörleri sadece kullanım suyu ısıtması için geçerli olup, ısıtma desteği için kullanılmamalıdır.

Örnek

Verilen:

- Günlük 200 litre/gün sıcak su ihtiyacı olan 4 kişilik bir ev
- Asal gaz dolgulu yüksek verimli düzlemsel kolektör kullanımı
- Kolektörlerin çatı üstü ve içine montajında eğim açısı 25°
- Batıya sapma 60°
- Bölge Würzburg

Sonuç:

1,8 adet asal gaz dolgulu yüksek verimli düzlemsel kolektör gereksinimi olduğu *Şekil 2.157*'den okunmaktadır.

Tablo 2.162'den düzeltme faktörü 1,10 olarak okunmaktadır.

Bu durumda, tam güneye yönelim ile eşit enerji kazancı elde etmek için 2 adet asal gaz dolgulu yüksek verimli düzlemsel kolektör kullanılmalıdır.

- **Boyler Seçimi**

Güneş enerjisi sisteminin verimli işletimi için kolektör alanının verdiği enerji ile (kolektör alanının büyüklüğü) boyler hacmi arasında uygun bir oran olmalıdır (*Şekil 2.164*).

Eğim açısı	Batıya sapma						Güney	Doğuya sapma					
	90°	75°	60°	45°	30°	15°	0°	–15°	–30°	–45°	–60°	–75°	–90°
60°	1,26	1,19	1,13	1,09	1,06	1,05	1,05	1,06	1,09	1,13	1,19	1,26	1,34
55°	1,24	1,17	1,12	1,08	1,05	1,03	1,03	1,05	1,07	1,12	1,17	1,24	1,32
50°	1,23	1,16	1,10	1,06	1,03	1,02	1,01	1,04	1,06	1,10	1,16	1,22	1,30
45°	1,21	1,15	1,09	1,05	1,02	1,01	1,00	1,02	1,04	1,08	1,14	1,20	1,28
40°	1,20	1,14	1,09	1,05	1,02	1,01	1,00	1,02	1,04	1,08	1,13	1,19	1,26
35°	1,20	1,14	1,09	1,05	1,02	1,01	1,01	1,02	1,04	1,08	1,12	1,18	1,25
30°	1,19	1,14	1,09	1,06	1,03	1,02	1,01	1,03	1,05	1,08	1,13	1,18	1,24
25°	1,19	1,14	1,10	1,07	1,04	1,03	1,03	1,04	1,06	1,09	1,13	1,17	1,22

1,00–1,05 1,06–1,10 1,11–1,15 1,16–1,20 1,21–1,25 > 1,25

Tablo 2.162. LOGASOL SKN 3.0 VE SKS 4.0 KOLEKTÖRLERİN GÜNEYDEN SAPMA DURUMUNDA ÇEŞİTLİ EĞİM AÇILARI İÇİN DÜZELTME FAKTÖRLERİ

Eğim açısı	Batıya sapma						Güney	Doğuya sapma					
	90°	75°	60°	45°	30°	15°	0°	–15°	–30°	–45°	–60°	–75°	–90°
90°	2,4	2,0	1,9	1,8	1,8	1,9	2,0	1,9	1,8	1,8	1,9	2,0	2,4
80°	2,0	1,7	1,6	1,5	1,5	1,5	1,6	1,5	1,5	1,5	1,6	1,7	2,0
70°	1,7	1,5	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,5	1,7
60°	1,6	1,4	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3	1,4	1,6
50°	1,4	1,3	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	1,3	1,4
40°	1,3	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,2	1,3
30°	1,3	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,2	1,3
20°	1,2	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,2
15°	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2

1,0–1,1 1,2–1,3 1,4–1,6 1,7–2,4

Tablo 2.163. VACIOSOL VAKUM BORULU KOLEKTÖRLERİN GÜNEYDEN SAPMA DURUMUNDA ÇEŞİTLİ EĞİM AÇILARI İÇİN DÜZELTME FAKTÖRLERİ

Boyler Logalux	Tavsiye edilen günlük sıcak su ihtiyacı (l) 60 °C boyler ve 45 °C kullanım sıcaklığında	Tavsiye edilen kullanıcı sayısı			Boyler hacmi l	Tavsiye edilen SKN 3.0 veya SKS 4.0 kolektör sayısı	Tavsiye edilen CPC boru sayısı
		Kişi ve gün başına sıcak su ihtiyacı					
		40 l düşük	50 l ortalama	75 l yüksek			
SM300	200/250'ye kadar	yaklaşık 5-6	yaklaşık 4-5	yaklaşık 3	290	2-3	18
SM400	250/300'ye kadar	yaklaşık 6-8	yaklaşık 5-6	yaklaşık 3-4	390	3-4	24
SM500	300/400'ye kadar	yaklaşık 8-10	yaklaşık 6-8	yaklaşık 4-5	490	4-5	30
SL300	200/250'ye kadar	yaklaşık 5-6	yaklaşık 4-5	yaklaşık 3	300	2-3	18
SL400	250/300'ye kadar	yaklaşık 6-8	yaklaşık 5-6	yaklaşık 3-4	380	3-4	24
SL500	300/400'ye kadar	yaklaşık 8-10	yaklaşık 6-8	yaklaşık 4-5	500	4-5	30
SU160*	200/250'ye kadar	yaklaşık 5-6	yaklaşık 4-5	yaklaşık 3	160 (300)	2-3	12
SU200*	200/250'ye kadar	yaklaşık 5-6	yaklaşık 4-5	yaklaşık 3	200 (300)	2-3	12

Tablo 2.164. KULLANIM SUYU BOYLERİNİN SEÇİMİ İLE İLGİLİ REFERANS DEĞERLER
* 300 litre toplam kullanım suyu hacmi ve ön ısıtma boyleri ile hazır boyler arasındaki sıcak su aktarımına göre

Mümkünse villalarda kullanım suyu ısıtması sağlayan güneş enerjisi sistemleri, bir çift serpantinli boyler ile işletilmelidir.

Çift serpantinli güneş enerjisi boyleri, bir adet güneş enerjisi serpantini ve kazan ile ek ısıtma sağlayan ikinci bir serpantine sahiptir. Bu kullanımda boylerin üst kısmı hazır kısım olarak adlandırılır. Bu hacim, boyler seçiminde dikkate alınmalıdır.

Sadece bir adet çift serpantinli boyler ile karşılanamayan bir sıcak su ihtiyacında, iki boylerli sistemler uygun olmaktadır. Bu sistemlerde tek serpantinli bir boylerin önüne güneş enerjisi ile beslenecek ek bir tek serpantinli boyler daha konulmalıdır. Kazana bağlı boyler, kullanım suyu ihtiyacını tamamen karşılayabilmelidir. Güneş enerjisi boyleri ise biraz daha küçük boyutlandırılabilir.

Bu prensip, bir güneş enerjisi sisteminin bir konvansiyonel sisteme sonradan entegre edilmesi için de uygundur. Enerji verimliliği ve ekonomik nedenlerle özellikle termosifon tip çift serpantinli boylerlerin kullanımı önerilir.

Pratik Hesaplama

Pratikte günlük ihtiyacın iki katı boyler hacmi olarak belirlenebilir. *Tablo 2.164*'de gün ve kişi başına sıcak su ihtiyacına bağlı olarak, kullanım suyu boylerinin seçimi ile ilgili referans değerler verilmiştir. Burada 60°C boyler sıcaklığı ve 45°C kullanım suyu sıcaklığında çok boylerli bir sistemde depolanan kullanım suyu miktarı, %85 kullanım oranında günlük ihtiyacın iki katını karşılayabilmelidir.

2.7.2.2. Tek ve İkiz Villalarda Kullanım Suyu Isıtması ve Isıtma Desteği Sağlayan Sistemler

- **Kolektör Sayısı**

Kullanım suyu ısıtması ve ısıtma desteği sağlayan bir güneş enerjisi sisteminde kolektör adedinin belirlenmesi, doğrudan bina ısı ihtiyacına ve istenen güneş enerjisi karşılama oranına bağlıdır. Genelde ısıtma döneminde sadece kısmi bir karşılama sağlanmaktadır.

2.165, 2.166 ve *2.67* diyagramlarında kullanım suyu ısıtması için 4 kişilik bir ailenin kişi ve gün başına 50 l ortalama sıcak su ihtiyacı olduğu temel alınmıştır.

Hesaplama Esasları

2.165, 2.166 ve *2.67* diyagramları aşağıdaki sistem değerlerine sahip bir örnek hesaplamayı baz almaktadır:

- Asal gaz dolgulu yüksek verimli düzlemsel kolektörler, seçici absorber yüzeyli düzlemsel kolektörler veya vakum borulu kolektörlerin kullanımı
- Asal gaz dolgulu yüksek verimli düzlemsel kolektörler: 750 litre termosifon kombi boyler, sekiz adetten fazla kolektör için 1.000 litre
- Seçici absorber yüzeyli düzlemsel kolektörler: 750 litre kombi boyler, altı adetten fazla kolektör için 1.000 litre
- Vakum borulu kolektörler: 750 litre termosifon kombi boyler, 42 adetten fazla boru için 1.000 litre
- Günlük 200 litre sıcak su ihtiyacı olan 4 kişilik aile
- Çatı yönelimi güneye
- Çatı eğimi 45°
- Bölge Würzburg
- Düşük sıcaklık ısıtma uygulaması t_v= 40°C (gidiş), t_R= 30°C (dönüş)

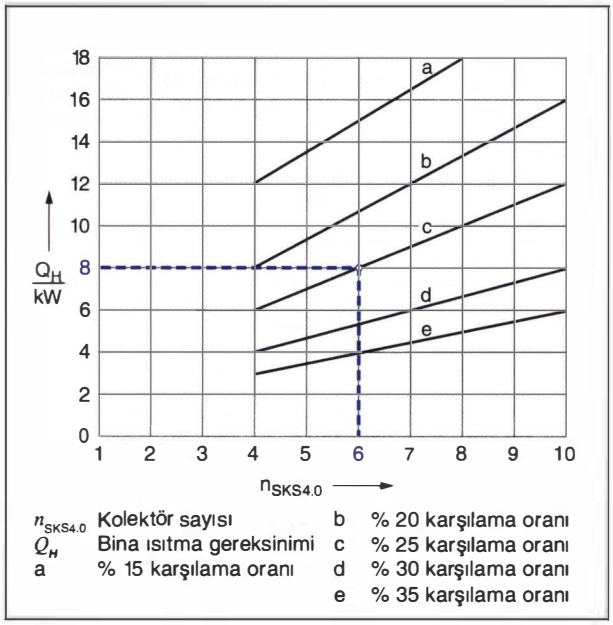
Örnek

Verilen:

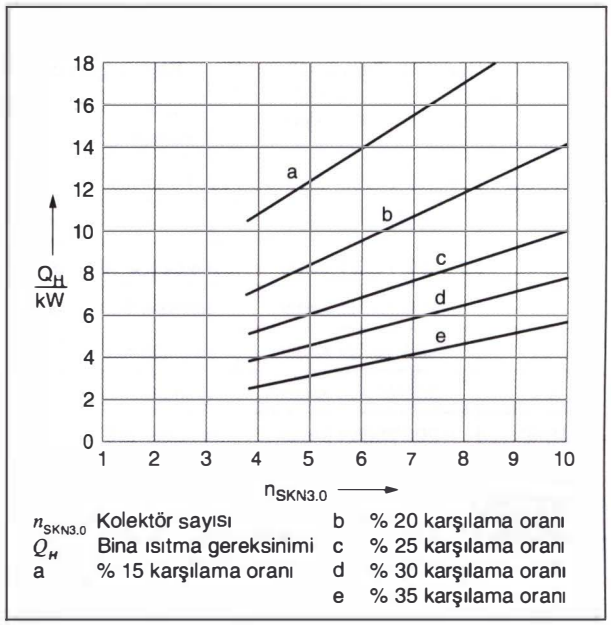
- Günlük 200 litre sıcak su ihtiyacı olan 4 kişilik aile
- Kullanım suyu ısıtması ve yerden ısıtma desteği sağlayan güneş enerjisi sistemi
- Isıtma ihtiyacı 8 kW
- İstenen karşılama oranı %25
- Bölge Würzburg

Sonuç:

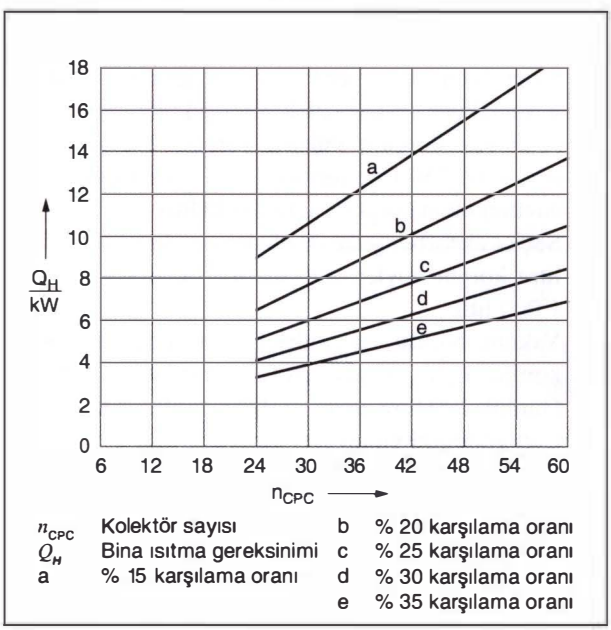
Şekil 2.165'deki c eğrisine göre altı adet asal gaz dolgulu yüksek verimli düzlemsel kolektör gereklidir.



Şekil 2.165. KULLANIM SUYU ISITMASI VE ISITMA DESTEĞİ SAĞLAYAN GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ İÇİN LOGASOL SKS 4.0 KOLEKTÖR SAYISINI YAKLAŞIK OLARAK BELİRLEME (Örnek işaretlenmiştir, hesaplama esasları dikkate alınmalıdır!)



Şekil 2.166. KULLANIM SUYU ISITMASI VE ISITMA DESTEĞİ SAĞLAYAN GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ İÇİN SKN 3.0 KOLEKTÖR SAYISINI YAKLAŞIK OLARAK BELİRLEME (Hesaplama esasları dikkate alınmalıdır!)



Şekil 2.167. KULLANIM SUYU ISITMASI VE ISITMA DESTEĞİ SAĞLAYAN GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ İÇİN CPC BORU SAYISINI YAKLAŞIK OLARAK BELİRLEME (Hesaplama esasları dikkate alınmalıdır!)

- **Boyler Seçimi**

Kullanım suyu ısıtması ve ısıtma desteği sağlayan güneş enerjisi sistemleri mümkünse bir kombi boyler ile işletilmelidir. Boyler seçiminde, kullanım suyu hazırlanan kısmın tüketim profiline uygun olmasına dikkat edilmelidir.

Tablo 2.169 günlük ve kişi başına sıcak su ihtiyacına bağlı olarak kombi boylerin seçimi ile ilgili referans değerleri ve kolektör sayısını göstermektedir. Durgunluk sürelerini en kısa tutabilmek için kolektör başına minimum 100 litre boyler hacmi bulunmalıdır.

Alternatif olarak, kombi boyler yerine iki boylerli sistem kurulabilir. Bu sistem, diğer bir devre tarafından artırılan bir sıcak kullanım suyu veya tesisat suyu ihtiyacı oluştuğunda önerilir.

Burada kolektör sayısı, ilave devrenin (yüzme havuzu veya depo boyler) ihtiyacına uyumlu olmalıdır.

2.7.2.3. Küçük Apartmanlar (3-5 Daireli)

- **Büyük Sistemlerdeki Çift Serpantinli Boylerler**

DVGW'ye uygun büyük sistemlerde kullanım suyu ısıtma sisteminin sıcak su çıkışındaki suyun sıcaklığı ≥ 60°C olmalıdır. Tüm ön ısıtma hacmi günde en az bir kere ≥ 60°C'ye ısıtılmalıdır.

Küçük apartmanlarda çift serpantinli boylerde ön ısıtma hacmi (sadece güneş enerjisi sistemi tarafından ısıtılan boyler hacmi) ile hazır (üst) kısım (konvansiyonel sistemle ısıtılan boyler hacmi) birlikte ilave sirkülasyon pompası ile ısıtılabilmelidir. Günlük ısıtma hazır (üst) kısım ile ön ısıtma hacmi arasındaki su transferi ile sağlanır. Bunun için çift serpantinli boylerin sıcak su çıkışı ile soğuk su girişi arasında sirkülasyon pompalı bir bağlantı hattı oluşturulur. Pompanın kontrolü sistem tarafından sağlanmalıdır.



Şekil 2.168. GÜNEŞ ENERJİSİ İLE VİLLA ISITMA DESTEĞİ SİSTEMİ UYGULAMA ÖRNEĞİ

Boyler Logalux	Tavsiye edilen günlük sıcak su ihtiyacı (l) 60°C boyler ve 45°C tüketim sıcaklığında	Tavsiye edilen kullanıcı sayısı	Boyler hacmi kullanım suyu / toplam (l)	Tavsiye edilen SKN 3.0 veya SKS 4.0 kolektör sayısı	Tavsiye edilen CPC boru sayısı
P750 S	200/250'ye kadar	yaklaşık 3-5	160/750	4-6	36-48
PL750/2S	250/350'ye kadar	yaklaşık 3-9	300/750	4-8	36-48
PL1000/2S	250/350'ye kadar	yaklaşık 3-9	300/940	6-10	48-60
DuoFWS750	200/250'ye kadar	yaklaşık 3-5	380/750	4-6	36-48
DuoFWS1000	250/350'ye kadar	yaklaşık 3-6	38/1000	4-8	48-60

Tablo 2.169. KOMBİ BOYLERİN SEÇİMİ İÇİN REFERANS DEĞERLER

Boyler Logalux	Tavsiye edilen günlük sıcak su ihtiyacı (l) 60 °C boyler ve 45 °C tüketim sıcaklığında	Tavsiye edilen kullanıcı sayısı			Boyler hacmi (l)	Tavsiye edilen SKN 3.0 veya SKS 4.0 kolektör sayısı	Tavsiye edilen CPC boru sayısı
		Kişi ve gün başına sıcak su ihtiyacı					
		40 l düşük	50 l ortalama	75 l yüksek			
SM300	200/250'ye kadar	yaklaşık 5-6	yaklaşık 4-5	yaklaşık 3	290	2-3	18
SM400	250/300'e kadar	yaklaşık 6-8	yaklaşık 5-6	yaklaşık 3-4	390	3-4	24
SM500	300/400'e kadar	yaklaşık 8-10	yaklaşık 6-8	yaklaşık 4-5	490	4-5	30
SL300	200/250'ye kadar	yaklaşık 5-6	yaklaşık 4-5	yaklaşık 3	300	2-3	18
SL400	250/300'e kadar	yaklaşık 6-8	yaklaşık 5-6	yaklaşık 3-4	380	3-4	24
SL500	300/400'e kadar	yaklaşık 8-10	yaklaşık 6-8	yaklaşık 4-5	500	4-5	30

Tablo 2.170. İKİ BOYLERLİ SİSTEMDE KULLANIM SUYU BOYLERİNİN SEÇİMİ İÇİN REFERANS DEĞERLER

Boyler Logalux	Depo hacmi litre	Tavsiye edilen SKN 3.0 veya SKS 4.0 kolektör sayısı	Tavsiye edilen CPC boru sayısı
P750	750	4-8	36-48
PL1000	1.000	4-8	48-60
PL1500	1.500	6-16	72-108

Tablo 2.171. İKİ BOYLERLİ SİSTEMDE DEPO BOYLERİN SEÇİMİ İÇİN REFERANS DEĞERLER

Dört veya beş kolektörlü 500 litre çift serpantinli veya termosifon tip çift serpantinli boylerli bir sistem ile daire başına 60°C'de 100 litre kullanım suyu ihtiyacında yaklaşık %30 karşılama oranı elde edilebilmektedir.
Boylerin seçiminde, sıcak su ihtiyacının güneş ışınımı olmadan da konvansiyonel ek ısıtma ile karşılanabilmesine dikkat edilmelidir.

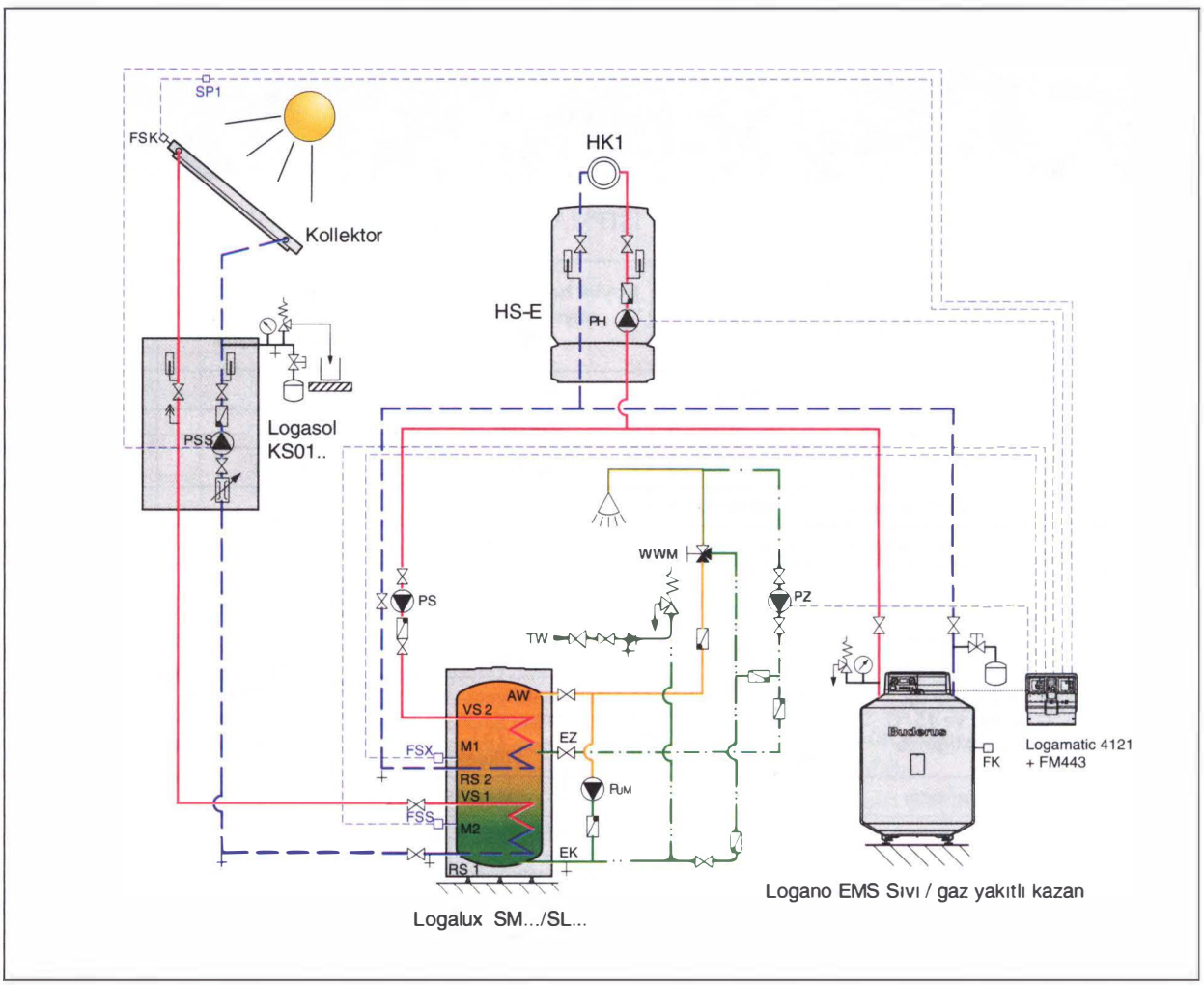
- **Termik Dezenfeksiyon**

Termik dezenfeksiyonun başarılı bir şekilde kullanılabilmesi ve sonuçlandırılabilmesi için büyük apartmanlardaki şartlara uyulmalıdır.

2.7.2.4. Büyük Apartmanlar (Daire Sayısı ≤ 30)

- **Ön Isıtma Hacimli İki Boylerli Sistemler**

DVGW'ye uygun kullanım suyu ısıtması sağlayan büyük sistemler ile bağlantılı güneş enerjisi sistemlerinin planlanmasında her gün yapılması gereken termik dezenfeksiyon daima dikkate alınmalıdır. Böylelikle hijyen sağlanmakta, aynı zamanda güneş enerjisi sisteminin ön ısıtma hacminin ortalama sıcaklık seviyesi de yükselmektedir.
Düzgün tüketim profili olan (apartmanlar vb) veya yaklaşık %20-30 gibi düşük karşılama oranı hedeflenen



Şekil 2.172. 3-5 DAİRELİ BİR APARTMAN İÇİN ÇİFT SERPANTİNLİ BOYLERİN HİDROLİK BAĞLANTISI (FM443 Solar fonksiyon modülü yardımıyla boyler sıcak su transferi ve DVGW-ARBEITSBLATT W551'e uygun termik dezenfeksiyon kontrolü)

nispeten küçük olan merkezi sistemlerde her gün yapılması gereken termik dezenfeksiyona rağmen genellikle ekonomik ve yeterli çözüm sağlanabilmektedir.

Yaklaşık %40 karşılama oranı istenen ve daha büyük depolama hacmine sahip güneş enerjisi sistemlerinde günlük ısıtma, güneş enerjisi kazancını büyük oranda azaltmaktadır.

Önlem olarak tesisat suyu ile dolu ilave bir depo boyler ve plakalı eşanjörler kullanılabilir. Bunun avantajı, aynı depolama hacimleri ile termik dezenfeksiyon gereksinimi olmadan işletim sağlayabilmektir. Bu sistemlere ait ayrı planlama klavuzları mevcuttur.

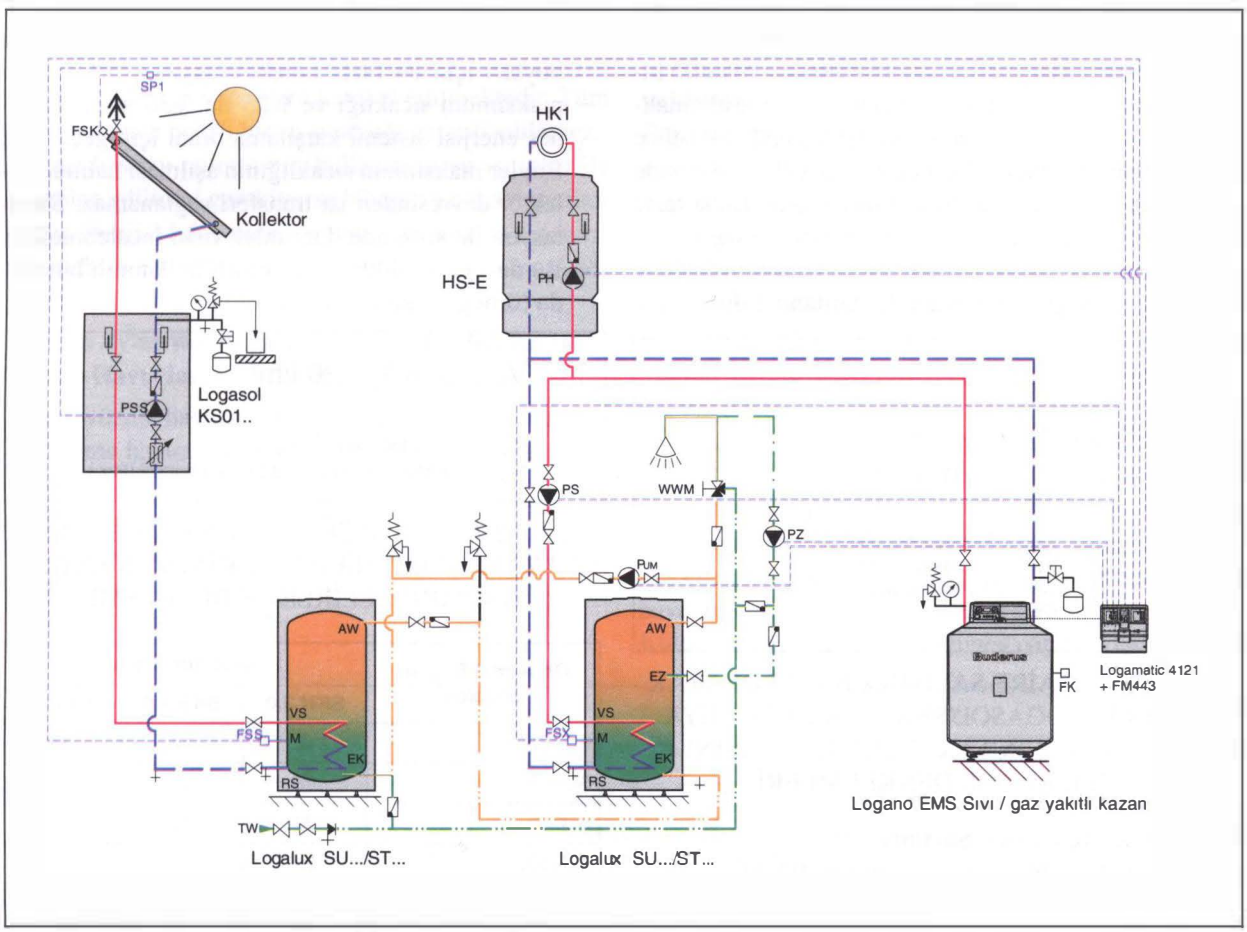
Kullanım suyu boylerli sistemler revizyon için çok uygundur, çünkü ön ısıtma hacmi ve hazır hacim ayrı boylerlere sahiptir. Ön ısıtma hacmi ve hazır boyler ayrı boyutlandırılabilmektedir. Hazır boylerin istenen sıcaklığı en az 60°C'dir. Güneş enerjisi sisteminin tüm boyler hacminde kullanılabilmesi için güneş enerjisi ile ısıtma 75°C'ye kadar serbest bırakılmalıdır. Duvar ve yer tipi kazan solar fonksiyon modülü (FM) veya iki veya üç devreli sistemler için kumanda modülü (SC), ön ısıtma boyleri hazır boylerden daha sıcak ise, iki boyler arasında sıcak su aktarımı için pompayı çalıştırır. Böylece her iki boyler istenen sıcaklığın üzerine ısıtılmakta ve kullanım suyu sirkülasyon ısı kaybının, güneş enerjisi tarafından karşılanması mümkün olmaktadır (*Şekil 2.173*).

İstenen 60°C'lik lejyonella bakterisine karşı koruma sıcaklığına gün boyunca ulaşılamıyorsa, sıcak su transferi önceden belirtilen bir zamanda başlatılmalıdır.

- **Termik Dezenfeksiyon**

Termik dezenfeksiyonun başarılı bir şekilde kullanılabilmesi ve sonuçlandırılabilmesi için aşağıdaki şartlar yerine getirilmelidir:

- Ön ısıtma hacminin termik dezenfeksiyonu, kullanımın olmadığı saatlerde yapılmalıdır. Gece saatleri en uygun zamanlardır.
- Termik dezenfeksiyon işletiminin hacimsel debisi ön ısıtma boyleri hacminin, saatte en az iki kere sirküle edebilmesini sağlayacak şekilde ayarlanmalıdır. Üç kademeli bir pompanın kullanılması tavsiye edilir.
- Hazır boylerin sıcaklığı termik dezenfeksiyon süresinde 60°C sınırın altına inmemelidir. Hazır boylerdeki sıcaklık seviyesinin düşmemesi için termik dezenfeksiyon için gerekli kapasite ek ısıtma devresinden sağlanabilmelidir.



Şekil 2.173. KULLANIM SUYU İLE DOLDURULAN ÖN ISITMA VE HAZIR BOYLERLİ SİSTEM ŞEMASI (FM443 solar fonksiyon modülü yardımıyla boyler sıcak su transferi ve DVGW Arbeitsblatt W551'e göre termik dezenfeksiyon kontrolü)

- Hazır boyler ile ön ısıtma boylerinin arasındaki ısı kayıplarının mümkün olduğunca düşük tutulabilmesi için hattın ısı yalıtımı düzgün bir şekilde uygulanmalıdır.
- Termik dezenfeksiyon devresi mümkün olduğunca kısa tutulmalıdır (ön ısıtma boyleri veya hazır boylere yakın).
- Sıcak su sirkülasyonu, ön ısıtma boylerinin termik dezenfeksiyon süresince durdurulmuş olmalıdır (sirkülasyon dönüşü ile hazır boylerde soğuma olmamalıdır).
- Hazır boylerin ısıtılmasını sağlayan kumanda paneli, boylerde istenen sıcaklığın geçici olarak yükseltilmesini sağlayan bir fonksiyona sahip ise, bu fonksiyonun zaman programı, ön ısıtma boyleri termik dezenfeksiyon işletiminin zaman programından önce (örneğin 30 dakika) devreye girmelidir (her iki zaman programının senkronizasyonu gereklidir).
- Termik dezenfeksiyon işletiminin fonksiyonu sistemin devreye alınması sırasında test edilmelidir. Test şartları, daha sonraki işletmeye benzer olacak şekilde seçilmelidir.

• **Kolektör Sayısının Belirlenmesi**

Kolektör sayısının belirlenmesi için düzgün bir tüketim profiline sahip binalarda (örneğin bir apartmanda) metrekare kolektör alanı başına günlük yaklaşık 70 ile 75 litre arası kullanım suyu tüketim yükü göz önüne alınmalıdır. Kullanım suyu ihtiyacı buna uygun olarak dikkatlice hesaplanmalıdır, çünkü daha düşük bir yük bu sistemde durgunluk sürelerinin artmasına neden olur. Daha fazla bir yük sistemin dayanımı anlamında avantaj sağlar.
Basitleştirilmiş olarak verilen sınır değerlerin dikkate alınmasıyla aşağıdaki denklemler kullanılabilir.

$$n_{SKS4.0} = 0{,}6 \cdot n_{WE}$$
$$n_{SKN3.0} = 0{,}7 \cdot n_{WE}$$
$$n_{CPC12} = 0{,}5 \cdot n_{WE}$$

$n_{SKS4.0}$ SKS 4.0 kolektör sayısı
$n_{SKN3.0}$ SKN 3.0 kolektör sayısı
n_{CPC12} CPC12 kolektör sayısı
n_{WE} Daire sayısı

Şekil 2.174. DAİRE SAYISINA BAĞLI OLARAK GEREKLİ LOGASOL SKS 4.0, SKN 3.0 VEYA VACIOSOL CPC12 KOLEKTÖR SAYISINI BELİRLEME DENKLEMLERİ

Denklemler İçin Sınır Şartları

- Termik dezenfeksiyon işletimi saat 02.00'da
- Sirkülasyon kaybı
  Yeni bina = 100 W/daire
  Eski bina = 140 W/daire
- Bölge Würzburg
- Ön ısıtma boyler sıcaklığı maksimum 75°C
- Sıcak su aktarımı aktif
- 60°C'de 100 l/daire tüketim

• **Boyler Hacminin Belirlenmesi**

Seri bağlı kullanım suyu boylerleri sıcak su aktarımı imkanına sahip olmalıdır. Termik dezenfeksiyon ve ön ısıtma boylerinden hazır boylere sıcak su aktarımı sağlanmalıdır. Bu durumda güneş enerjisi boyleri hacmi, ön ısıtma boyleri ile hazır boylerin hacimlerinin toplamından oluşur.
Boylerin seçiminde gerekli duyar eleman pozisyonlarına dikkat edilmelidir. Sökülebilir yumuşak köpük yalıtım malzemeli boylerler ilave duyar eleman tespit edebilme imkanı sağlar.

- **Ön Isıtma Boyleri**

Minimum ön ısıtma boyler hacmi metrekare kolektör alanı başına yaklaşık 20 litre olmalıdır. Özgül boyler hacminin artırılması, tüketim salınımları bakımından sistemin güvenilirliğini artırsa da diğer yandan termik dezenfeksiyon için konvansiyonel enerji payının artmasına neden olabilir.
Ön ısıtma boyleri, boyler yüksekliğinin %20'sinde ve %80'inde iki ilave duyar eleman yerleştirilmesine imkan tanımalıdır.
Tablo 2.176'ya göre tek serpantinli hızlı ön ısıtma boyleri için en fazla kolektör sayısı, 75°C boyler maksimum sıcaklığı ve %25 ile %30 arasında güneş enerjisi sistemi karşılama oranı için geçerlidir. Boyler maksimum sıcaklığının aşılması halinde kolektör devresinden ısı transferi sağlanamaz. Simülasyon ile sistemde durgunluk riski incelenmelidir. Bu durum özellikle yazın sınırlı kullanımlı binalarda (örneğin okullarda) önemlidir.

$$V_{VWS,min} = A_K \cdot 20\ l/m^2$$

A_K Kolektör alanı (m^2)
$V_{VWS,min}$ Minimum ön ısıtma boyleri hacmi (litre)

Şekil 2.175. KOLEKTÖR ALANINA BAĞLI OLARAK ÖN ISITMA BOYLERİNİN EN KÜÇÜK HACMİNİ BELİRLEME DENKLEMİ

Ön Isıtma Boyleri Logalux	Kolektör Sayısı		
	SKN 3.0	SKS 4.0	CPC12
SU400	16	14	11
SU500	20	16	13
SU750	22	18	15
SU1000	25	21	17

Tablo 2.176. LOGALUX SU ÖN ISITMA BOYLERİ İÇİN EN FAZLA KOLEKTÖR SAYISI (75°C boyler maksimum sıcaklığı ve %25 ile %30 arasında güneş enerjisi sistemi karşılama oranında)

- **Hazır Boyler (Kazan Boyleri)**
  Hazır boylerin seçimi, konvansiyonel ısı ihtiyacına göre güneş enerjisi sistemi tarafından ısıtılan ön ısıtma boyleri hacmi dikkate alınmadan yapılmaktadır. Ancak özgül toplam boyler hacmi metrekare kolektör alanı başına yaklaşık 50 litre olmalıdır.

$$\frac{V_{BS} + V_{VWS}}{A_K} \geq 50 \text{ l/m}^2$$

A_K Kolektör alanı (m^2)
V_{BS} Hazır boyler hacmi (litre)
V_{VWS} Ön ısıtma boyleri hacmi (litre)

Şekil 2.177. KOLEKTÖR ALANI BAŞINA EN KÜÇÜK ÖN ISITMA BOYLERİ VE HAZIR BOYLER TOPLAM HACMİ BELİRLEME DENKLEMİ

2.7.2.5. Yüzme Havuzu Isıtınası Sağlayan Sistemler

Dış hava koşulları ve yüzme havuzundan toprağa olan ısı kayıpları, tasarımı önemli ölçüde etkiler. Bu nedenle yüzme havuzu ısıtması sağlayan bir güneş enerjisi sistemi ancak yaklaşık olarak tasarlanabilir. Burada esas olarak havuz yüzeyine göre hareket edilmektedir. Tüm aylar boyunca belirli bir su sıcaklığı garanti edilemez. Yüzme havuzu ısıtmasının kullanım suyu ısıtması ile kombine edilmesi gerekiyorsa büyük ve çift serpantinli güneş enerjisi boylerinin seçilmesi ve boyler ısıtmasının maksimum 60°C sıcaklıkla sınırlandırılması tavsiye edilmektedir.

a. Tüm Aylar Boyunca Yüzeyi Örtülebilen Kapalı Yüzme Havuzları ile İlgili Referans Değerler

Kapalı yüzme havuzu referans değerleri için kabuller:
- Yüzme havuzunun üstü kullanılmadığı durumlarda kapalı.
- İstenen havuz suyu sıcaklığı 24°C
  (İstenen havuz suyu sıcaklığı 24°C'nin üzerindeyse gerekli kolektör sayısı *Tablo 2.178*'deki düzeltme değeri kadar artar.)

Örnek:
Verilen:
-Kapalı yüzme havuzu, yüzeyi örtülebilen
-Havuz yüzeyi 32 m^2
-Havuz suyu sıcaklığı 25°C
İstenen:
-Güneş enerjisi ile yüzme havuzu ısıtması sağlayan asal gaz dolgulu yüksek verimli düzlemsel kolektör sayısı
Okunan:
- 32 m^2 havuz yüzeyi için beş adet asal gaz dolgulu yüksek verimli düzlemsel kolektörü gereklidir. (*Tablo 2.178*)
- 24°C havuz suyu sıcaklığının üzerindeki +1°C için, düzeltme değeri olarak bir adet kolektör eklenmelidir.(*Tablo 2.178*)

Sonuç:
Güneş enerjisi ile havuz suyu ısıtması için altı adet asal gaz dolgulu yüksek verimli düzlemsel kolektör gereklidir.

b. Açık Yüzme Havuzları İçin Referans Değerler

Referans değerler, eğer yüzme havuzu izole edilmiş ve kuru olarak toprağa gömülmüş ise geçerlidir. Yüzme havuzu yalıtımsız olarak toprak ile temas halinde ise, önce yalıtım yapılmalıdır. Daha sonra ısı ihtiyacı belirlemesi yapılmalıdır.

- **Yüzeyi Örtülebilen Açık Yüzme Havuzu (veya yalıtımsız kapalı yüzme havuzu)**

Burada referans değer olarak 1:2alınabilir. Kolektör grubunun toplam alanı havuz yüzeyinin yarısı kadar olmalıdır. Vakum borulu kolektörler için referans değer olarak 1:3 alınabilir.

- **Yalıtımsız Açık Yüzme Havuzu**

Burada referans değer olarak 1:1 geçerlidir. Kolektör grubunun toplam alanı havuz yüzeyine eşit olmalıdır. Vakum borulu kolektörler için referans değer olarak 1:2 alınabilir.

Güneş enerjisi sistemi, bir açık yüzme havuzu ısıtması, kullanım suyu ısıtması ve/veya ısıtma destek için planlanmış ise yüzme havuzu ve kullanım suyu için gerekli kolektör alanları toplamı dikkate alınmalıdır. Güneş enerjisi sistemi yaz ve bahar aylarında açık yüzme havuzu için, kışın ise ısıtma desteği için kullanılabilir. Kullanım suyu tüm sene boyunca ısıtılmaktadır.

Yüzey	Referans değer	Kolektör tipine göre yüzey		
		SKN3.0	SKS4.0	CPC
Havuz yüzeyi	Havuz yüzeyi, m^2	Her 5 m^2 için 1 adet SKN3.0	Her 6,4 m^2 için 1 adet SKS 4.0	Her 8 m^2 için 1 adet CPC12
Havuz suyu sıcaklığı düzeltme değeri	24°C havuz suyu sıcaklığının üzerindeki sapma	İlave 1,3 kolektör (24°C havuz suyu sıcaklığının üzerindeki her +1°C için)	İlave 1 adet SKS 4.0 (24°C havuz suyu sıcaklığının üzerindeki her +1°C için)	İlave 1 adet CPC12

Tablo 2.178. YÜZEYİ ÖRTÜLEBİLEN KAPALI YÜZME HAVUZUNDA HAVUZ SUYU ISITMASI SAĞLAYAN KOLEKTÖRLERİN SAYISINI BELİRLEMEYE YARAYAN REFERANS DEĞERLER

2.7.3. KOLEKTÖR MONTAJI İÇİN YER İHTİYACI

2.7.3.1. Çatı Üstü ve Çatı İçi Montajda Yer İhtiyacı

Güneş kolektörleri, 25-65° arasındaki eğim açıları ve iki farklı montaj seçeneği ile monte edilebilmektedir. Bu seçenekler çatı üstü ve çatı içi montaj şeklindedir. Oluklu plakalara ve sac çatılara montaj (sadece çatı üstü montaj) 5 ile 65° arasındaki çatı eğimlerinde uygulanabilmektedir.

Vakum borulu kolektörlerin çatı üstü montajında 15°'lik bir minimum eğim sağlanmalıdır, çatı içi montaj mümkün değildir.

Planlamada çatı üzerindeki yer ihtiyacı dışında çatı altındaki yer ihtiyacı da dikkate alınmalıdır.

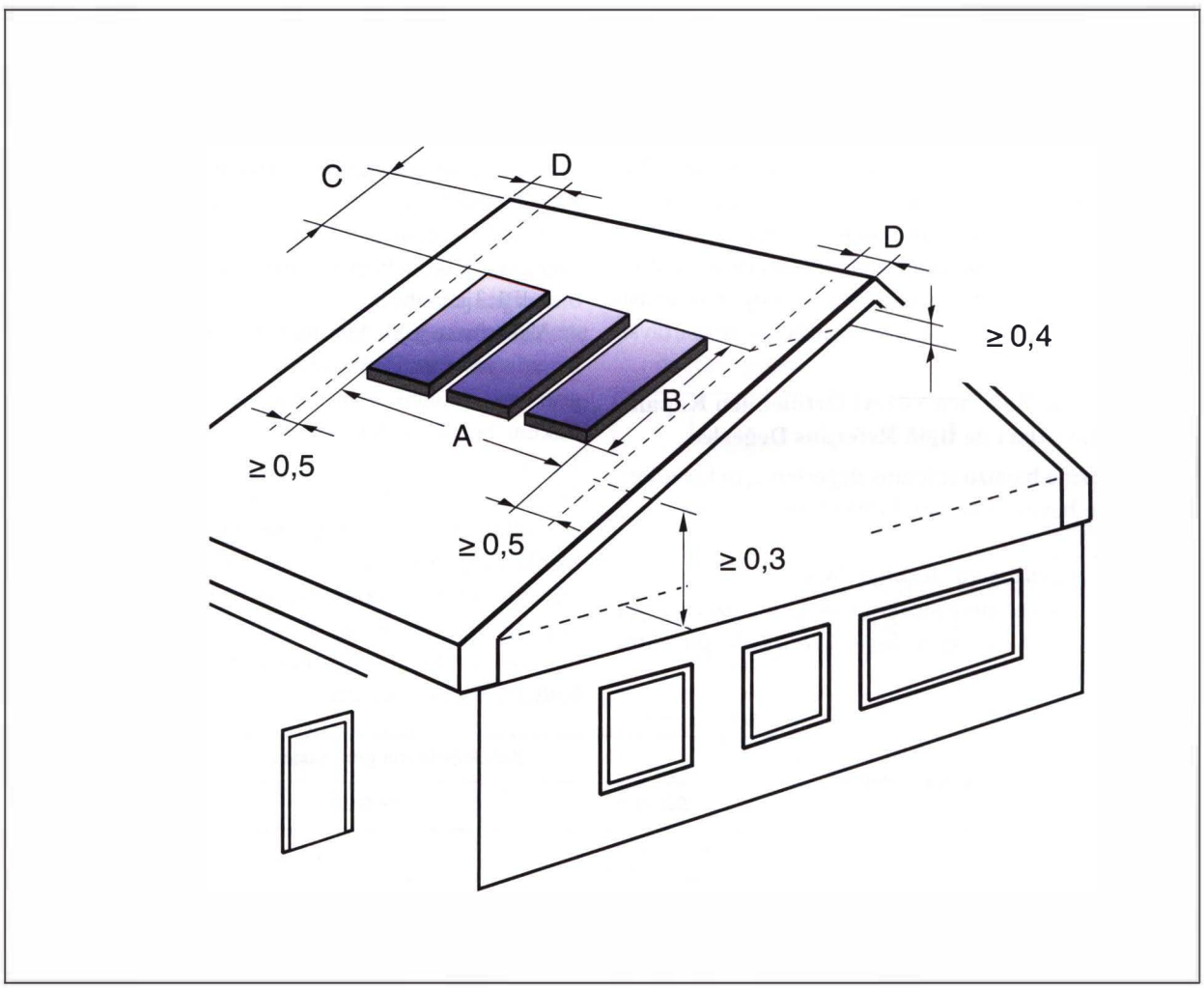
A ve B ölçüleri, seçilen kolektör sayısı ve dağılımı için yer ihtiyacını göstermektedir. Bu ölçüler, çatı içi montajda kolektörlerin ve bağlantı setlerinin yer ihtiyacını içermektedir ve minimum değerler olarak düşünülmelidir. İki kişinin yapacağı montajı kolaylaştırmak için kolektör grubunun çevresinden 1 ya da 2 kiremit sırası geçici olarak kaldırılabilir. Burada C ölçüsü üst sınırdır.

C Ölçüsü, mahyaya kadar en az iki kiremit sırasına (vakum borulu kolektörlerde üç kiremit sırasına) denk gelmektedir. Betona yaş iken yerleştirilen kiremitlerde çatı kaplamasının hasar görme riski bulunmaktadır.

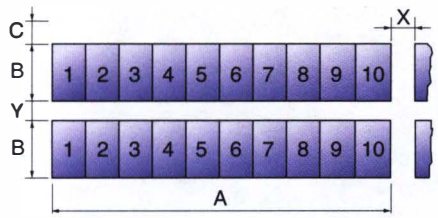
D Ölçüsü, çatı alın duvarı kalınlığı dahil olmak üzere çatı çıkmasını göstermektedir. Montaj seçeneğine bağlı olarak bitişik kolektör grubuna 0,5 m (vakum borulu kolektörlerde 0,3 m) mesafe gereklidir.

Bağlantı hatları için kolektör grubunun sağında ve/veya solunda (çatı altında) 0,5 m minimum mesafe planlanmalıdır. Dönüş bağlantı hattının yerleştirilebilmesi için kolektör grubunun altında 0,3 m mesafe planlanmalıdır.

Eğer sistem bir doldurma ünitesi ile doldurulmuyorsa, dönüş hattı hava purjörüne kadar yükselerek çıkarılmalıdır. Bu durumda, gidiş toplama hattının yükselen şekilde yerleştirilmesi veya otomatik purjörlü hava tüpü için kolektör grubunun üstünde 0,4 m mesafe (çatı altında) planlanmalıdır.



Tablo 2.179. GÜNEŞ KOLEKTÖRLERİNİN ÇATI ÜSTÜ VE ÇATI İÇİ MONTAJINDA YER İHTİYACI
(ölçüler m'dir.)



A Kolektör sırasının genişliği
B Kolektör sırasının yüksekliği
C Mahyaya olan mesafe
X Yan yana yerleştirilen kolektör sıralarının arasındaki mesafe
Y Üst üste yerleştirilen kolektör sıralarının arasındaki mesafe

Şekil 2.180. ÇATI ÜSTÜ VE ÇATI İÇİ MONTAJDA KOLEKTÖR GRUPLARI İÇİN YER İHTİYACI

Ölçüler			Logasol Kolektör Grubunun Boyutları			
			SKN 3.0 ve SKN 4.0 çatı üstü montajda		SKN 3.0 ve SKN 4.0 çatı içi montajda	
			Dik	Yatık	Dik	Yatık
A	1 Kolektör için	m	1,15	2,07	-	-
	2 Kolektör için	m	2,32	4,17	2,67	4,52
	3 Kolektör için	m	3,49	6,26	3,84	6,61
	4 Kolektör için	m	4,66	8,36	5,01	8,71
	5 Kolektör için	m	5,83	10,45	6,18	10,80
	6 Kolektör için	m	7,06	12,55	7,41	12,90
	7 Kolektör için	m	8,17	14,64	8,52	14,99
	8 Kolektör için	m	9,34	16,74	9,69	17,09
	9 Kolektör için	m	10,51	18,83	10,86	18,96
	10 Kolektör için	m	11,68	20,93	12,03	21,28
B		m	2,07	1,15	2,80	1,87
C			2 kiremit sırası	2 kiremit sırası	2 kiremit sırası	2 kiremit sırası
X			= 0,20 m	= 0,20 m	3 kiremit sırası	3 kiremit sırası
Y			Çatı yapısına göre (Lata mesafesi)	Çatı yapısına göre (Lata mesafesi)	-	-

Tablo 2.181. ÇATI ÜSTÜ VE ÇATI İÇİ MONTAJDA LOGASOL KOLEKTÖR GRUBU BOYUTLARI

Ölçüler			Vaciosol Vakum Borulu Kolektör Grubunun Boyutları			
			CPC6 Çatı üstü montajda		CPC12 Çatı üstü montajda	
			Tek sıra	Çift sıra	Tek sıra	Çift sıra
A	6 Boru için	m	0,70	0,70	-	-
	12 Boru için	m	1,40	1,40	1,40	1,40
	18 Boru için	m	2,15	2,15	-	-
	24 Boru için	m	2,85	2,85	2,80	2,80
	30 Boru için	m	3,55	3,55	-	-
	36 Boru için	m	4,25	4,25	4,20	4,20
B		m	2,10	4,15	2,10	4,15

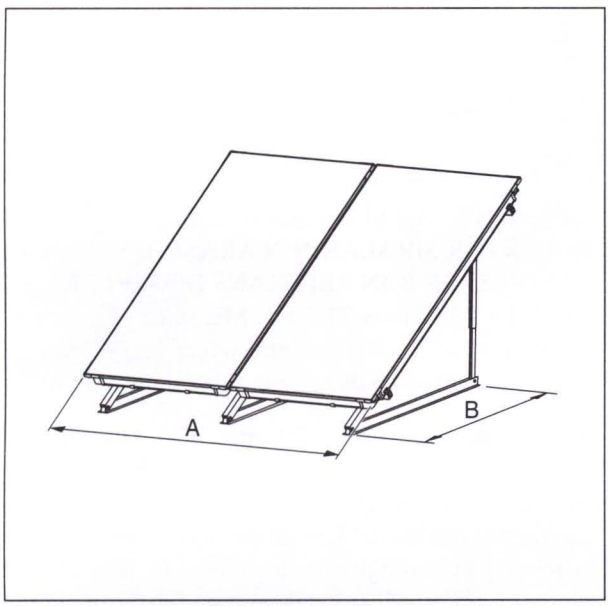
Tablo 2.182. ÇATI ÜSTÜ MONTAJDA VACIOSOL VAKUM BORULU KOLEKTÖR GRUBUNUN BOYUTLARI



Şekil 2.183. ÇATI ÜSTÜ MONTAJ UYGULAMA ÖRNEĞİ

2.7.3.2. Düz Çatı Montajında Yer İhtiyacı

Düz çatı montajı dik ve yatık asal gaz dolgulu yüksek verimli düzlemsel kolektörler, seçici absorber yüzeyli düzlemsel kolektörler ve vakum borulu kolektörler ile mümkündür. Kolektörlerin yer ihtiyacı, kullanılan düz çatı ayaklarının yerleştirilme alanına ilave olarak, boru hattının geçiş mesafesini içermektedir. Bu mesafe, kolektör grubunun solunda ve sağında en az 0,5 m olmalıdır. Çatı kenarına en az 1 m mesafe planlanmalıdır.



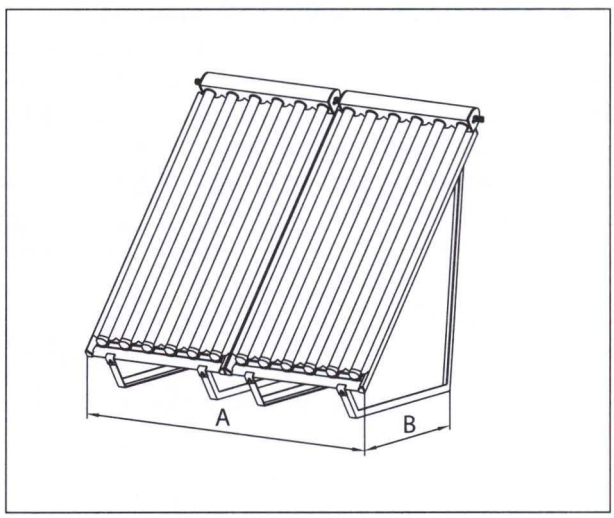
Şekil 2.184. DİK TİP LOGASOL SKN 3.0 VE SKS 4.0 KOLEKTÖRLER İÇİN DÜZ ÇATI MONTAJ SETİ YERLEŞTİRME ÖLÇÜLERİ

Kolektör sayısı	Logasol Kolektör Grubunun Boyutları SKN 3.0 ve SKS 4.0	
	Dik	Yatık
	A m	A m
2	2,34	4,18
3	3,51	6,28
4	4,86	8,38
5	5,85	10,48
6	7,02	12,58
7	8,19	14,68
8	9,36	16,78
9	10,53	18,88
10	11,70	20,98

Tablo 2.185. DÜZ ÇATI MONTAJ SETİ KULLANIMINDA KOLEKTÖR SIRASI BOYUTLARI (A ölçüsü)

Eğim açısı	Logasol Kolektör Grubunun Boyutları SKN 3.0 ve SKS 4.0	
	Dik	Yatık
	B m	B m
25°	1,84	1,06
30°	1,75	1,02
35°	1,68	0,96
40°	1,58	0,91
45°	1,48	0,85
50°	1,48	0,85
55°	1,48	0,85
60°	1,48	0,85

Tablo 2.186. DÜZ ÇATI MONTAJ SETİ KULLANIMINDA KOLEKTÖR SIRASI BOYUTLARI (B ölçüsü)



Şekil 2.187. VACIOSOL CPC6 VE CPC12 VAKUM BORULU KOLEKTÖRLER İÇİN DÜZ ÇATI MONTAJ SETİ YERLEŞTİRME ÖLÇÜLERİ

Boru sayısı	Vaciosol Kolektör Grubunun Boyutları	
	CPC6	CPC12
	Tek sıralı	Tek sıralı
	A m	A m
6	0,70	-
12	1,40	1,40
18	2,15	-
24	2,85	2,80
30	3,55	-
36	4,25	4,20

Tablo 2.188. DÜZ ÇATI MONTAJ SETİ KULLANIMINDA KOLEKTÖR SIRASI BOYUTLARI (A ölçüsü)

Boru sayısı	Vaciosol Kolektör Grubunun Boyutları			
	CPC6		CPC12	
	Tek sıra 30° eğim	Tek sıra 45° eğim	Tek sıra 30° eğim	Tek sıra 45° eğim
	B m	B m	B m	B m
6	1,82	1,49	-	-
12	1,82	1,49	1,82	1,49
18	1,82	1,49	-	-
24	1,82	1,49	1,82	1,49
30	1,82	1,49	-	-
36	1,82	1,49	1,82	1,49

Tablo 2.189. DÜZ ÇATI MONTAJ SETİ KULLANIMINDA KOLEKTÖR SIRASI BOYUTLARI (B ölçüsü)

Kolektör Sıraları Arasındaki Minimum Mesafe

Arka arkaya birden fazla kolektör sırası varsa, arkadaki kolektörlerin mümkün olduğunca az gölgelenmesi için sıralar arasında belirli bir mesafe olacak şekilde yerleştirilmelidir. Bu mesafe için normal tasarım durumlarında yeterli olan referans değerler *Şekil 2.192*'de mevcuttur.

$$X = L \cdot \left(\frac{\sin\gamma}{\tan\varepsilon} + \cos\gamma \right)$$

X Kolektör sıraları arası en kısa mesafe
L Kolektör uzunluğu
γ Kolektör eğim açısı
ε Minimum güneş ışınımı geliş açısı (bulunulan enlem derecesi -23°)

Şekil 2.190. DÜZ ÇATI MONTAJINDA SIRALAR ARASINDAKİ EN KISA MESAFE İÇİN DENKLEM

Eğim açısı	Kolektör Sıralarının Arasındaki Minimum Mesafe (X)		
	Logasol SKN 3.0 ve SKS 4.0		Vaciosol CPC6 ve CPC12
	Dik	Yatık	Dik
γ	m	m	m
25°	4,74	2,63	-
30°	5,18	2,87	3
35°	5,58	3,09	-
40°	5,94	3,29	-
45°	6,26	3,46	3,5
50°	6,52	3,61	-
55°	6,74	3,73	-
60°	6,90	3,82	-

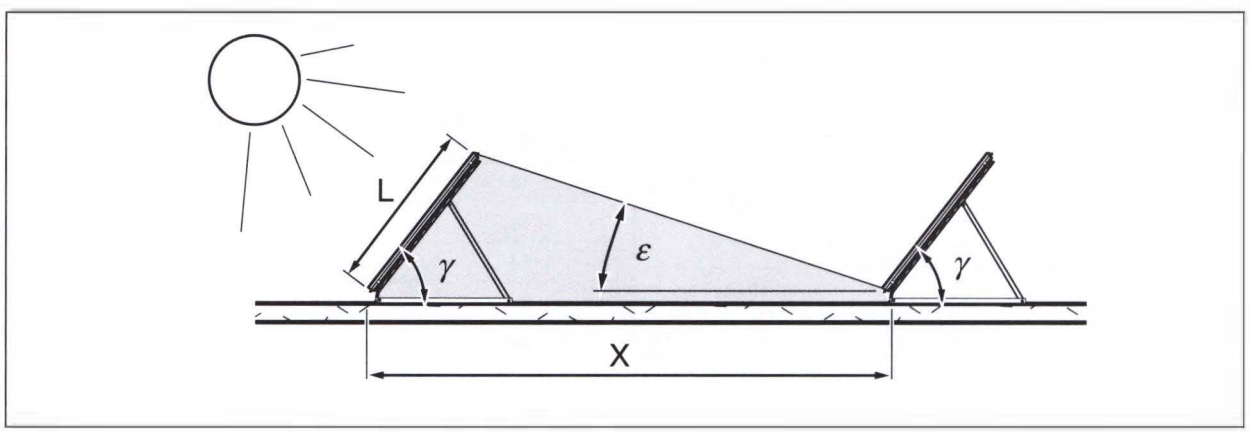
Tablo 2.192. ÇEŞİTLİ EĞİM AÇILARINA GÖRE KOLEKTÖR SIRALARININ ARASINDAKİ EN AZ MESAFE İÇİN REFERANS DEĞERLER
(17°'lik - 21 Aralık 21:00'da Münster ve Freiburg şehirleri arasındaki ortalama değer - gölgeleme oluşturmayan en düşük güneş konumuna göre)

2.7.3.3. Bina Cephesine Montajda Yer İhtiyacı

Bina cephesine montaj, sadece yatık tip seçici absorber yüzeyli düzlemsel kolektörler ve asal gaz dolgulu yüksek verimli düzlemsel kolektörler için uygundur ve 20 m montaj yüksekliğine kadar müsaade edilmektedir. Bina cephesi yeterli yük dayanımına sahip olmalıdır. Bina cephesindeki kolektör sırasının yer ihtiyacı kolektör sayısına bağlıdır. Kolektör grubunun genişliğine (A ölçüsü) ilave olarak sağda ve solda boru hattının geçişi için en az 0,5 m mesafe planlanmalıdır. Bina cephesinin kenarı ile kolektör sırası arasındaki mesafe en az 1 m olmalıdır.

a. Kolektör Sıraları Arasındaki Minimum Mesafe

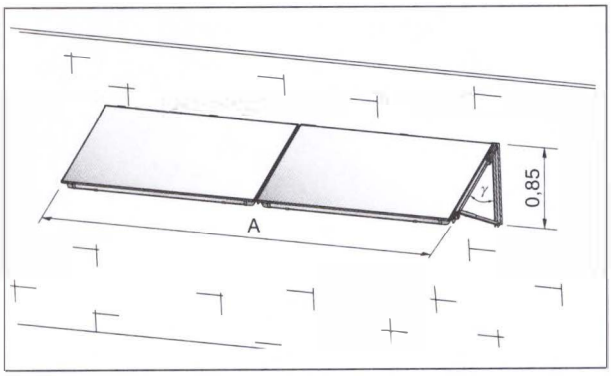
Bina cephesi montaj seti genelde çatı doğrultusu güney yönünden büyük açılarla sapan binalar veya pencere ve kapılarda gölgeleme yapabilmek için uygundur. Teknik açıdan güneşten optimum fayda sağlanabilmekte ve ayrıca mimari yönden binaya canlılık kazandırılmaktadır.



Şekil 2.191. HESAP BÜYÜKLÜKLERİNİN GÖSTERİLİŞİ



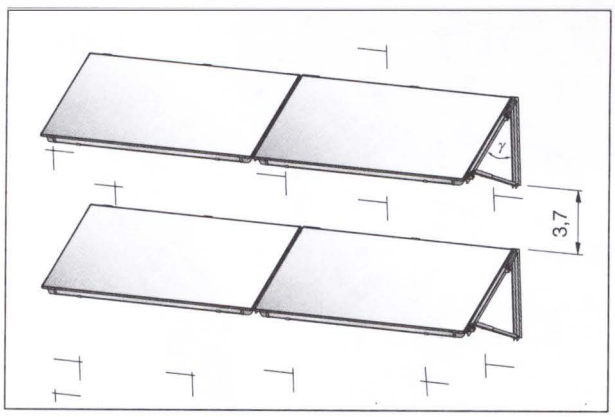
Şekil 2.193. DÜZ ÇATI MONTAJINDA KOLEKTÖRLER ARASINDA UYGUN MESAFENİN SAĞLANDIĞI UYGULAMA ÖRNEĞİ



Şekil 2.194. YATIK TİP LOGASOL SKN 3.0 VE SKS 4.0 KOLEKTÖRLER İÇİN BİNA CEPHESİ MONTAJ SETLERİNİN MONTAJ ÖLÇÜLERİ (ölçüler m'dir.)

Kolektör sayısı	Logasol kolektör sırasının boyutları SKN 3.0 ve SKS 4.0
	Yatık
	A m
2	4,17
3	6,26
4	8,36
5	10,45
6	12,55
7	14,64
8	16,74
9	18,83
10	20,93

Tablo 2.195. BİNA CEPHESİ MONTAJ SETLERİNİN KULLANIMINDA KOLEKTÖR SIRASI BOYUTLARI (A ölçüsü)



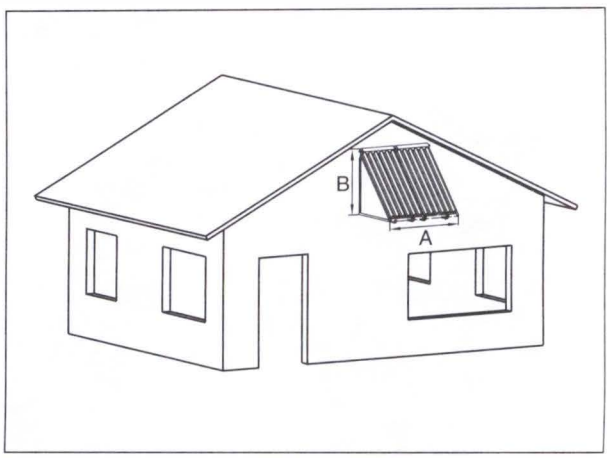
Şekil 2.196. YATIK TİP LOGASOL SKN 3.0 VE SKS 4.0 KOLEKTÖRLER İÇİN BİNA CEPHESİ MONTAJ SETLERİNİN ÜST ÜSTE YERLEŞTİRİLMESİNDE GÖLGELEME OLUŞMAMASI İÇİN GEREKEN MESAFE

Kolektörler, yazın pencereleri güneşten ideal bir şekilde koruyarak odaların serin kalmasını sağlar. Kışın güneşin eğimli geliş açıları güneş ışınımı engellenmeden kolektörün altından pencerelere ulaşır ve böylelikle ilave bir enerji kazancı sağlanır.

Kolektörlerin birbirini gölgelememesi için üst üste yerleştirilen kolektörler arasında en az 3,7 m mesafe bulunması önerilir. Eğer gölgeleme önlemi gerekmiyorsa bu mesafe daha küçük olabilir.

b. Vakum Borulu Kolektörlerin Bina Cephesine Montajı

Vakum borulu kolektörler düz çatı montaj setleri yardımıyla 45 veya 60° eğimle bina cephesine monte edilebilmektedir. Dik montaj, çatı üstü montaj setleri ile yapılabilir. Bina cephesi yeterli yük dayanımına sahip olmalıdır. Toplayıcı gövde, prensip olarak yukarıda kalacak şekilde montaj yapılmalıdır.



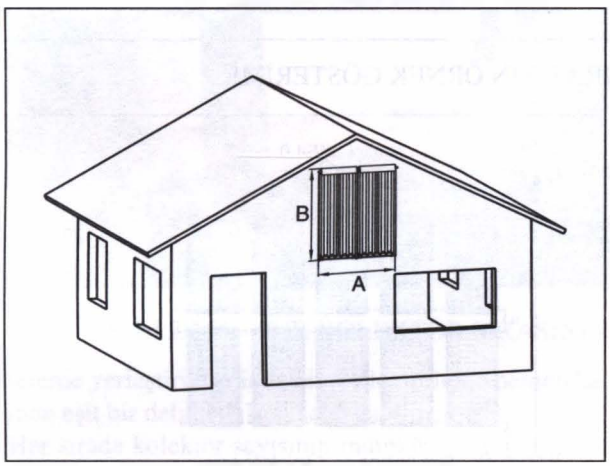
Şekil 2.197. VACIOSOL CPC6 VE CPC12 VAKUM BORULU KOLEKTÖRLER İÇİN AÇILI BİNA CEPHESİ MONTAJ SETİ KULLANIMINDA KOLEKTÖR SIRASI BOYUTLARI

Boru sayısı	Vaciosol Kolektör Sırasının Boyutları	
	CPC6	CPC12
	Tek sıra	Tek sıra
	A m	A m
6	0,70	-
12	1,40	1,40
18	2,15	-
24	2,85	2,80
30	3,55	-
36	4,25	4,20

Tablo 2.198. DÜZ ÇATI MONTAJ SETİ KULLANIMINDA KOLEKTÖR SIRASI BOYUTLARI (A ölçüsü)

Boru sayısı	Vaciosol Kolektör Sırasının Boyutları			
	CPC6		CPC12	
	Tek sıra 30° eğim	Tek sıra 45° eğim	Tek sıra 30° eğim	Tek sıra 45° eğim
	B m	B m	B m	B m
6	1,82	1,52	-	-
12	1,82	1,52	1,82	1,52
18	1,82	1,52	-	-
24	1,82	1,52	1,82	1,52
30	1,82	1,52	-	-
36	1,82	1,52	1,82	1,52

Şekil 2.199. DÜZ ÇATI MONTAJ SETİ KULLANIMINDA KOLEKTÖR SIRASI BOYUTLARI (B ölçüsü)



Tablo 2.200. VACIOSOL CPC6 VE CPC12 VAKUM BORULU KOLEKTÖRLER İÇİN DİK TİP BİNA CEPHESİ MONTAJ SETİ KULLANIMINDA KOLEKTÖR SIRASI BOYUTLARI

Boru sayısı	Vaciosol Kolektör Sırasının Boyutları			
	CPC6		CPC12	
	Tek sıra	Çift sıra	Tek sıra	Çift sıra
	B= 2,10 m	B= 4,15 m	B= 2,10 m	B= 4,15 m
	A m	A m	A m	A m
6	0,70	0,70	-	-
12	1,40	1,40	1,40	1,40
18	2,15	2,15	-	-
24	2,85	2,85	2,80	2,80
30	3,55	3,55	-	-
36	4,25	4,25	4,20	4,20

Şekil 2.201. ÇATI ÜSTÜ MONTAJ SETİ KULLANIMINDA KOLEKTÖR SIRASI BOYUTLARI (A ölçüsü)

2.7.4. TESİSATIN PLANLANMASI

2.7.4.1. Hidrolik Bağlantı

Kolektör Grubu

Kolektör grupları, aynı tipteki ve aynı yerleşim şekline sahip kolektörler (sadece dik veya yatık) ile oluşturulmalıdır. Bu kural, eşit hacimsel debi dağılımı için gereklidir. Giriş ve çıkışı ayrı taraftan yapılan kolektör sırası uygulamasında en fazla on adet seçici absorber yüzeyli düzlemsel kolektör veya asal gaz dolgulu yüksek verimli düzlemsel kolektör yan yana monte edilebilmekte ve hidrolik olarak bağlanabilmektedir.

Aynı taraftan bağlantı yapılan kolektör sırası uygulamalarında ise en fazla 5 adet asal gaz dolgulu yüksek verimli düzlemsel kolektör yanyana monte edilebilmekte ve hidrolik olarak bağlanabilmektedir. Vakum borulu kolektörlerde en fazla 36 adet boru seri olarak bağlanabilmektedir.

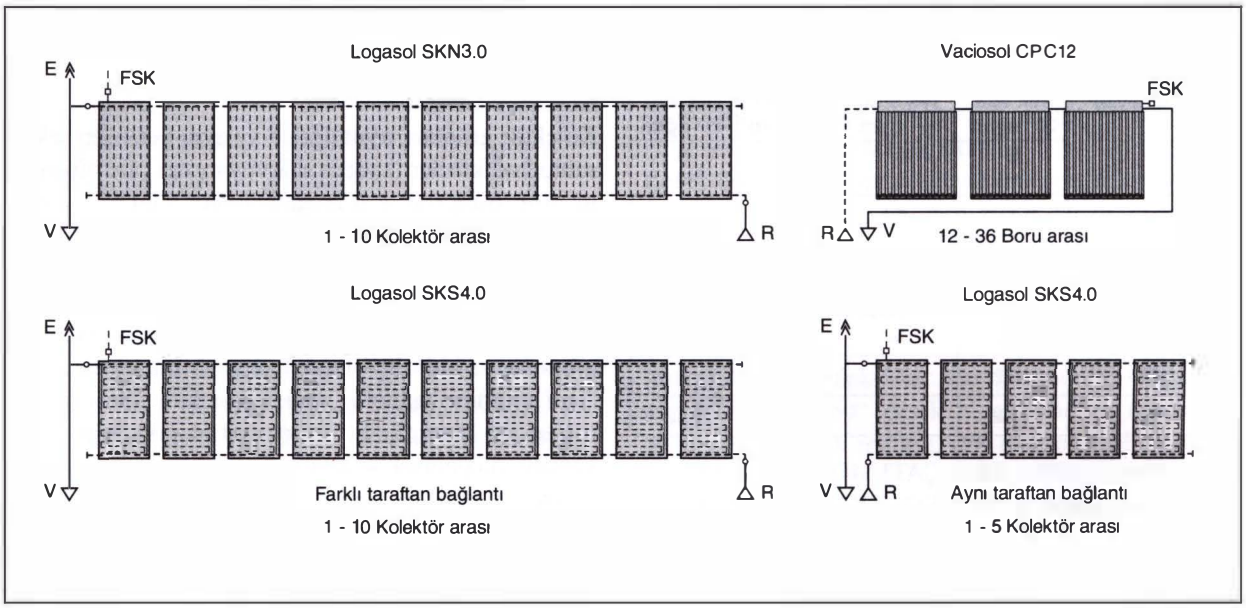
Küçük sistemlerde kolektörlerin seri bağlanması büyük sistemlerde ise paralel bağlantı tercih edilmelidir. Böylelikle tüm grup için eşit bir hacimsel debi dağılımı sağlanmaktadır.

Seri Bağlantı		
Sıra sayısı	Sıra başına maksimum düzlemsel kolektör sayısı	Sıra başına maksimum vakum boru sayısı
1	10	36
2	5	18
3	3	12
4	Seri bağlantıda 3'ten fazla sıra mümkün değildir.	-
Paralel Bağlantı		
Sıra sayısı	Sıra başına maksimum düzlemsel kolektör sayısı	Sıra başına maksimum vakum boru sayısı
1	Farklı taraftan bağlantıda sıra başına en fazla 10 kolektör veya aynı taraftan bağlantıda sıra başına en fazla 5 adet SKS 4.0	Sıra başına maksimum 36 boru
2		
3		
4		
...		
...		
n		

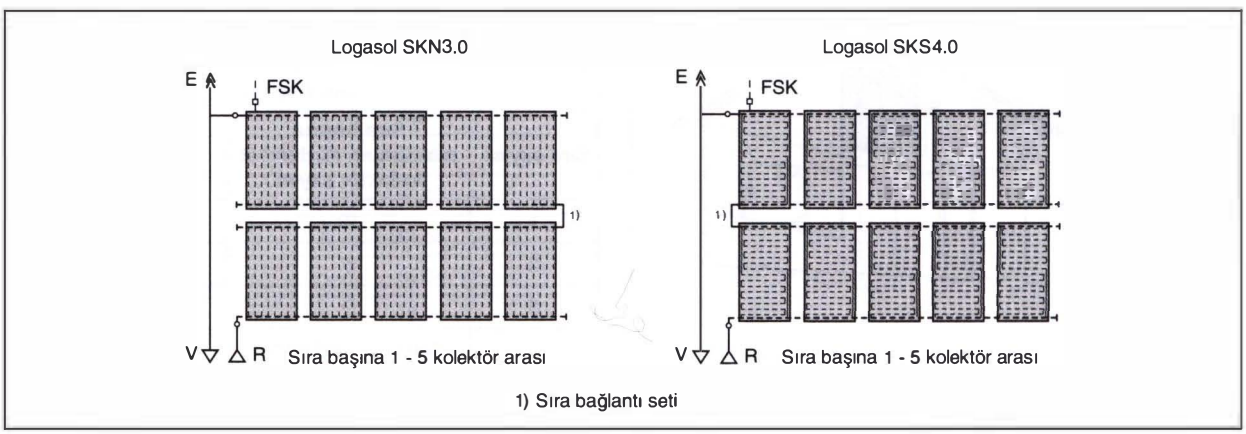
Tablo 2.202. KOLEKTÖR GRUBU YERLEŞİMİ

a. Seri Bağlantı

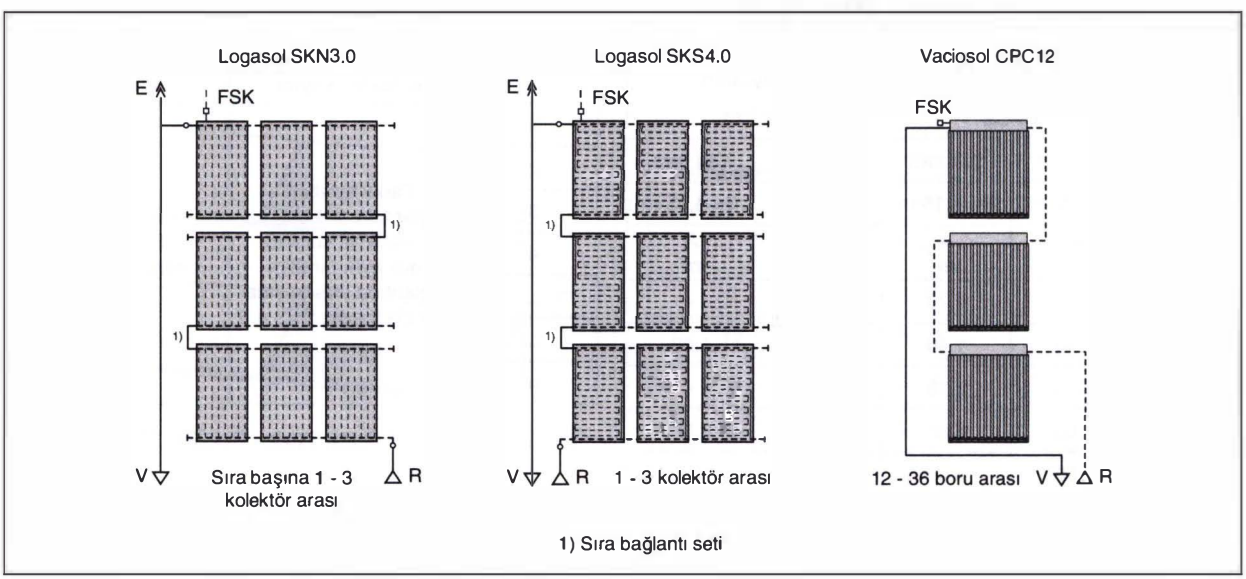
Seri bağlantı ile kolektör sıralarının bağlantısı kolay ve hızlı şekilde yapılabilir. Seri bağlantı, eşit hacimsel debiye ulaşmanın en kolay yoludur. Kolektör sıralarının mimari vb nedenler ile farklı kolektör adedi ve mesa-



Şekil 2.203. BİR KOLEKTÖR SIRASININ ÖRNEK GÖSTERİMİ



Şekil 2.204. İKİ KOLEKTÖR SIRASININ SERİ BAĞLANMASI



Şekil 2.205. ÜÇ KOLEKTÖR SIRASININ SERİ BAĞLANMASI



Şekil 2.206. BİR KOLEKTÖR SIRASININ SERİ BAĞLANMASI UYGULAMA ÖRNEĞİ

felerde yerleştirilmesinde bile kolektörlerde hemen hemen eşit bir debi dağılımı sağlanabilmektedir.

Her sırada kolektör sayısının mümkün olduğunca eşit olmasına dikkat edilmelidir. Sıralarda kolektör sayıları arasındaki fark en fazla bir adet kolektör olabilir. Seri bağlı bir kolektör grubundaki düzlemsel kolektörler en fazla 10 adet ve 3 sıra şeklinde yerleştirilmelidir.

Asal gaz dolgulu yüksek verimli düzlemsel kolektörlerin seri bağlanmasında daha yüksek basınç kayıpları olacağı dikkate alınmalıdır. Hidrolik bağlantı *Şekil 2.203*, *Şekil 2.204* ve *Şekil 2.205*'de çatı üstü montaj örneğinde gösterilmiştir. Havanın en üst kottaki sıra üzerinden atılmasının mümkün olmadığı durumlarda (örneğin düz çatı montajı) gerektiğinde ilave hava purjörleri kullanılmalıdır. Hava purjörlerinin kullanılmasına alternatif olarak, sistem eğer bir doldurma ünitesi ile dolduruluyorsa devrede ayrı bir hava ayırıcı kullanılabilir (örneğin hidrolik grup içinde).

b. Paralel Bağlantı

10 adet düzlemsel kolektörden veya 36 borudan daha fazla sayıda kolektör ve borunun kullanılması durumunda kolektör sıralarının paralel bağlanması gerekmektedir. Paralel bağlanan sıralar eşit sayıdaki kolektörlerden oluşmalı ve eş direnç sağlayacak (Tichelmann) şekilde hidrolik olarak bağlanmalıdır. Burada boru çaplarının eşit olmasına dikkat edilmelidir. Bu mümkün değilse hidrolik dengeleme yapılmalıdır. Isı kayıplarının en düşük seviyede olması için eş direnç, kolektör grubu/sırası giriş hattında uygulanmalıdır. Yan yana duran kolektör grupları, iki grubun ortalarından yükselen bir boruya bağlanabilmeleri için, simetrik yapıda oluşturulur (*Şekil 2.207*).

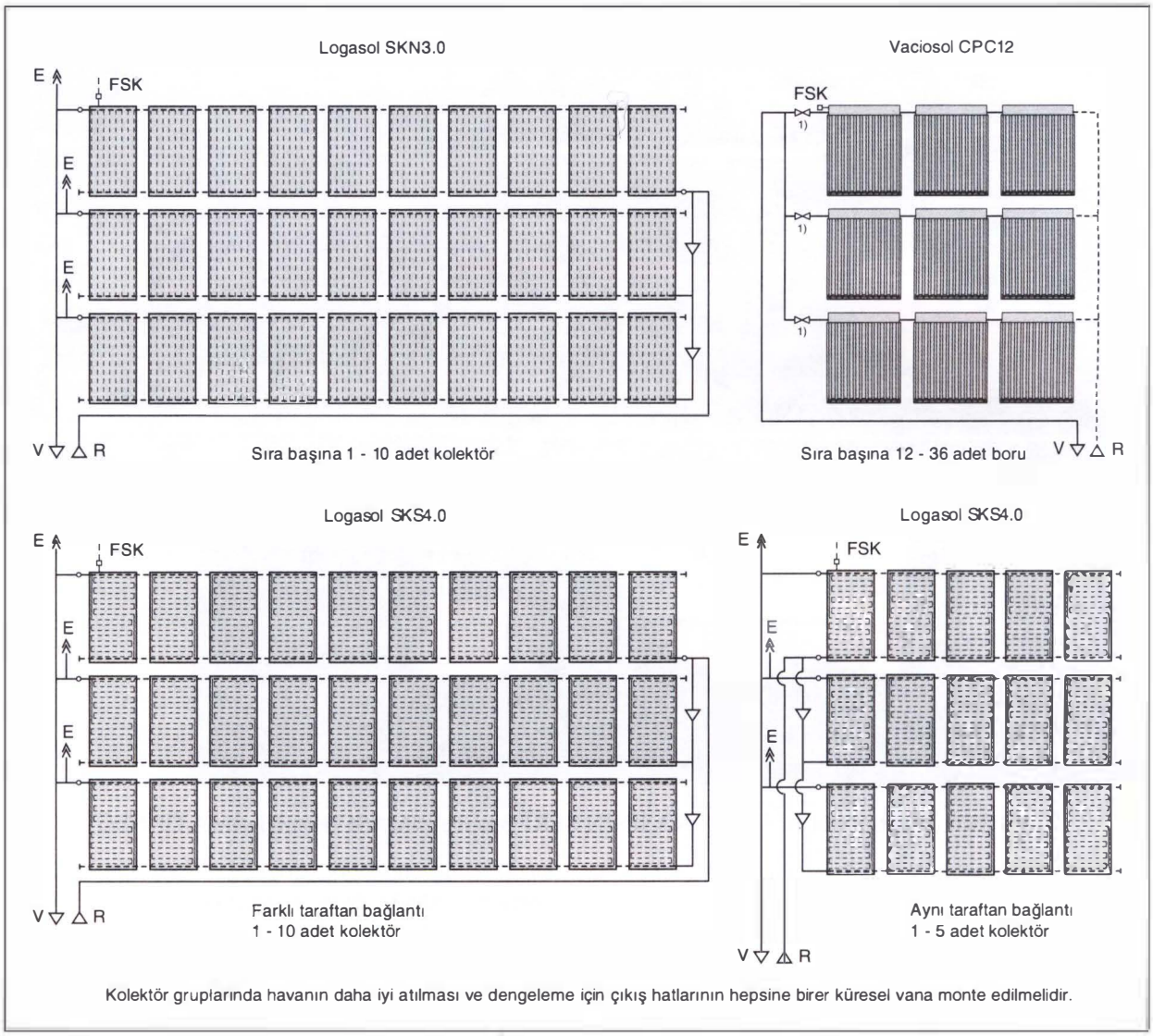
Dik ve yatık kolektörlerin farklı basınç kayıplarına sahip olması nedeniyle, tek tip kolektör kullanılmasına dikkat edilmelidir.

Her sıraya ayrı bir hava purjörü yerleştirilmelidir. Hava purjörlerinin kullanılmasına alternatif olarak sistem, eğer bir doldurma ünitesi ile dolduruluyorsa ayrı bir hava ayırıcı da kullanılabilir. Bu durumda her sıradaki gidiş hattı için bir kapatma vanası gereklidir.

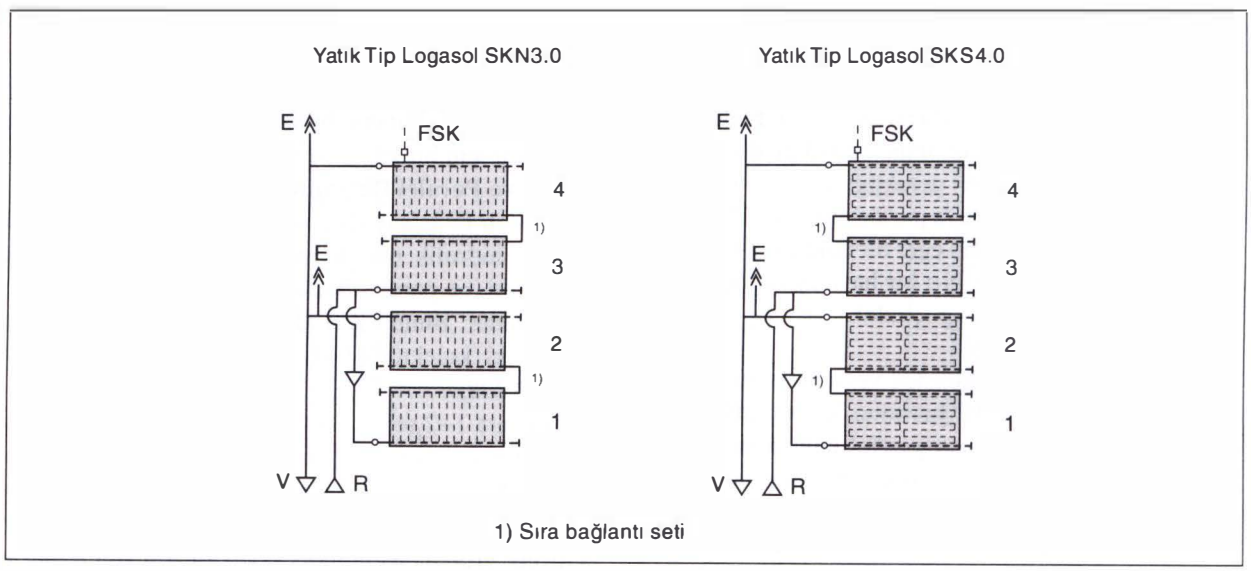
c. Seri ve Paralel Bağlantının Birlikte Kullanımı

Üç adetten fazla sayıda kolektörün üst üste veya arka arkaya hidrolik olarak bağlanması gerekiyorsa bu ancak seri ve paralel bağlantıların kombinasyonu ile mümkündür. Bunun için alttaki iki kolektör (1+2) ve üstteki iki kolektör (3+4) seri olarak bağlanmalıdır. (*Şekil 2.208*)

Daha sonra 1+2 serisi, 3+4 serisi ile paralel bağlanmalıdır. Burada hava purjörünün pozisyonu dikkate alınmalıdır. Her seri bağlı iki kolektör sırası birbirine paralel bağlanıyorsa, her sırada en fazla 5 kolektör olabilir. Hidrolik grubun seçiminde, kolektör grubunun basınç kaybı dikkate alınmalıdır.



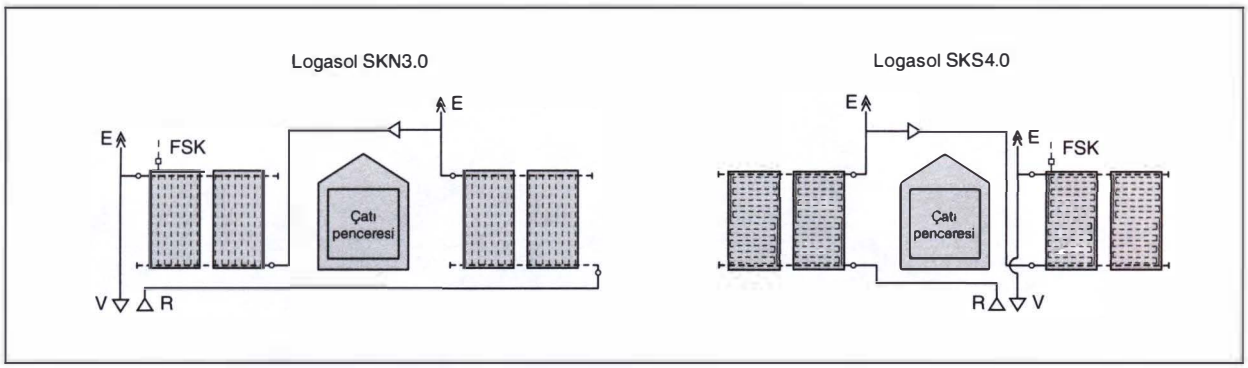
Şekil 2.207. KOLEKTÖR SIRALARININ PARALEL BAĞLANMASI



Şekil 2.208. ÜÇTEN FAZLA SAYIDA YATIK TİP KOLEKTÖRÜN ÜSTÜSTE BAĞLANMASI

Çatı Penceresi ile Bölünen Kolektör Grubu

*Şekil 2.209'*daki bağlabtı çatı penceresi probleminin çözümü için bir örnektir. Bu hidrolik devreler iki kolektör sırasının seri bağlanması ile oluşturulmuştur. Kolektör sıralarının seri bağlanmasındaki en fazla kolektör sayıları ile ilgili talimatlar dikkate alınmalıdır. Hava purjörlerinin kullanılmasına alternatif olarak, sistem eğer bir doldurma ünitesi ile dolduruluyorsa, ayrı bir hava ayırıcı da kullanılabilir.



Şekil 2.209. ÇATI PENCERESİ İLE BÖLÜNEN KOLEKTÖR GRUBUNUN HİDROLİK BAĞLANTISI



Şekil 2.210.A KOLEKTÖR SIRALARININ EŞ DİRENÇ YÖNTEMİ İLE PARALEL BAĞLANMASI UYGULAMA ÖRNEĞİ



Şekil 2.210.B KOLEKTÖR SIRALARININ EŞ DİRENÇ YÖNTEMİ İLE PARALEL BAĞLANMASI UYGULAMA ÖRNEĞİ



Şekil 2.211. KOLEKTÖRLERİN FARKLI TARAFTAN VE PARALEL BAĞLANMASI UYGULAMA ÖRNEĞİ

2.7.4.2. Düzlemsel Kolektörler İçin Kolektör Grubundaki Hacimsel Debi

Küçük ve orta ölçekli sistemlerin planlamasında kolektör başına 50 l/h anma debi değeri kabul edilmektedir. Buradan hareketle sistemin toplam hacimsel debisi *Şekil 2.212*'deki denklem ile hesaplanabilir.

%10 hatta %15'e varan oranlarda daha düşük debi (tam pompa gücünde) sistemde büyük bir verim kaybına neden olmaz. Buna karşın güneş enerjisi sistem pompasının çektiği akımı düşük tutabilmek için yüksek debilerden kaçınılmalıdır.

$$\dot{V}_A = \dot{V}_{K,Nom} \cdot n_K = 50\ l/h \cdot n_K$$

$\dot{V}_A$ Toplam debi (l/h)
$\dot{V}_{K,Nom}$ Nominal kolektör debisi (l/h)
n_K Kolektör sayısı

Şekil 2.212. SİSTEMİN TOPLAM HACİMSEL DEBİ DENKLEMİ

2.7.4.3. Düzlemsel Kolektörler İçin Kolektör Grubundaki Basınç Kayıplarının Hesaplanması

- **Bir Kolektör Sırasının Basınç Kaybı**

Bir kolektör sırasının basınç kaybı, sıradaki kolektör sayısı ile orantılı olarak artmaktadır. Bir sıranın basınç kaybı, bağlantı aksesuarlarının basınç kaybı dahil, sıra başına kolektör sayısına bağlı olarak *Tablo 2.213*'den okunabilir.

Tablo 2.213'de 50°C ortalama sıcaklıktaki bir %50/50'lik glikol/su (ısı taşıyıcı akışkan) karışımı için asal gaz dolgulu yüksek verimli düzlemsel kolektörler ve seçici absorber yüzeyli düzlemsel kolektörlerin basınç kaybı verilmiştir.

- **Kolektör Sıralarının Seri Bağlanması**

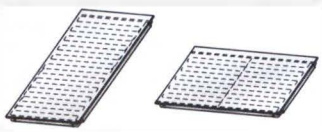
Kolektör grubunun basınç kaybı, tüm boru hattı kayıpları ile her kolektör sırasının kayıplarının toplamından oluşmaktadır. Seri bağlanan kolektör sıralarının basınç kayıpları toplanmaktadır.

Tablo 2.213'de seri bağlamalarda her kolektörden geçen hacimsel debinin kolektör sıralarının sayısından ve kolektör anma debisinden (50 l/h) hesaplandığı dikkate alınmalıdır.

$$\Delta p_{grup} = \Delta p_{sıra} \cdot n_{sıra}$$

Δp_{grup} Kolektör grubu basınç kaybı (mbar)
$\Delta p_{sıra}$ Kolektör sırası basınç kaybı (mbar)
$n_{sıra}$ Kolektör sıra sayısı

Şekil 2.214. KOLEKTÖR SIRALARININ SERİ BAĞLANMASINDA KOLEKTÖR GRUBUNUN BASINÇ KAYBI DENKLEMİ

Kolektör Sayısı	n Adet Kolektörlü Bir Sıranın Basınç Kaybı								
	Logasol SKN 3.0 düzlemsel kolektör						Logasol SKS 4.0 düzlemsel kolektör		
	Dik			Yatık			Dik ve Yatık		
									
	Kolektör başına hacimsel debi (Anma debisi 50 l/h)								
	50 l/h	100 l/h[1]	150 l/h[2]	50 l/h	100 l/h[1]	150 l/h[2]	50 l/h	100 l/h[1]	150 l/h[2]
n	mbar	mbar	mbar	mbar	mbar	mbar	mbar	mbar	mbar
1	1,1	4,7	10,2	0,4	1,7	4,3	30	71	131
2	1,5	6,5	13,2	1,9	18,1	14,4	31	73	133
3	2,1	23,5	26,3	5,6	29,7	35,1	32	82	153
4	6,5	22,1	-	9,3	46,8	-	39	96	-
5	11,1	34,5	-	14,8	-	-	44	115	-
6	15,2	-	-	21,3	-	-	49	-	-
7	21,0	-	-	28,9	-	-	61	-	-
8	28,0	-	-	37,6	-	-	73	-	-
9	35,9	-	-	47,5	-	-	87	-	-
10	45,0	-	-	58,6	-	-	101	-	-

Tablo 2.213. LOGASOL SKN 3.0 VEYA SKS 4.0 KOLEKTÖR SIRALARININ (PURJÖR VE BORU BAĞLANTI SETİ DAHİL) BASINÇ KAYIPLARI

Basınç kayıpları 50°C ortalama sıcaklıkta Solarfluid L ile çalışan kolektör sıraları için geçerlidir.

1) İki sıranın seri bağlanmasında kolektör başına hacimsel debi

2) Üç sıranın seri bağlanmasında kolektör başına hacimsel debi

$$\dot{V}_K = \dot{V}_{K,Nom} \cdot n_{sıra} = 50\ l/h \cdot n_{sıra}$$

$n_{sıra}$ Kolektör sıra sayısı
$\dot{V}_K$ Her bir kolektörden geçen debi (l/h)
$\dot{V}_{K,Nom}$ Nominal kolektör debisi (l/h)

Şekil 2.215. KOLEKTÖR SIRALARININ SERİ BAĞLANMASINDA BİR KOLEKTÖRDEN GEÇEN HACİMSEL DEBİ DENKLEMİ

Örnek

Verilen:

Her biri 5 adet seçici absorber yüzeyli dik tip düzlemsel güneş kolektörüne sahip 2 kolektör sırasının seri bağlanması

İstenen:

Tüm kolektör grubunun basınç kaybı

Sonuç:

Bir kolektörden geçen hacimsel debi:

$\dot{V}_k = \dot{V}_{k,nom.} . n_{sıra}$

$\dot{V}_k = 50 . n_{sıra} = 50 . 2 = 100$ l/h

Tablo 2.213'den okunan:

Kolektör sırası başına 34,5 mbar

Kolektör grubunun basınç kaybı:

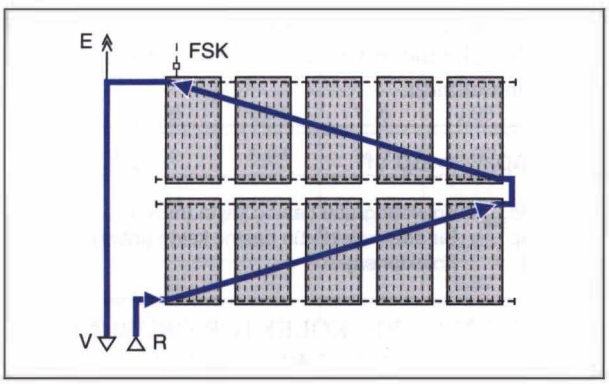
$\Delta p_{grup} = \Delta p_{sıra} . n_{sıra} = 34,5$ mbar $. 2 = 69$ mbar

Kolektör grubunun basınç kaybı 69 mbar'dır.

- **Kolektör Sıralarının Paralel Bağlanması**

Kolektör grubunun basınç kaybı, kolektör sırasına kadar olan boru hattı basınç kayıpları ile tek bir kolektör sırasının basınç kaybının toplamından oluşmaktadır.

Seri bağlamaların aksine, her kolektörden geçen hacimsel debi, kolektör anma hacimsel debisine (50 l/h) karşılık gelmektedir.



Şekil 2.216. LOGASOL SKN 3.0 KOLEKTÖR SIRASININ SERİ BAĞLANMASI

$$\Delta p_{grup} = \Delta p_{sıra}$$

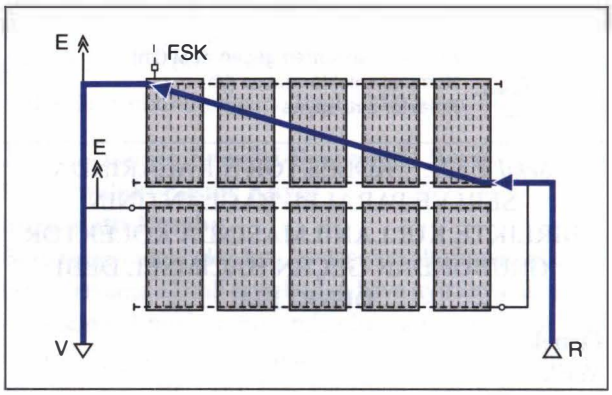
Δp_{grup} Kolektör grubu basınç kaybı (mbar)
$\Delta p_{sıra}$ Kolektör sırası basınç kaybı (mbar)

Şekil 2.217. KOLEKTÖR SIRALARININ PARALEL BAĞLANMASINDA BİR KOLEKTÖR GRUBUNUN BASINÇ KAYBI DENKLEMİ

$$\dot{V}_K = \dot{V}_{K,Nom}$$

$\dot{V}_K$ Her bir kolektörden geçen debi (l/h)
$\dot{V}_{K,Nom}$ Nominal kolektör debisi (l/h)

Şekil 2.218. KOLEKTÖR SIRALARININ PARALEL BAĞLANMASINDA BİR KOLEKTÖRDEN GEÇEN HACİMSEL DEBİ DENKLEMİ



Şekil 2.219. İKİ ADET LOGASOL SKN 3.0 KOLEKTÖR SIRASININ TICHELMANN PRENSİBİ İLE PARALEL BAĞLANMASI

Örnek

Verilen:

Her biri 5 adet seçici absorber yüzeyli düzlemsel güneş kolektörüne sahip 2 kolektör sırasının paralel bağlanması

İstenen:

Tüm kolektör grubunun basınç kaybı

Sonuç:

Bir kolektörden geçen hacimsel debi:

$\dot{V}_k = \dot{V}_{k,nom} = 50$ l/h

Tablo 2.213'den okunan :

Kolektör sırası başına 11,1 mbar

- Kolektör grubunun basınç kaybı:

$\Delta p_{grup} = \Delta p_{sıra} = 11,1$ mbar

Kolektör grubunun basınç kaybı 11,1 mbar'dır.

- **Seri ve Paralel Bağlamanın Birlikte Uygulanması**

Şekil 2.222 seri ve paralel bağlama kombinasyonu ile ilgili bir örneği göstermektedir.

$$\Delta p_{grup} = \Delta p_{alt\ grup} = \Delta p_{sıra} \cdot n_{sıra}$$

Δp_{grup} Kolektör grubu basınç kaybı (mbar)
$\Delta p_{alt\ grup}$ Alt kolektör grubu basınç kaybı (mbar)
$n_{sıra}$ Kolektör sıra sayısı

Şekil 2.220. KOLEKTÖR SIRALARININ SERİ VE PARALEL BAĞLANTISININ BERABER KULLANIMINDA BİR KOLEKTÖR GRUBUNUN BASINÇ KAYBI DENKLEMİ

Alt ve üst kolektör sıraları birbirine bir alt grup şeklinde seri bağlanmıştır. Burada sadece alt grubun seri olarak bağlanan kolektör sıralarının, basınç kayıpları toplanmaktadır.

Burada, seri bağlamalarda her kolektörden geçen hacimsel debinin, seri bağlanan kolektör sıralarının sayısından ve kolektör başına anma debisinden (50 l/h) hesaplandığı dikkate alınmalıdır.

$$\dot{V}_K = \dot{V}_{K,Nom} \cdot N_{sıra} = 50\ l/h \cdot n_{sıra}$$

$\dot{V}_K$	Her bir kolektörden geçen debi (l/h)
$\dot{V}_{K,Nom}$	Nominal kolektör debisi (l/h)
$n_{sıra}$	Kolektör sıra sayısı

Şekil 2.221. KOLEKTÖR SIRALARINDA SERİ VE PARALEL BAĞLANTININ BİRLİKTE KULLANILMASINDA KOLEKTÖR GRUBUNDAN GEÇEN HACİMSEL DEBİ DENKLEMİ

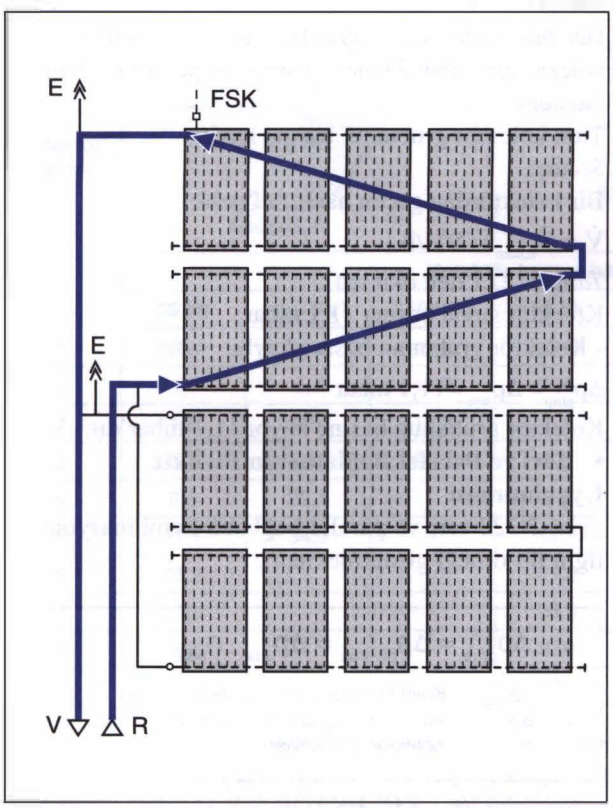
Örnek:

Verilen:

Her biri 5 adet seçici absorber yüzeyli düzlemsel güneş kolektörüne sahip 2 kolektör sıralı 2 alt grubun paralel bağlanması

İstenen:

Tüm kolektör grubunun basınç kaybı



Şekil 2.222. LOGASOL SKN 3.0 GÜNEŞ KOLEKTÖRLERİNİN SERİ VE PARALEL BAĞLANTISININ BİRLİKTE KULLANIMI

Sonuç:

Bir kolektörden geçen hacimsel debi:

$\dot{V}_k = \dot{V}_{k,nom.} \cdot n_{sıra}$

$\dot{V}_k = 50\ l/h \cdot n_{sıra} = 50 \cdot 2 = 100\ l/h$

*Tablo 2.213'*den okunan :

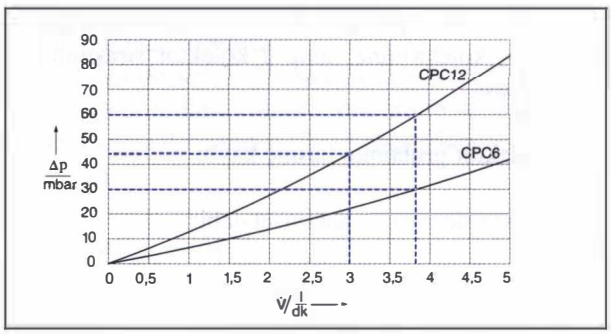
Kolektör sırası başına 34,5 mbar

Alt grubun basınç kaybı:

$\Delta p_{grup} = \Delta p_{altgrup} = \Delta p_{sıra} \cdot n_{sıra}$

$\Delta p_{grup} = 34,5 \cdot 2 = 69$ mbar

Kolektör grubunun basınç kaybı 69 mbar'dır.



Şekil 2.223. CPC6 VE CPC 12 VAKUM BORULU KOLEKTÖRLERİN BASINÇ KAYBI
(Isı taşıyıcı akışkan %43 PP-Glikol-Su karışımı, akışkan sıcaklığı 40°C)

2.7.4.4. Vakum Borulu Kolektörler İçin Kolektör Grubundaki Basınç Kayıplarının Hesaplanması

- **Kolektör Grubunun Basınç Kaybı**

Kolektör grubunun basınç kaybı, yaklaşık olarak her kolektörün basınç kayıplarının toplamından oluşmaktadır. Bağlantı hatlarının basınç kayıpları gerektiğinde, ilave olarak dikkate alınmalıdır.

Her iki kolektörden geçen hacimsel debi kolektörün ışınım gelen alanından ve anma debisinden (0,6 l/dk.m²) hesaplanmaktadır.

$$\Delta p_{grup} = \Delta p \cdot n$$

Δp_{grup}	Kolektör grubu basınç kaybı (mbar)
Δp	Bir adet kolektörün basınç kaybı (mbar)
n	Kolektör sayısı

Şekil 2.224. BİR KOLEKTÖR GRUBUNUN BASINÇ KAYBI DENKLEMİ

$$\dot{V}_K = \dot{V}_{K,Nom} \cdot n \cdot A$$

$\dot{V}_K$	Her bir kolektörden geçen debi (l/dk)
$\dot{V}_{K,Nom}$	Nominal kolektör debisi (l/dk.m²)
n	Kolektör sayısı
A	Işınım alanı
A_{CPC6}	= 1,28 m²
A_{CPC12}	= 2,56 m²

Şekil 2.225. BİR KOLEKTÖRDEN GEÇEN HACİMSEL DEBİ DENKLEMİ

Örnek:
Verilen:
Seri bağlı 2 adet 12 borulu vakum borulu kolektör
İstenen:
Kolektör grubunun basınç kaybı
Sonuç:
Bir kolektörden geçen hacimsel debi:

$\dot{V}_k = \dot{V}_{k,nom.}.n.\ A_{cpc12}$

$\dot{V}_k = 0,6\ l/dk.m^2\ .\ 2.2,56\ m^2$

Şekil 2.223'den okunan:

$\Delta p_{cpc12(3l/dk)} = 46$ mbar

Kolektör grubunun basınç kaybı:

$\Delta p_{grup} = \Delta p_{cpc12(3l/dk)} .\ n = 46\ .\ 2 = 92$ mbar

Kolektör grubunun basınç kaybı 92 mbar'dır.

Örnek
Verilen:
Seri bağlı 2 adet 12 borulu ve 1 adet 6 borulu vakum borulu güneş kolektörü
İstenen:
Kolektör grubunun basınç kaybı
Sonuç:
Bir kolektörden geçen hacimsel debi:

$\dot{V}_k = \dot{V}_{k,nom.}.(n.\ A_{cpc6} + n.\ A_{cpc12})$

$\dot{V}_k = 0,6\ l/dk.\ m^2.(1.1,28\ m^2 + 2.2,56\ m^2)$

$\dot{V}_k = 3,8\ l/dk$

Şekil 2.223'den okunan:

$\Delta p_{cpc6\ (3,8l/dk)} = 30$ mbar

$\Delta p_{cpc12\ (3,8l/dk)} = 60$ mbar

Kolektör grubunun basınç kaybı:

$\Delta p_{grup} = \Delta p_{cpc6\ (3.8\ l/dk)}.n + \Delta p_{cpc12\ (3,8\ l/dk)}.n$

$\Delta p_{grup} = 30\ .\ 1 + 60\ .\ 2 = 150$ mbar

Kolektör grubunun basınç kaybı 150 mbar'dır.

2.7.4.5. Güneş Enerjisi Devresinde Boru Hatlarındaki Basınç Kaybı

Boru Hattı Hesabı

Boru hatlarındaki akış hızı, ısı taşıyıcı akışkan içinde bulunan havanın eğimli borulardan hava ayırıcıya ulaşabilmesi için 0,4 m/s'nin üzerinde olmalıdır. 1 m/s'nin üzerindeki akış hızlarında rahatsızlık veren akış gürültüleri oluşabilmektedir. Boru hattının basınç kaybı hesabında yerel kayıplar (dirsek gibi) dikkate alınmalıdır.

Kolektör sayısı	Hacimsel debi	Bakır borularda akış hızı ve basınç kaybı R									
		15 x 1		18 x 1		22 x 1		28 x 1,5		35 x 1,5	
	l/h	v m/s	R mbar/m	v m/s	R mbar/m	v m/s	R mbar/m	v m/s	R mbar/m	v m/s	R mbar/m
2	100	0,21	0,93	-	-	-	-	-	-	-	-
3	150	0,31	1,37	-	-	-	-	-	-	-	-
4	200	0,41	3,41	0,28	0,82	-	-	-	-	-	-
5	250	0,52	4,97	0,35	1,87	-	-	-	-	-	-
6	300	0,63	6,97	0,41	2,5	-	-	-	-	-	-
7	350	0,73	9,05	0,48	3,3	0,31	1,16	-	-	-	-
8	400	0,84	11,6	0,55	4,19	0,35	1,4	-	-	-	-
9	450	0,94	14,2	0,62	5,18	0,40	1,8	-	-	-	-
10	500	-	-	0,69	6,72	0,44	2,12	-	-	-	-
12	600	-	-	0,83	8,71	0,53	2,94	0,34	1,01	-	-
14	700	-	-	0,97	11,5	0,62	3,89	0,40	1,35	-	-
16	800	-	-	-	-	0,71	4,95	0,45	1,66	-	-
18	900	-	-	-	-	0,8	6,12	0,51	2,06	0,31	0,62
20	1.000	-	-	-	-	0,88	7,26	0,57	2,51	0,35	0,75
22	1.100	-	-	-	-	0,97	8,65	0,62	2,92	0,38	0,86
24	1.200	-	-	-	-	-	-	0,68	3,44	0,41	1,02
26	1.300	-	-	-	-	-	-	0,74	4,00	0,45	2,21
28	1.400	-	-	-	-	-	-	0,79	4,50	0,48	1,35
30	1.500	-	-	-	-	-	-	0,85	5,13	0,52	1,56

Tablo 2.226. 50°C'DEKİ %50/50 GLİKOL-SU KARIŞIMI İÇİN DÜZ BAKIR BORU HATTINDAKİ AKIŞ HIZI VE METRE BAŞINA BASINÇ KAYBI

Kolektör sayısı	Hacimsel debi	Logalux boylerin güneş enerjisi serpantinindeki basınç kaybı										
		SL300-1 SL300-2	SL400-2 SL500-2	SM300 SM400 SM500	P750 S	PL750/2S	PL1000/2S	PL750	PL1000	PL1500	Duo FWS750	Duo FWS750
	l/h	mbar	mbar	mbar	mbar	mbar	mbar	mbar	mbar	mbar	mbar	mbar
2	100	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	24	24	< 10	< 10	< 10
3	150	21	< 10	< 10	< 10	< 10	14	34	34	< 10	< 10	< 10
4	200	-	11	< 10	< 10	11	26	44	44	16	< 10	< 10
5	250	-	15	< 10	< 10	15	39	54	54	24	< 10	< 10
6	300	-	-	-	< 10	22	54	64	64	33	< 10	< 10
7	350	-	-	-	-	40	90	74	74	44	-	< 10
8	400	-	-	-	-	44	97	84	84	55	-	< 10
9	450	-	-	-	-	-	112	-	-	69	-	-
10	500	-	-	-	-	-	138	-	-	83	-	-
12	600	-	-	-	-	-	-	-	-	115	-	-
14	700	-	-	-	-	-	-	-	-	153	-	-
16	800	-	-	-	-	-	-	-	-	195	-	-

Tablo 2.227. 50°C SICAKLIKTAKİ %50/50 GLİKOL–SU KARIŞIMI İÇİN GÜNEŞ ENERJİSİ BOYLERİNİN BASINÇ KAYIPLARI

Pratikte bunun için genellikle düz boru hatlarının basınç kaybına %30'dan %50'ye varan oranlarda bir ilave yapılmaktadır. Borulama şekline bağlı olarak basınç kaybında daha fazla sapma olabilir.

Farklı yönlendirilmiş kolektör gruplarında (doğu-batı) ortak gidiş hattının boyutlandırılmasında toplam hacimsel debi dikkate alınmalıdır.

2.7.4.6. Güneş Enerjisi Boylerleri Basınç Kaybı

Güneş enerjisi boylerinin basınç kaybı, kolektör sayısına veya hacimsel debiye bağlıdır. Güneş enerjisi boylerinin serpantinleri, farklı boyutları nedeniyle farklı basınç kayıplarına sahiptir.

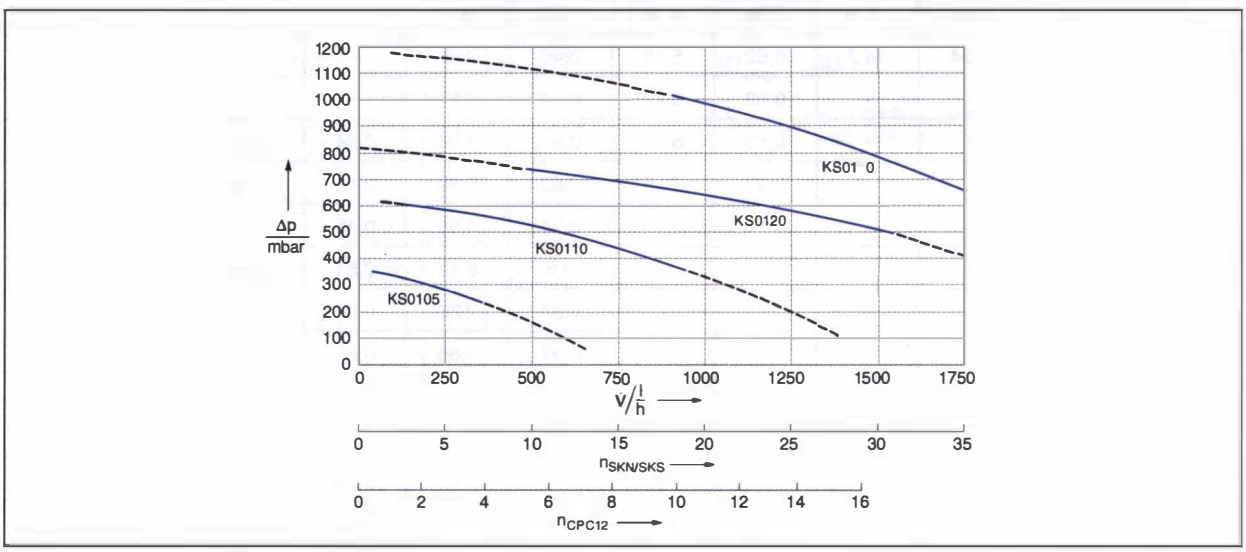
Basınç kaybının yaklaşık olarak belirlenebilmesi için *Tablo 2.226* kullanılmalıdır. Tablodaki basınç kaybı 50°C sıcaklıktaki %50/50 Glikol-Su karışımı için geçerlidir.

2.7.4.7. Hidrolik Grup Seçimi

Uygun hidrolik grup, ilk yaklaşımda kolektör sayısı üzerinden belirlenebilmektedir. Nihai seçim için kolektör devresindeki basınç kaybı (basma yüksekliği) ve hacimsel debi gereklidir.

Seçim için aşağıdaki kayıplar dikkate alınmalıdır:

- Kolektör grubundaki basınç kayıpları



Şekil 2.228. LOGASOL KS01.. HİDROLİK GRUPLARIN KOLEKTÖR SAYISI VE DEBİSİNE BAĞLI UYGULAMA ARALIKLARI VE BASINÇ EĞRİLERİ

- Boru hattı basınç kaybı
- Güneş enerjisi boyleri basınç kayıpları
- Kalorimetrelerin, vanaların veya diğer armatürlerin oluşturduğu ilave basınç kayıpları

2.7.5. MEMBRANLI GENLEŞME TANKININ BOYUTLANDIRILMASI

2.7.5.1. Sistem Su Hacminin Hesaplanması

Hidrolik gruplu bir güneş enerjisi sisteminin su hacmi, genleşme tankının seçimi ve ısı taşıyıcı akışkan miktarının belirlenmesi için önemlidir.

Hidrolik gruplu güneş enerjisi sisteminin su hacmi hesabı için şu denklem kullanılabilir:

$$V_A = V_K \cdot n_K + V_{WT} + V_{KS} + V_R$$

V_A Sistem su hacmi
V_K Bir kolektör su hacmi
n_K Kolektör sayısı
V_{WT} Güneş enerjisi serpantini su hacmi
V_{KS} Logasol K01.. hidrolik grup su hacmi (~ 1 litre)
V_R Boru hattı su hacmi

Şekil 2.229. LOGASOL KS01.. HİDROLİK GRUPLU GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİNİN SU HACMİ DENKLEMİ

Boru çapı ve et kalınlığı Ø x duvar et kalınlığı mm	Özgül boru hacmi l/mm
15 x 1,0	0,133
18 x 1,0	0,201
22 x 1,0	0,314
28 x 1,5	0,491
35 x 1,5	0,804
42 x 1,5	1,195

Tablo 2.230. BORU HATLARININ ÖZGÜL SU HACMİ

Güneş kolektörleri			Kolektör su hacmi (l)
Tip		Uygulama	
Düzlemsel kolektörler	SKN3.0	Dik	0,86
		Yatık	1,25
Yüksek verimli düzlemsel kolektörler	SKS4.0	Dik	1,43
		Yatık	1,76
Vakum borulu kolektör	CPC6	6 boru	0,97
	CPC12	12 boru	1,91

Tablo 2.231. LOGASOL GÜNEŞ KOLEKTÖRLERİNİN SU HACMİ

Güneş enerjisi boyleri			Sepantin Hacmi l
Kullanım alanı	tip	Logalux	
Kullanım suyu ısıtması	Çift serpantinli	SM300	8,0
		SM400	9,5
		SM500	13,2
		SL300-2	0,9
		SL400-2	1,4
		SL500-2	1,4
	Tek serpantinli	SL300-1	0,9
		SU160	4,5
		SU200	4,5
		SU300	8,0
		SU400	12,0
		SU500	16,0
		SU750	23,0
		SU1000	28,0
Kullanım suyu ısıtması ve ısıtma desteği (Kombi boyler)		P750S	16,4
		PL750/2S	1,4
		PL1000/2S	1,6
		Duo FWS750	11,0
		Duo FWS1000	13,0
Isıtma için depo boyler		PL750	2,4
		PL1000	2,4
		PL1500	5,4

Tablo 2.232. LOGALUX BOYLERLERİN GÜNEŞ ENERJİSİ SERPANTİNİNİN SU HACİMLERİ

2.7.5.2. Düzlemsel Kolektörlü Güneş Enerjisi Sistemleri İçin Membranlı Genleşme Tankı

- **Hesaplama Esasları**

- Önbasınç

Membranlı genleşme tankının ön basıncı, sistemin yüksekliğine bağlı olarak güneş enerjisi sistemi doldurulmadan önce yeniden ayarlanmalıdır. Gerekli sistem ön basıncı şu denklem ile hesaplanabilmektedir:

$$P_v = 0{,}1 \cdot h_{stat} + 0{,}4 \text{ bar}$$

p_v Genleşme tankı ön basıncı (bar)
h_{stat} Statik yükseklik (m)

Şekil 2.233. MEMBRANLI GENLEŞME TANKI ÖN BASINCI DENKLEMİ

- Doldurma Basıncı

Sistem dolu iken membranda sıvı basıncı ile gaz basıncı arasındaki denge nedeniyle genleşme tankı bir "su rezervi" oluşturur. Su rezervi (V_v), sistem soğuk durumda iken sisteme girmekte ve sistem havasının ve gazının atılmasından sonra soğuk durumda su tarafındaki sistem manometresinde doldurma basıncına bakılarak kontrol edilmektedir. Sistemin doldurma basıncı, genleşme tankının ön basıncının 0,3 bar üzerinde olmalıdır. Bu sayede durgunluk halinde 120°C kontrollü buharlaşma sıcaklığı elde edilmektedir.

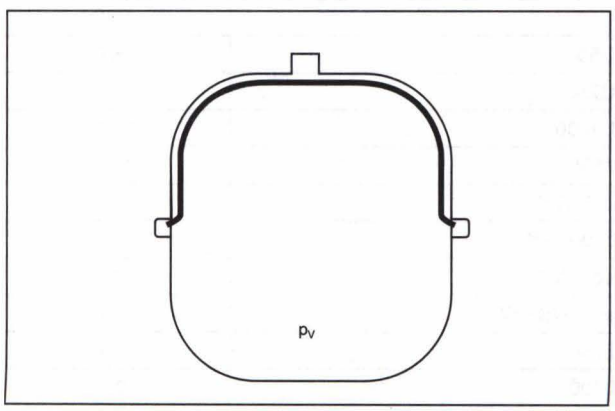
Doldurma basıncı şu formül ile hesaplanmaktadır.

$$P_o = P_V + 0{,}3 \text{ bar}$$

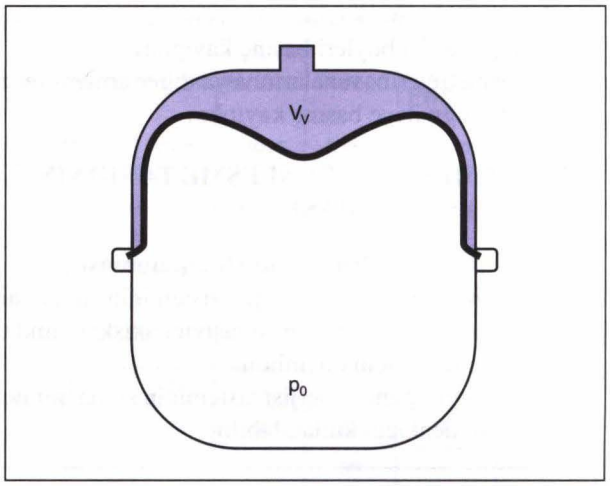
p_o Genleşme tankı doldurma basıncı (bar)
p_v Genleşme tankı ön basıncı (bar)

Şekil 2.234. MEMBRANLI GENLEŞME TANKININ DOLDURMA BASINCI DENKLEMİ

Doğru ön basınç ve doldurma basıncından sapma daima faydalı hacimde bir azalma meydana getirir. Bu durum, sistemlerde işletim arızalarına neden olabilir.



Şekil 2.235. ÖN BASINÇLI DURUMDA MEMBRANLI GENLEŞME TANKI



Şekil 2.236. DOLDURMA BASINCI ALTINDA MEMBANLI GENLEŞME TANKI

- Çalışma Basıncı (İşletme Basıncı)

En yüksek kolektör sıcaklığında genleşme hacmine ilave gelen hacim, tanktaki gazı, sistemin işletme basıncına kadar sıkıştırır.

Güneş enerjisi sisteminin işletme basıncı ve gerekli genleşme tankının basınç kademesi emniyet ventilinin açma basıncı ile belirlenmektedir.

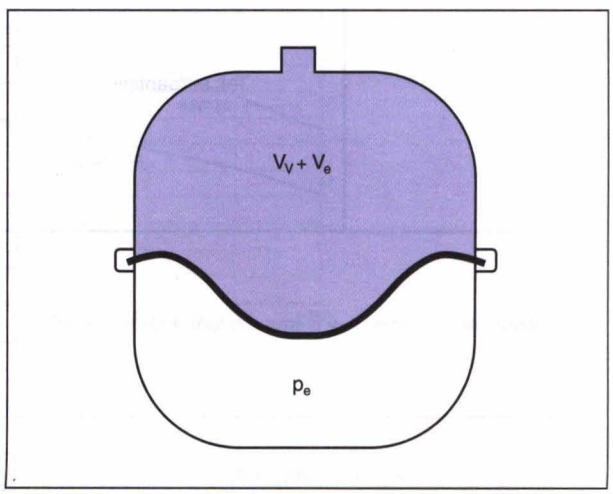
İşletme basıncı şu formül ile hesaplanmaktadır:

$p_e \leq p_{sv} - 0{,}2$ bar için $p_{sv} \leq 3$ bar

$p_e \leq 0{,}9 \cdot p_{sv}$ için $p_{sv} > 3$ bar

p_e Genleşme tankı çalışma basıncı (bar)
p_{sv} Emniyet ventili açma basıncı (bar)

Şekil 2.237. EMNİYET VENTİLİ AÇMA BASINCINA BAĞLI OLARAK MEMBRANLI GENLEŞME TANKININ ÇALIŞMA BASINCI DENKLEMİ



Şekil 2.238. MEMBRANLI GENLEŞME TANKININ ÇALIŞMA BASINCI

- **Güneş Enerjisi Sisteminin Emniyeti**

Bir güneş enerjisi sistemi, eğer genleşme tankı, ısı taşıyıcı akışkanın buharlaşması durumunda kolektördeki ve bağlantı hatlarındaki hacim değişikliğini karşılayabiliyorsa emniyetli sayılmaktadır. Emniyetli olmayan güneş enerjisi sistemlerinde emniyet ventili durgunlukta açarak, akışkan tahliyesi gerçekleştirmektedir. Bu durumda güneş enerjisi sistemi yeniden işletmeye alınmak zorundadır. Genleşme tankı seçimi şu kabullere ve formüllere göre yapılmaktadır.

$$V_{n,min} = (V_A \cdot n + V_D) \cdot \frac{(p_e + 1)}{(p_e - p_0)}$$

p_o	Genleşme tankı doldurma basıncı (bar)
p_e	Genleşme tankı çalışma basıncı (bar)
V_A	Sistem su hacmi (litre)
$V_{n,min}$	Minimum genleşme tankı hacmi (litre)
n	Genleşme katsayısı
V_D	Buharlaşma hacmi (litre)

Şekil 2.239. MEMBRANLI GENLEŞME TANKI EN KÜÇÜK HACMİ DENKLEMİ

$$V_D = n_k \cdot V_k$$

V_D	Buharlaşma hacmi (litre)
n_K	Kolektör sayısı
V_K	Bir kolektörün su hacmi

Şekil 2.240. BUHARLAŞMA HACMİ DENKLEMİ

- **Düzlemsel Kolektörlü Güneş Enerjisi Sistemleri İçin Membranlı Genleşme Tankı Hacmi Belirlenmesi ile İlgili Nomogram**

Sistem konfigürasyonuna bağlı olarak aşağıdaki nomogram yardımıyla 6 bar emniyet ventilli sistemlerde genleşme tankı büyüklüğü belirlenmektedir.

Nomogram için kabul değerleri ve denklemler esas teşkil etmektedir.

Seçim Örneği:

Verilen:

4 adet asal gaz dolgulu yüksek verimli dik tip düzlemsel kolektör ve 400 l termosifon tip çift serpantinli boyler

Kolektör grubu ve boyler arasında 12 m düz boru hattı

- Boru çapı 15 mm x 1,0 mm et kalınlığı
- Genleşme tankı ile en yüksek sistem noktası arasındaki statik yükseklik=10 m

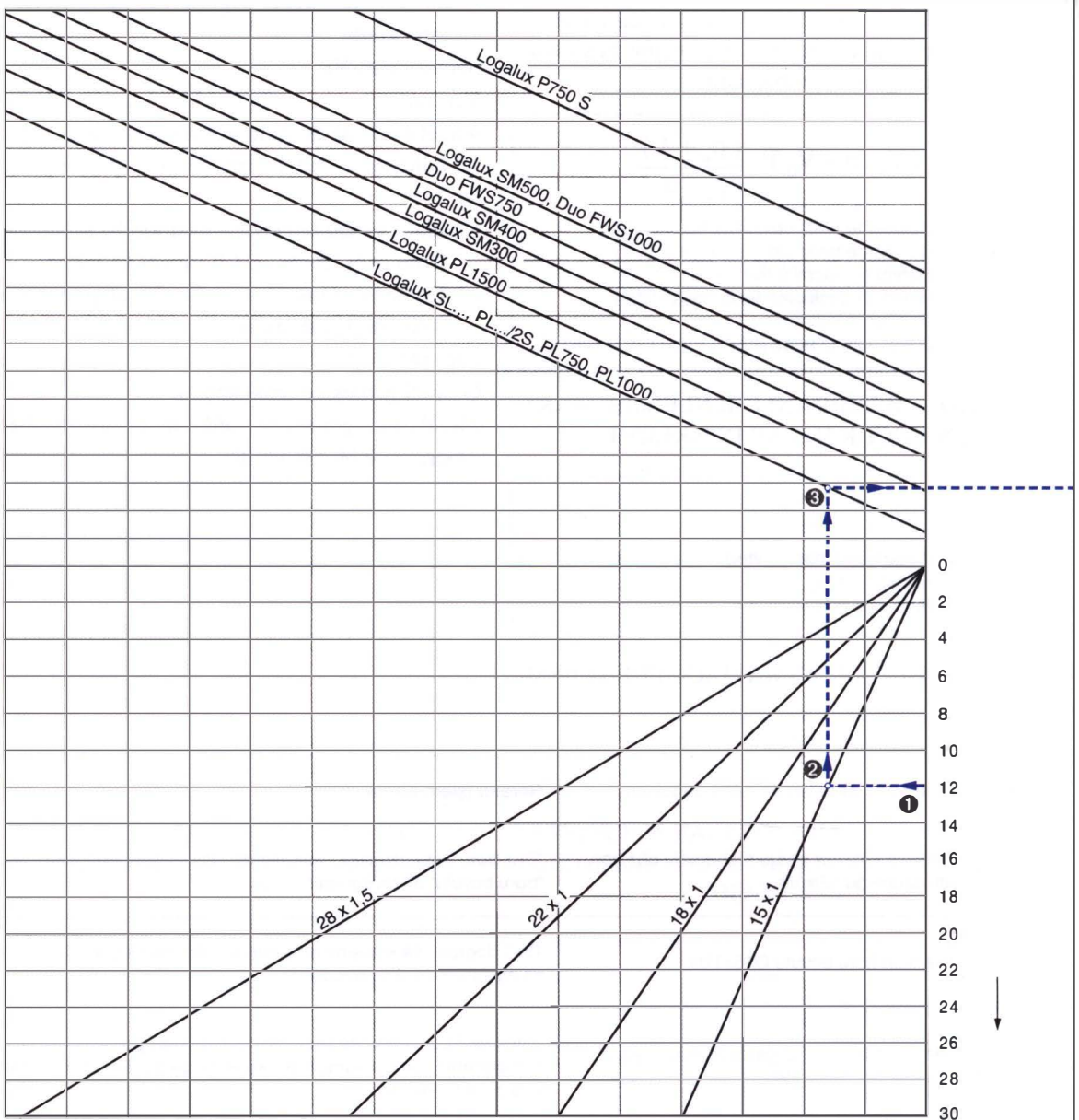
İstenen:

Gerekli genleşme tankı seçimi

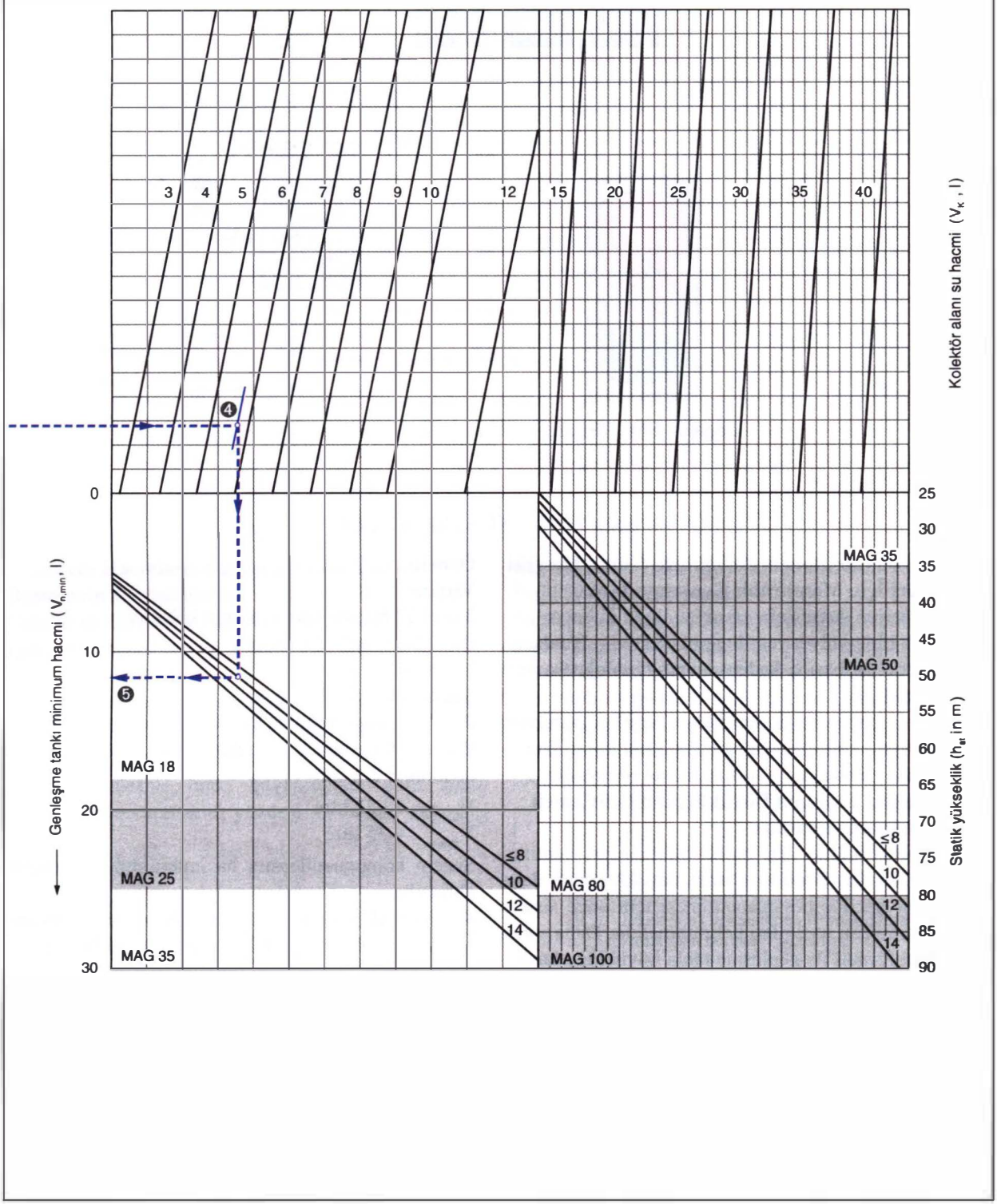
Membranlı genleşme tankının minimum hacmi nomogram ile belirlenebilir.

Madde	Hesaplama esasları ve çıkış değerleri	Gerekli işlem adımı
1	Boyler ve kolektör grubu arasındaki düz boru hattı uzunluğu 12m'dir.	"Düz boru hattı uzunluğu" ekseninde 12m değerinden yatay olarak sola "boru boyutu" alt diyagramına gidilir.
2	Kullanılan boru boyutu Ø15x1'dir	15x1 doğrusu ile kesişme noktasından dik olarak yukarı doğru boyler alt diyagramına devam edilir.
3	Sistem için bir adet Logalux SL400 boylerin kullanımı planlanmıştır.	"Logalux SL..." eğrisi ile kesişme noktasından yatay olarak nomogramın ikinci bölümündeki kolektör grubu doldurma hacmi alt diyagramına geçilir.
4	Sistem 4 adet Logasol SKS 4.0 kolektör ile işletilmektedir. Kolektör grubunun doldurma hacmi (V_k) 5,72 l'dir.	Kolektör grubu doldurma hacmi alt diyagramında önceden çizilmiş olan doğrulara paralel olarak 5,72 l'lik doldurma hacmi için bir yardımcı doğru çizilir. Yardımcı doğru ile kesişme noktasından dik olarak " statik yükseklik" alt diyagramına gidilir.
5	Sistemin en yüksek noktası (hava purjörü) ile genleşme tankı arasındaki statik yükseklik 10m'dir.	10 doğrusu ile kesişme noktasından sola doğru gidilir ve genleşme tankının minimum anma hacmi okunur (11,5 l). Sonuç: 18 l'lik bir genleşme tankı (beyaz alan MGT18) planlanmalıdır.

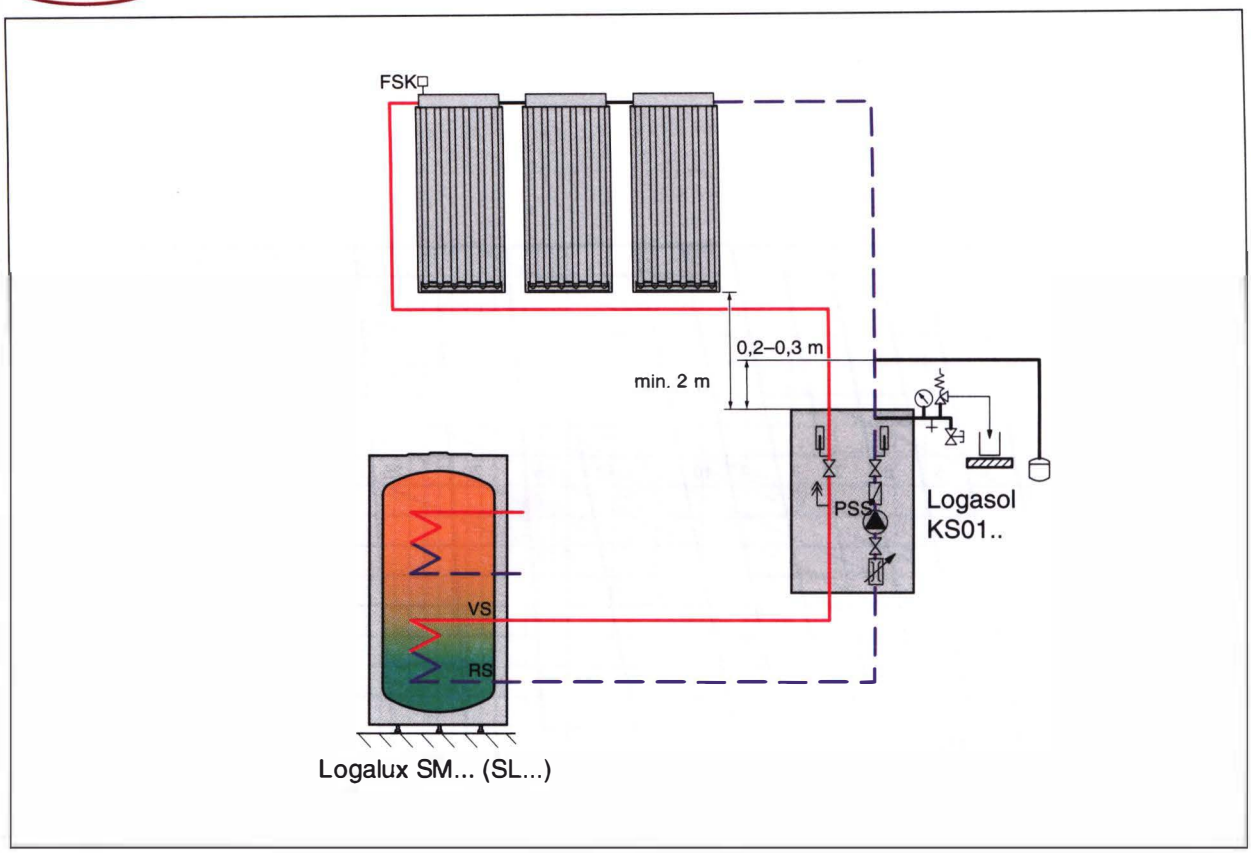
Tablo 2.241. NOMOGRAM YARDIMIYLA GENLEŞME TANKI SEÇİMİ İÇİN İŞLEM ADIMLARININ AÇIKLAMASI



Şekil 2.242. 6 BAR EMNİYET VENTİLLİ VE LOGASOL KS01.. HİDROLİK GRUPLU SİSTEMLER İÇİN GENLEŞME TANKI SEÇİM NOMOGRAMI (Seçim örneği mavi renkle gösterilmiştir.)



Şekil 2.243. 6 BAR EMNİYET VENTİLLİ VE LOGASOL KS01.. HİDROLİK GRUPLU SİSTEMLER İÇİN GENLEŞME TANKI SEÇİM NOMOGRAMI (Seçim örneği mavi renkle gösterilmiştir.)



Şekil 2.244. SİSTEM ÖRNEĞİ

2.7.5.3. Vakum Borulu Kolektörlü Güneş Enerjisi Sistemleri İçin Membranlı Genleşme Tankı

Güneş enerjisi devresinin emniyet altına alınması için altı barlık bir emniyet ventili gerekmektedir. Planlanan bileşenlerin bu basınç kademesine uygunluğu kontrol edilmelidir.

Emniyet grubunu yüksek sıcaklıklara karşı koruyabilmek için, genleşme tankı, hidrolik grubun 20 ila 30 cm üzerinde kolektör grubuna gidiş hattına monte edilmelidir.

- **Genleşme Tankının Büyüklüğünü Belirlemek İçin Hesaplama Esasları**

Aşağıdaki formüller altı barlık bir emniyet ventilini esas almaktadır. Genleşme tankı büyüklüğünün daha hassas bir şekilde hesaplanabilmesi için önce sistem bileşenlerinin su hacimleri belirlenmelidir. Daha sonra aşağıdaki formül ile genleşme tankı büyüklüğü hesaplanabilmektedir;

$$V_{Nom} \geq (V_A \cdot 0{,}1 + V_{Buhar} \cdot 1{,}25) \cdot DF$$

V_{Nom}	Nominal genleşme tankı hacmi
V_A	Sistem su hacmi
V_{Buhar}	Buhar alanında kalan kolektör ve boruların su hacmi
DF	Basınç faktörü

Şekil 2.245. GENLEŞME TANKI ANMA HACMİ DENKLEMİ

Örnek:

Verilen:

2 adet 12 borulu vakum borulu kolektör

Bakır boru hattı = 15 mm

Uzunluk = 2 x 15 m

Statik yükseklik H = 9 m

Boyler serpantininin ve hidrolik grubun su hacmi 6,4 l

Buhar bölgesindeki bakır boru hattı: 15mm, uzunluk = 2 x 2 m

V_A : 14,21 litre

V_{buhar} : 4,35 litre

Sistem komponentlerinin hacimleri ilgili tablolardan alınabilir.

Kolektör alt kenarı (üst üste birden fazla kolektörde en alttaki kolektör geçerlidir.) üzerindeki boru hatları güneş enerjisi sisteminin durgunluk halinde buhar ile dolabilmektedir. Bu nedenle buhar hacmine söz konusu boru hatlarının ve kolektörlerin hacimleri de dahil edilmektedir.

- **Genleşme Tankı Hacminin Hesaplanması**

$V_{nom} \geq (V_A . 0{,}1. + V_{buhar} .1{,}25) . DF$

DF(9m) = 2,77 (*Şekil 2.225*)

$V_{nom} \geq (14{,}21 . 0{,}1 + 4{,}35 . 1{,}25) . 2{,}77$

$V_{nom} \geq 19$ litre

Bir üst büyüklükte genleşme tankı seçilmelidir: 25 l

Statik Yükseklik m	Basınç Faktörü DF	Su rezervi faktörü %	Genleşme tankı ön basıncı bar	Sistem doldurma basıncı bar
2	2,21	9,4	1,9	2,2
3	2,27	9,1	2,0	2,3
4	2,34	8,8	2,1	2,4
5	2,41	8,6	2,2	2,5
6	2,49	8,3	2,3	2,6
7	2,58	8,1	2,4	2,7
8	2,67	7,9	2,5	2,8
9	2,77	7,7	2,6	2,9
10	2,88	7,5	2,7	3,0
11	3,00	7,3	2,8	3,1
12	3,13	7,1	2,9	3,2
13	3,28	7,0	3,0	3,3
14	3,43	6,8	3,1	3,4
15	3,61	6,7	3,2	3,5
16	3,80	6,5	3,3	3,6
17	4,02	6,4	3,4	3,7
18	4,27	6,3	3,5	3,8
19	4,54	6,1	3,6	3,9
20	4,86	6,0	3,7	4,0

Tablo 2.246. BASINÇ FAKTÖRÜNÜN BELİRLENMESİ

• Sistem Hacminin, Ön Basıncın ve İşletme Basıncının Hesaplanması

Gerekli ısı taşıyıcı akışkan miktarının belirlenebilmesi için sistem hacmine uygun genleşme tankının su rezervi ilave edilmelidir.

Genleşme tankının su rezervi, güneş enerjisi sisteminin ön basınçtan işletme basıncına (statik yükseklik "H" ya bağlıdır) doldurulması ile oluşmaktadır.

Seçilen genleşme tankı büyüklüğüne göre *Tablo 2.246*'dan su rezervinin yüzdesi ve basınç değerleri alınabilir.

9 m statik yükseklikte:

$V_{su\ rezervi} = V_{nom}$. su rezervi faktörü

Su rezervi faktörü (9 m) = %7,7 (*Şekil 2.246*)

$V_{su\ rezervi} = 25 . \%77 = 25 . 0,77$

$V_{su\ rezervi} = 1,9$ litre

• Gerekli Isı Taşıyıcı Akışkan Miktarının Hesaplanması

$V_{top} = V_A + V_{su\ rezervi}$

$V_{top} = 14,21 + 1,9$

$V_{top} = 16,13$ litre

Sonuç:

25 l'lik genleşme tankı yeterlidir. Ön basınç 2,6 bar, işletme basıncı 2,9 bar ve ısı taşıyıcı akışkan hacmi 16,13 l'dir.

Ön Soğutma Tankı Büyüklüğünün Belirlenmesi İle İlgili Hesaplama Esasları

Genleşme tankının çalışma sıcaklığı açısından emniyet altına alınması için özellikle güneş enerjisi ile ısıtma desteğinde ve %60'ın üzerinde karşılama oranlı kullanım suyu ısıtmasında genleşme tankının önüne bir ön soğutma tankı monte edilmelidir.

Ön soğutma tankının büyüklüğü için şu referans değerler geçerlidir:

$$V_{ön} \geq V_{Buhar} < V_{boru}$$

$V_{ön}$ Nominal ön soğutma tankı hacmi
V_{buhar} Buhar alanında kalan su hacmi
V_{boru} Kolektör alt noktasından hidrolik gruba kadar olan boruların su hacmi

Şekil 2.247. ÖN SOĞUTMA TANKI HACMİ

Ön soğutma tankı büyüklüğü		5 litre	12 litre
Yükseklik	mm	270	270
Çap	mm	160	270
Bağlantı	inch	2 x R¾	2 x R¾
En yüksek işletme basıncı	bar	10	10

Tablo 2.248. ÖN SOĞUTMA TANKI ÖZELLİKLERİ

2.8. MONTAJ İLE İLGİLİ PLANLAMA BİLGİLERİ

2.8.1. BORU HATTI, ISI YALITIMI VE KOLEKTÖR SICAKLIK DUYAR ELEMANI UZATMA KABLOSU

• Glikol ve Yüksek Sıcaklığa Dayanıklı Sızdırmazlık

Güneş enerjisi sistemi bileşenleri, (ventil yataklarının elastik sızdırmazlık elemanları, genleşme tanklarındaki membranlar vb) glikole dayanıklı malzemeden imal edilmiş olmalı ve çok iyi sızdırmazlık sağlamalıdır, çünkü glikol-su karışımları suya göre daha fazla kaçak yapma eğilimindedir. Aramid elyaflı sızdırmazlık elemanları idealdir. Glen sızdırmazlığı için grafit salmastra uygundur. Kenevir sızdırmazlık elemanları, ek olarak sıcaklığa ve glikole dayanıklı macun ile kaplanmalıdır.

Seçici absorber yüzeyli düzlemsel kolektördeki güneş enerjisi sistemi bağlantı ağızları veya asal gaz dolgulu yüksek verimli düzlemsel kolektörlerin geçme bağlantıları, kolektör bağlantılarının sızdırmazlığını basit ve emniyetli bir şekilde sağlamaktadır. Twin Tube15 veya Twin Tube DN20 bağlantı setleri güvenilir bağlantı sağlarlar.

• Boru Hatlarının Yerleştirilmesi

Güneş enerjisi sistemi devresindeki bütün bağlantılar sert lehimlenmelidir. Sıkı geçme bağlantılar, su-glikol karışımı ve yüksek sıcaklıklar (200°C) ile çalışmaya uygun ise alternatif olarak kullanılabilirler. Tüm borulama kolektör grubuna veya var ise hava purjörüne doğru yükselecek şekilde yönlendirilir. Boru hatlarının yerleştirilmesinde ısıl genleşmelere dikkat edilmelidir. Borulara genleşme imkanı (dirsekler, kayar kelepçeler, kompansatörler) sağlanarak hasar ve kaçaklar önlenmelidir.

Plastik boru hatları ve galvanizli parçalar güneş enerjisi sistemleri için uygun değildir.

• Isı Yalıtımı

Bağlantı hatları; kullanılmayan bacaların, havalandırma kanallarının veya uygun duvar aralıkları var ise içine yerleştirilebilmektedir. Açık kanallarda hava hareketi oluşmaması için uygun bir önlem ile sızdırmazlık sağlanmalıdır.

Bağlantı hatlarının ısı yalıtımı, güneş enerjisi sisteminin işletme sıcaklığına göre seçilmelidir. Bu nedenle yüksek sıcaklığa dayanıklı uygun ısı yalıtım malzemeleri, örneğin EPDM kauçuk yalıtım kullanılmalıdır.

Dış ortamdaki ısı yalıtımı UV'ye ve dış hava şartlarına dayanıklı olmalıdır. Asal gaz dolgulu yüksek verimli düzlemsel kolektörlerin bağlantı setleri UV'ye ve yüksek sıcaklığa dayanıklı EPDM kauçuk yalıtım malzemesine sahiptir. Güneş kolektörlerine, hidrolik gruplara ve güneş enerjisi boylerlerine fabrikada en uygun ısı yalıtımı uygulanmalıdır.

Tablo 2.249, güneş enerjisi sistemlerindeki boru hatlarının yalıtım kalınlıkları ile ilgili referans değerleri göstermektedir. Cam yünü, dış ortamdaki montaj için uygun değildir, çünkü bu malzeme su emerek ısı yalıtım özelliğini kaybeder.

• Kolektör Sıcaklık Duyar Elemanı Bağlantı Kablosu

Boru hattı ile birlikte kolektör sıcaklık duyar elemanı için iki damarlı bir kablo (50 m uzunluğuna kadar 2 x 0,75 mm²) yerleştirilmelidir. Twin Tube, yalıtımı içerisinden uygun bir kablo geçirilerek hazırlanmıştır.

Kolektör sıcaklık duyar elemanının uzatma kablosu, bir 230 V kablo ile birlikte yerleştirilecek ise elektriksel olarak yalıtılmış olmalıdır. FSK kolektör sıcaklık duyar elemanı, seçici absorber yüzeyli düzlemsel kolektörler veya asal gaz dolgulu yüksek verimli düzlemsel kolektörlerin duyar eleman kovanına yerleştirilmelidir.

2.8.2. HAVA TAHLİYESİ

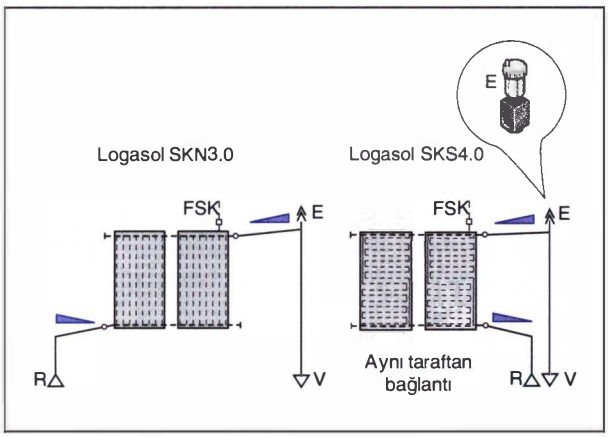
2.8.2.1. Otomatik Hava Purjörü

Düzlemsel kolektörlü güneş enerjisi sistemlerinde hava tahliyesi, doldurma ünitesi veya hava ayırıcı kullanılmadığı durumlarda sistemin en yüksek noktasındaki otomatik hava purjörü ile gerçekleşir. Doldurma işleminden sonra durgunluk halinde sistemden gaz fazında ısı taşıyıcı akışkan çıkmaması için purjörün mutlaka kapatılması gerekir. Vakum borulu kolektörlerin havası

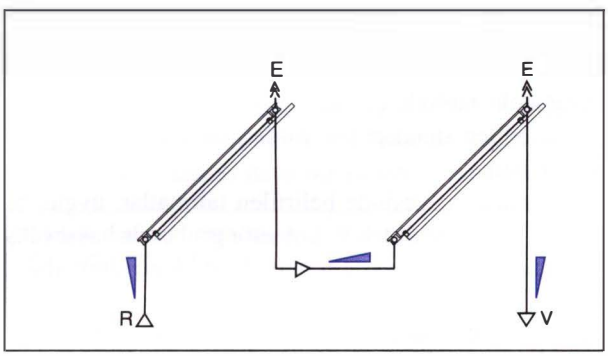
Boru çapı mm	Twin Tube yalıtım kalınlığı	Boru çapı x yalıtım kalınlığı	Boru çapı x yalıtım kalınlığı	Cam yünü yalıtım kalınlığı (λ = 0.035 W/m·K)[1] mm
15	15	-	15 x 24	20
18	-	18 x 26	18 x 24	20
20	19	22 x 26	22 x 24	20
22	-	22 x 26	22 x 24	20
28	-	28 x 38	28 x 36	30
35	-	35 x 38	35 x 36	30
42	-	42 x 51	42 x 46	40

Tablo 2.249. GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ BAĞLANTI HATLARI ISI YALITIM KALINLIKLARI

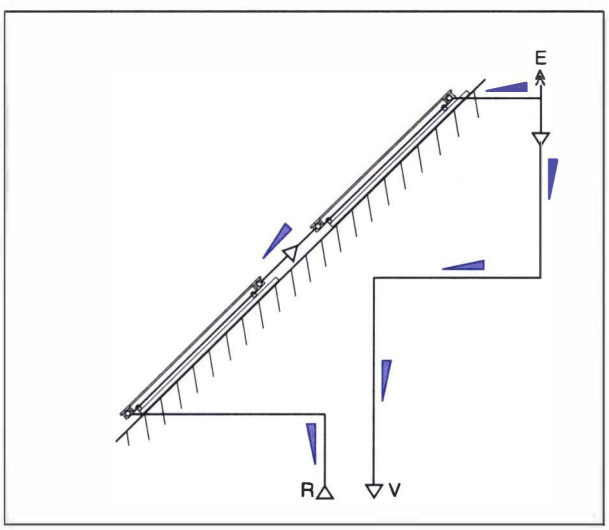
doldurma ünitesi ve hava ayırıcı ile atılmalıdır.
Sistemin en yüksek noktasında (detay E) ve yukarı doğru olan her yön değiştirmede (örneğin çatı pencerelerinde) bir otomatik hava purjörü planlanmalıdır. Birden fazla kolektör sırası mevcut ise üst sıra üzerinden hava tahliyesi sağlanamıyorsa her sıra için bir adet otomatik hava purjörü planlanmalıdır.



Şekil 2.250. SİSTEMİN EN YÜKSEK NOKTASINDA HAVA PURJÖRÜ SEÇİMİ



Şekil 2.251. DÜZ ÇATI MONTAJINDA HER SIRADA HAVA PURJÖRÜ GÖSTERİMİ



Şekil 2.252. ÇATI ÜSTÜ MONTAJDA PURJÖR İLE HAVA ATILMASI

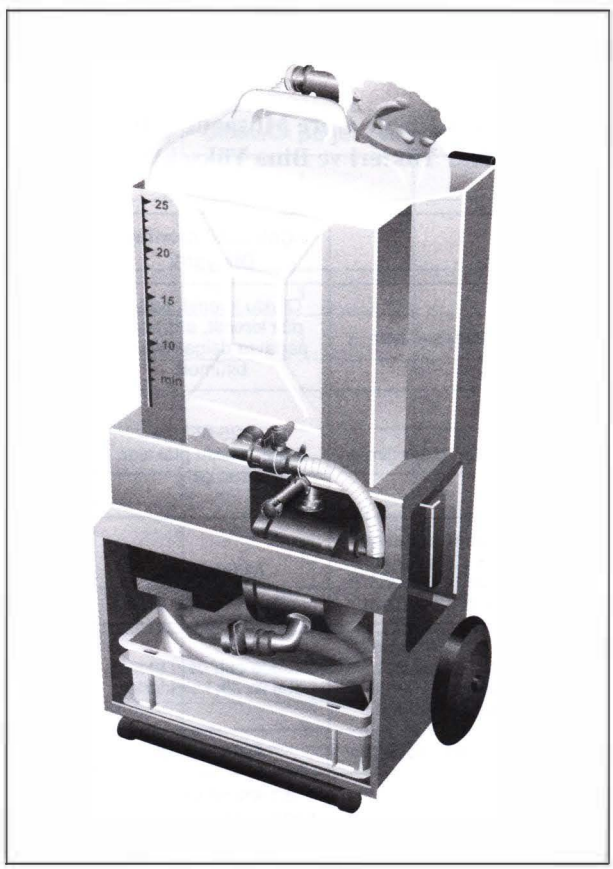
Güneş enerjisi sistemleri için plastik şamandıralı hava purjörleri oluşan yüksek sıcaklıklar nedeniyle kullanılamaz. Eğer önüne küresel vana takılmış otomatik ve tamamen metal bir hava purjörü için yeterli yer yoksa toplama hazneli manuel hava purjörü uygulanmalıdır.

2.8.2.2. Doldurma Ünitesi ve Hava Ayırıcı

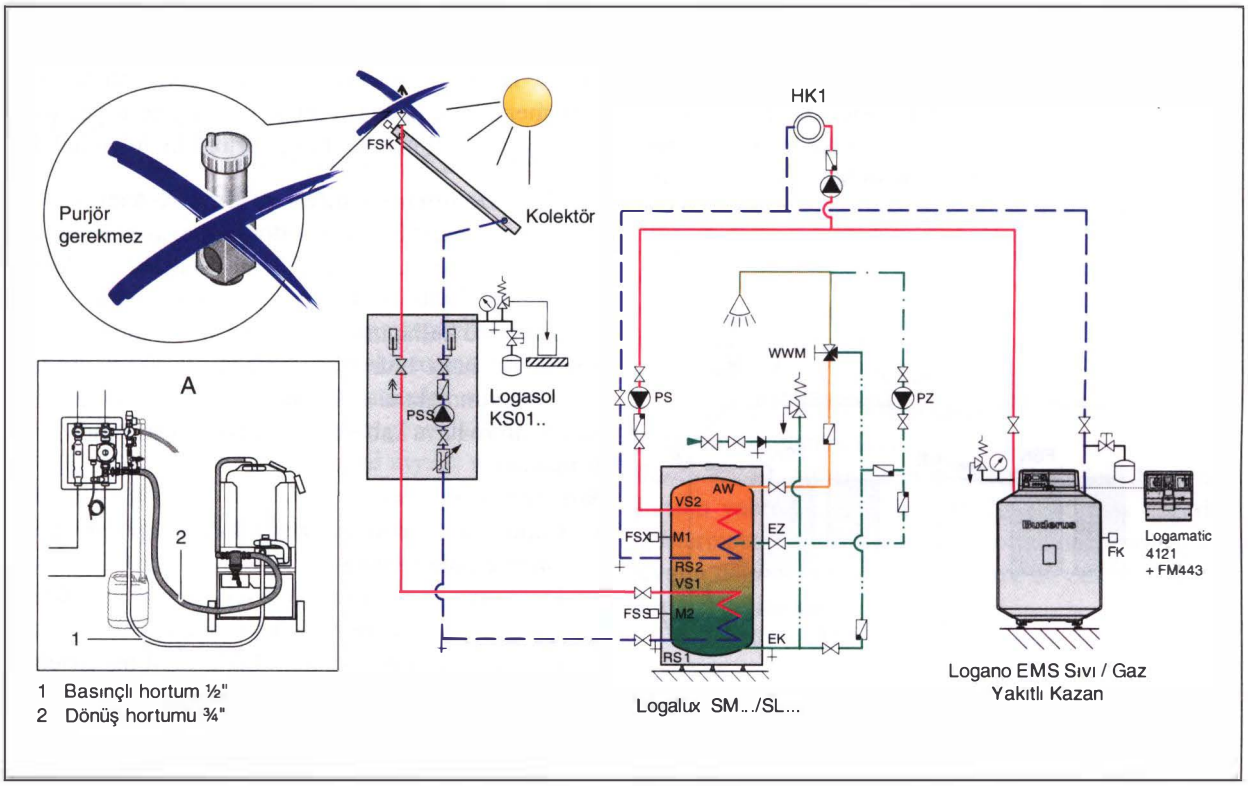
Bir güneş enerjisi sistemi, doldurma ünitesi ile doldurulabilmektedir. Dolum işlemi esnasında sistemdeki havanın büyük bir kısmı dışarı atılmaktadır. Çatıda hava purjörü kullanımına gerek kalmamaktadır. Bunun yerine iki hatlı hidrolik gruplarda merkezi bir hava ayırıcı bulunmaktadır. Bu hava ayırıcı, akışkan içinde kalan mikro hava kabarcıklarını işletim sırasında ayrıştırmaktadır.
Sistemin avantajları:

- Çatıda hava purjörüne gerek kalmadığı için montaj işlemlerinde azalma
- Doldurma ve hava tahliyesi tek işlemle gerçekleştirildiğinden basit ve hızlı devreye alma
- Hava tahliyesi en uygun Şekilde yapılmış sistem
- Az bakım gereksinimi

Kolektör grubu birçok paralel bağlı sıradan oluşuyorsa, gidiş hattında her sırada bir adet kapatma vanası bulunmalıdır. Doldurma işlemi esnasında her sıra ayrı doldurulmakta ve hava ayrı tahliye edilmektedir.



Şekil 2.253. LOGASOL BS01 DOLDURMA ÜNİTESİ



Şekil 2.254. DOLDURMA ÜNİTESİ İLE DOLUM İŞLEMİ

2.8.3. DÜZLEMSEL KOLEKTÖRLERİN MONTAJ SİSTEMLERİ İLE İLGİLİ TALİMATLAR

2.8.3.1. DIN 1055'e Göre Müsaade Edilen Standart Kar Yükleri ve Bina Yükseklikleri

Aşağıdaki tabloda çeşitli montaj seçenekleri için müsaade edilen standart kar yükleri ve bina yükseklikleri verilmiştir.

Planlama çerçevesinde belirtilen talimatlar, uygun bir montaj sağlayabilmek ve kolektör grubunda hasar oluşmasını önleyebilmek için mutlaka dikkate alınmalıdır.

	Çatı üstü montaj Dik/yatık	Çatı içine montaj Dik/yatık	Düz çatıya montaj Dik/yatık	Bina cephesine montaj 45-60°, yatık
Çatı kaplaması/duvar	Oluklu kiremit, tuğla, düz kiremit, arduvaz, padavra,dalgalı plaka, bitümen	Oluklu kiremit, tuğla, düz kiremit, arduvaz, padavra,	-	taşıyıcı
Müsaade edilen çatı eğimleri	25-65° 5-65° (oluklu plakalar, sac çatı)	25-65°	0° (25°ye kadar hafif eğimli çatılarda kaymaya karşı emniyet veya montaj mahallinde tespit)	Aksesuarsız
20 m'ye kadar müsaade edilen bina yükseklikleri, (rüzgar yükleri) 151 km/h'e kadar rüzgar hızlarında	Aksesuarsız	Aksesuarsız	Aksesuarsız	Müsaade edilmemektedir.
100 m'ye kadar müsaade edilen bina yükseklikleri, (rüzgar yükleri) 129km/he kadar rüzgar hızlarında	Sadece çatı üstü montaj seti ile dik kolektörler	Müsaade edilmemektedir.	Düz çatı montaj seti ilavesi ile	Aksesuarsız
Norm kar yükleri, 0-2 kN/m²	Aksesuarsız	Aksesuarsız	Aksesuarsız	Müsaade edilmemektedir.
Norm kar yükleri, >2 kN/m²	3,1 kN/m²'ye kadar sadece çatı üstü montaj seti ile dik kolektörler	3,8 kN/m²ye kadar aksesuarsız	3,8 kN/m²'ye kadar Düz çatı montaj seti ilavesi ile	Müsaade edilmemektedir.

Tablo 2.255. DIN 1055'E GÖRE MÜSAADE EDİLEN STANDART KAR YÜKLERİ VE BİNA YÜKSEKLİKLERİ

2.8.3.2. Boru Bağlantı Seti Seçimi

Kolektör sayısına ve bunların hidrolik bağlantısına bağlı olarak uygun boru bağlantı seti planlanmalıdır.
Aşağıdaki bölümler montaj sistemleri ile ilgili diğer talimatları içermektedir.

2.8.3.3 Düzlemsel Kolektörlerin Çatı Üstü Montajı

- **Çatı Üstü Montaj Seti**

Kolektörler çatı üstü montaj seti yardımıyla çatının eğim açısı ile sabitlenir. Çatı kaplaması sızdırmazlık özelliğini muhafaza etmelidir.
Seçici absorber yüzeyli düzlemsel kolektörler veya asal gaz dolgulu yüksek verimli düzlemsel kolektörler için çatı üstü montaj seti bir kolektör sırasının ilk kolektörü için bir ana montaj seti ve aynı kolektör sırasındaki diğer tüm kolektörler için bir ilave montaj setinden oluşmaktadır. Çatı üstü ilave montaj seti, sadece bir ana montaj seti ile birlikte kullanılabilmektedir. İlave montaj seti, tek taraflı kolektör tespit parçası yerine çift taraflı kolektör tespit parçası ve yan yana duran her iki seçici absorber yüzeyli düzlemsel kolektörler veya asal gaz dolgulu yüksek verimli düzlemsel kolektörler düzlemsel kolektörün arasındaki doğru mesafenin belirlenmesi ve sabitlenmesi için geçme bağlantı parçaları içermektedir.

- **Çeşitli Çatı Kaplamaları İçin Çatı Bağlantıları**

Çeşitli çatı üstü montaj setlerinin profil rayları ve kolektör tespit parçaları bütün çatı bağlantılarında aynıdır. Oluklu kiremit, tuğla, düz kiremit, padavra, arduvaz kaplamalar veya ondülelar ve sac çatılar için montaj setlerinin tipleri, sadece çatı kancasının tipi veya özel tespit malzemeleri bakımından farklılık göstermektedir.

Kolektör sayısı	Sıra sayısı	Boru bağlantı seti	Otomatik purjör seti [1]
1 - 10	1	1	1

Tablo 2.256. TEK SIRALI KOLEKTÖR GRUBU İÇİN BORU BAĞLANTI SETİ SEÇİMİ

Kolektör sayısı	Sıra sayısı	Boru bağlantı seti	Otomatik purjör seti [1]
2 - 20	2	2	2

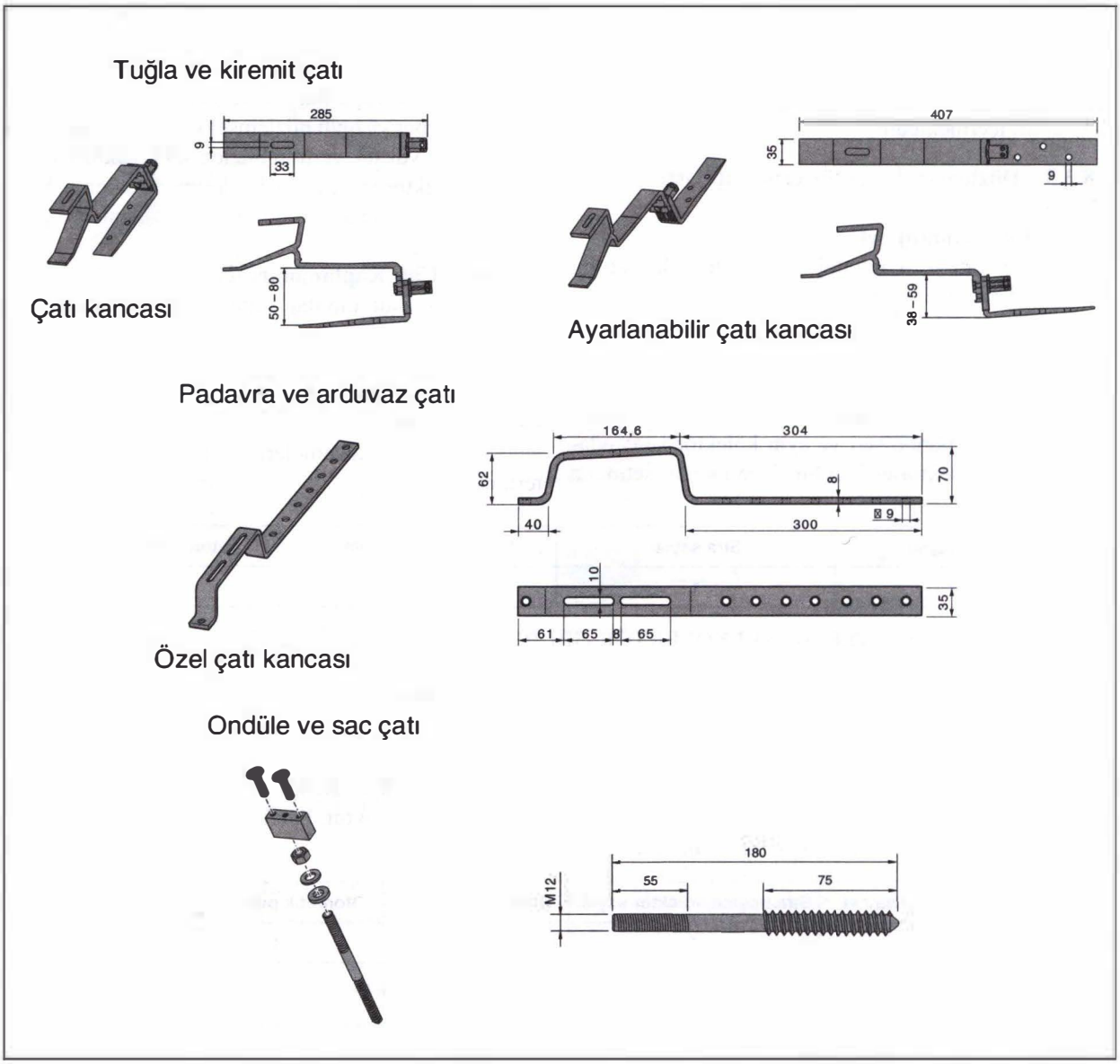
Tablo 2.257. İKİ KOLEKTÖR SIRASININ PARALEL BAĞLANMASI İÇİN BORU BAĞLANTI SETİ SEÇİMİ

1) Eğer doldurma istasyonu ile doldurma yapılıyorsa purjör setine gerek yoktur. Paralel bağlamada her sıranın kolektör gidiş hattına ilave bir kapatma vanası konulmalıdır.

Kolektör sayısı	Sıra sayısı	Sıra başına kolektör sayısı	Boru bağlantı seti	Otomatik purjör seti	Sıra bağlantı seti
2	2	1	1	1	1
3	2	2 1	1	1	1
	3	1	1	1	2
4	2	2	1	1	1
5	2	3 2	1	1	1
6	2	3	1	1	1
	3	2	1	1	2
7	2	4 3	1	1	1
8	2	4	1	1	1
9	2	5 4	1	1	1
	3	3	1	1	2
10	2	5	1	1	1

Tablo 2.258. BİRDEN FAZLA SAYIDA KOLEKTÖR SIRASININ SERİ BAĞLANMASI İÇİN BORU BAĞLANTI SETİ SEÇİMİ

1) Eğer doldurma istasyonu ile doldurma yapılıyorsa purjör setine gerek yoktur. En üst sıra üzerinden purjör yardımıyla hava atılamadığı takdirde daha fazla sayıda purjör seti gereklidir.



Şekil 2.259. ÇEŞİTLİ ÇATI KAPLAMALARI İÇİN ÇATI BAĞLANTI APARATI SEÇENEKLERİ

- Oluklu Kiremit ve Tuğla Çatılarda Çatı Bağlantısı

Şekil 2.260 örnek olarak oluklu kiremit ve tuğla kaplamalar için çatı üstü montaj setlerini göstermektedir. Çatı kancaları, mevcut çatı latarına asılmış ve profil raylara vidalanmıştır.

Asmaya alternatif olarak, çatı kancası bir çatı kirişine veya sert tabakaya vidalanabilmektedir. Bunun için çatı kancasının alt kısmı döndürülmektedir. İlave bir yükseklik ayarlaması gerekli ise çatı kancası, alt kısmından desteklenebilir.

Bir oluklu kiremit ve tuğla kaplama üzerine montajın planlanmasında *Şekil 2.260*, Detay A'daki ölçülerin sağlanıp sağlanamadığı kontrol edilmelidir. Birlikte verilen çatı kancaları eğer,

- Oluklu kiremitin dalga çukuruna uyuyorsa ve
- Oluklu kiremit ve çatı latasına ulaşıyorsa

kullanılabilmektedir.

Kiremitlerin en fazla üst üste binmesi 120 mm'yi aşmamalıdır.

- Düz Kiremit Çatı Bağlantısı

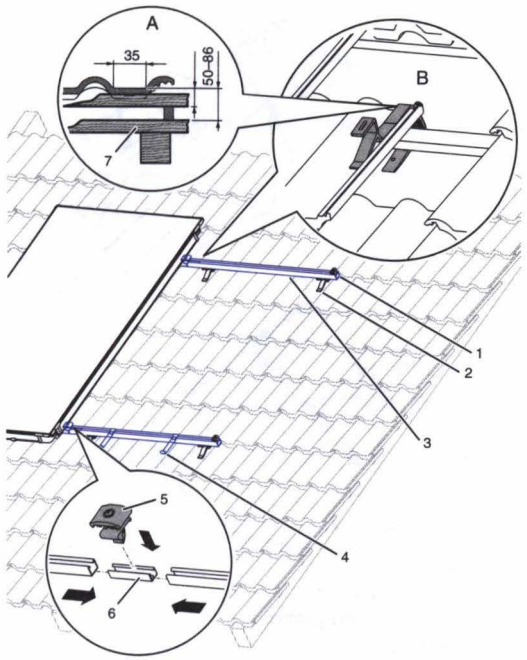
Şekil 2.263 çatı kancasının düz çatı kaplamasına tespitini göstermektedir. Düz kiremitlerin kesilmesi ve tespit edilmesi montaj mahallinde yapılmalıdır.

Yatay profil raylar, oluklu kiremit veya tuğla kaplamasında olduğu gibi çatı kancasına vidalanmalıdır.

- Padavra veya Arduvaz Çatı Bağlantısı

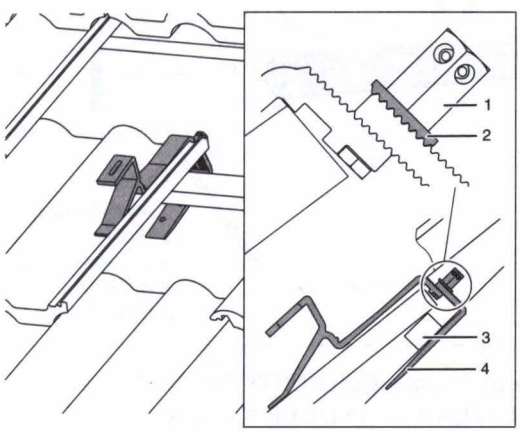
Şekil 2.264'de montaj mahallinde sağlanan sızdırmazlık elemanları ve sacları ile padavra ve arduvaz kaplama üzerine, özel çatı kancalarının sızdırmazlığı sağlanmış montajı için örnek gösterilmektedir.

Yatık profil raylar, oluklu kiremit veya tuğla kaplamada olduğu gibi özel kancalara vidalanmalıdır.



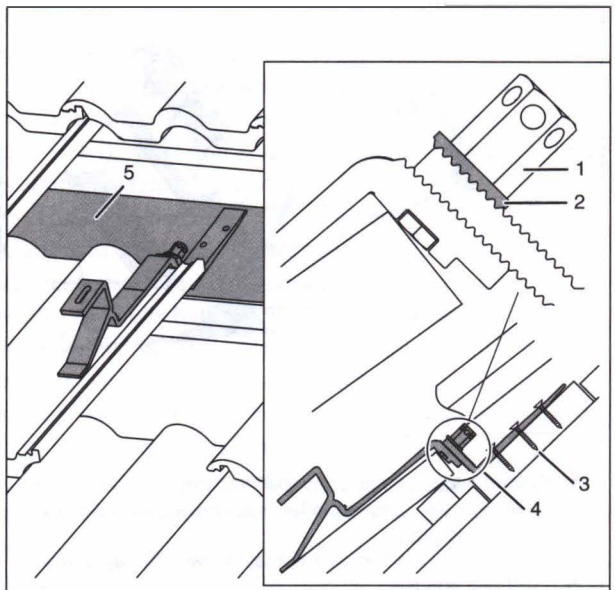
1 Tek taraflı kolektöre tespit parçası (sadece ana sette)
2 Çatı kancası ayarlanabilir
3 Profil ray
4 Kolektör için kayma emniyeti (2x kolektör sayısı)
5 Çift taraflı kolektör tespit parçası (sadece ilave montaj setinde)
6 Geçme bağlantı parçası (sadece ilave montaj setinde)
7 Sert tabaka (tahta kaplama)

Şekil 2.260. ÇATI ÜSTÜ ANA VE İLAVE MONTAJ SETİ



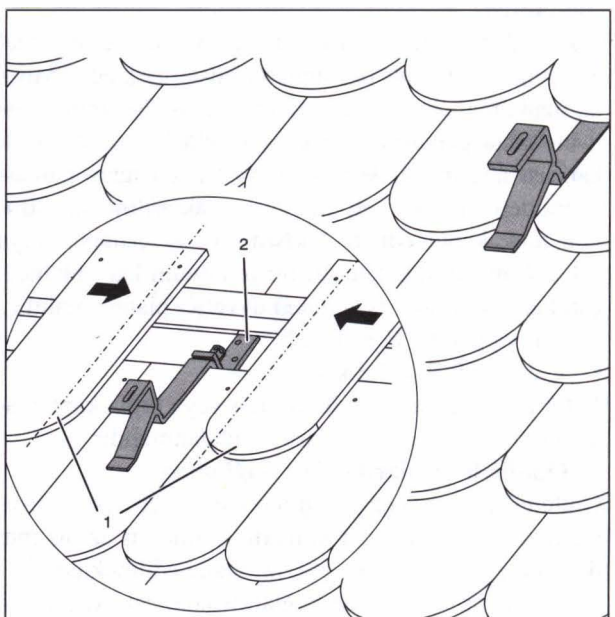
1 Altı köşe somun
2 Dişli pul
3 Çatı latası
4 Çatı kancası, alt kısım

Şekil 2.261. MONTAJI YAPILMIŞ ÇATI KANCASI



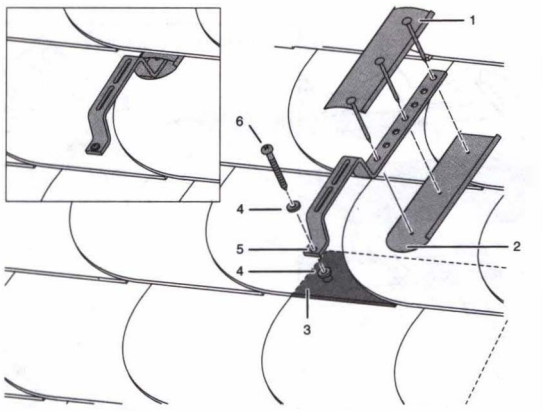
1 Altı köşe somun
2 Dişli pul
3 Tespit civataları
4 Çatı kancası, alt kısım
5 Çatı kirişi /sert tabaka

Şekil 2.262. ÇATI KİRİŞİNE VİDALANMIŞ ÇATI KANCASI



1 Düz kiremitler kesikli çizgi boyunca kesilmelidir.
2 Çatı kancası, alt kısım çatı kirişine/lataya vidalanmalıdır.

Şekil 2.263. DÜZ KİREMİT KAPLAMAYA MONTE EDİLMİŞ ÇATI KANCASI



1 Özel çatı kancasının üzerindeki sac (montaj mahallinde)
2 Özel çatı kancasının altındaki sac (montaj mahallinde)
3 Çok katlı kaplama
4 Sızdırmazlık malzemesi (montaj mahallinde sağlanacak)
5 Özel çatı kancası
6 Vida (standart teslimat kapsamında)

Şekil 2.264. DÜZLEMSEL KOLEKTÖRLER İÇİN ÇATI ÜSTÜ MONTAJ SETİNİN PADAVRA VEYA ARDUVAZ KAPLAMA ÜZERİNE BAĞLANMASINI SAĞLAYAN SU SIZDIRMAZ KAPLAMALI ÖZEL ÇATI KANCASI

- Yalıtımlı Çatılarda Çatı Kirişi Üzerine Çatı Bağlantısı

Şekil 2.265 yalıtımlı bir çatıda çatı kirişi üzerine, özel çatı kancası ile çatı bağlantısını göstermektedir. Montaj mahallinde bunun için minimum 28x200 mm kesitli bir tahta parçasını çatı kirişine vidalanmalıdır. Çatı kancası tarafından iletilen kuvvetler, bu tahta parçası üzerinden taşıyıcı çatı kirişlerine aktarılmalıdır. Bunun için, kabul edilen 2 kN/m²'lik aksesuarsız veya 3,1 kN/ m²'lik (aksesuarlı) bir minimum kar yükünde, çatı kancası başına aşağıdaki kuvvetler planlanmalıdır:

- Çatıya paralel F_{sx}= 0,8 kN
- Çatıya dik F_{sy}= 1,8 kN

Yatık profil raylar, oluklu kiremit veya tuğla kaplamadaki gibi özel çatı kancalarına vidalanmalıdır.

- Ondüleli Çatılarda Çatı Bağlantısı

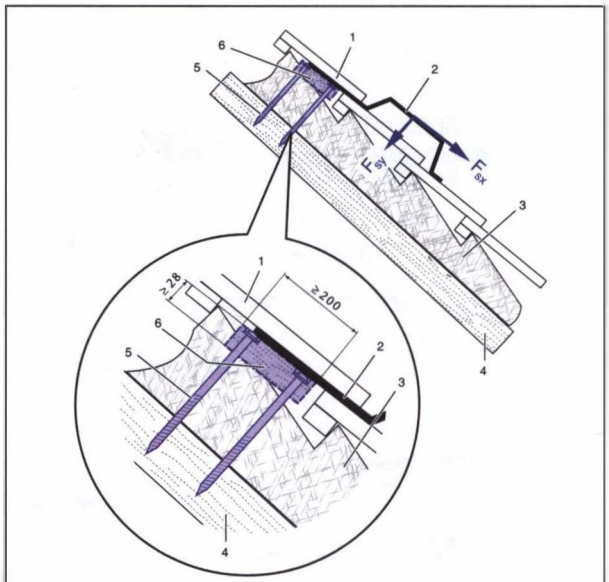
Ondüleli çatılarda çatı üstü montaja, eğer destek cıvataları, taşıyıcı bir tahta konstrüksiyona en az 40 mm derinlikte vidalanabiliyorsa, müsaade edilmektedir.

Ondüleli çatılardaki çatı bağlantısında, çatı üstü montaj setindeki çatı kancası yerine dayanak altlıkları ve sızdırmazlık pulları ile birlikte destek cıvataları kullanılmaktadır.

Şekil 2.266'da profil rayların destek cıvatalarının destek altlıklarının üstüne bağlantısı gösterilmektedir.

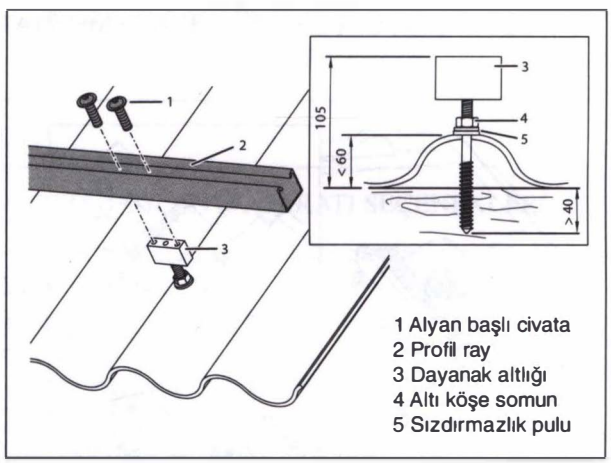
• Sac Kaplamalı Çatılarda Çatı Bağlantısı

Şekil 2.267 ondüle/sac çatı bağlantı parçaları ile sac çatıda çatı bağlantısını göstermektedir. Montaj mahal-



1 Kiremit
2 Özel çatı kancası
3 Çatı kirişi üzeri yalıtım
4 Çatı kirişi
5 Vidalı bağlantı (montaj mahallinde)
6 Tahta parçası (minimum 28x200 mm kesitli)
F_{sx} Çatı kancası başına çatıya paralel yük
F_{sy} Çatı kancası başına çatıya dik yük

Şekil 2.265. ÇATI ÜSTÜ MONTAJ SETİNİN TESPİT EDİLEBİLMESİNİ SAĞLAYAN ÖZEL KANCALARIN VİDALANDIĞI İLAVE TAHTA PARÇALARIN MONTAJ MAHALLİNDE YERLEŞTİRİLMESİ (ölçüler mm'dir)



1 Alyan başlı civata
2 Profil ray
3 Dayanak altlığı
4 Altı köşe somun
5 Sızdırmazlık pulu

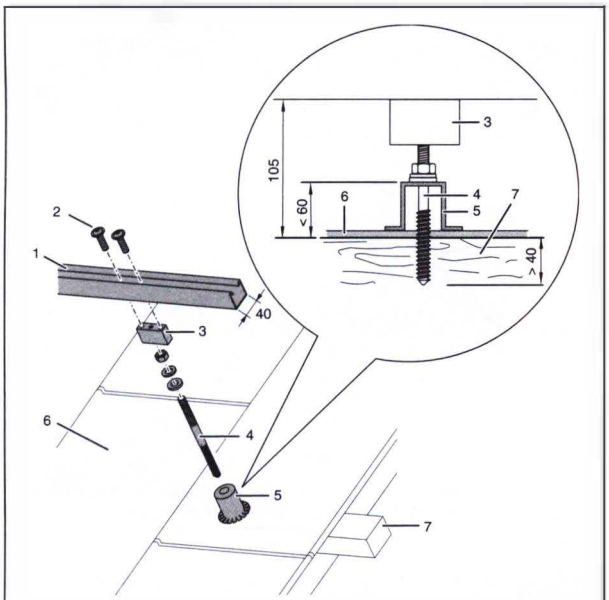
Şekil 2.266. ÇATI ÜSTÜ MONTAJDA PROFİL RAYLARIN ONDÜLE KAPLAMAYA TESPİT EDİLMESİ İÇİN ÖRNEK (ölçüler mm'dir)

linde bir kovan, çatıya sızdırmaz şekilde tespit edilmelidir. Bunun için genellikle kolektör başına dört kovan lehimlenmektedir. Kovan yardımıyla M12x180 destek cıvataları alttaki konstrüksiyona (çatı kirişi veya en az 40 mm x 40 mm'lik taşıyıcı dört köşe kalas) vidalanmaktadır.

• **Kar Yükü Profili / İlave Ray**

Dik düzlemsel kolektörlerin 20 m'den 100 m'ye kadar yükseklikteki binalarda ve 2 kN'dan 3,1 kN'a kadar kar yüküne sahip bölgelerde çatı üstü montajında ilave olarak bir kar yükü profili ve bir ilave ray (opsiyonel) monte edilmek zorundadır. Bunlar artan yüklerin çatı üzerinde daha iyi dağılımını sağlar.

Şekil 2.268, bir oluklu kiremit kaplama örneğinde kar yükü profilinin ve ilave rayın montajını göstermektedir. Her iki aksesuar diğer çatı kaplamalarının montaj sistemlerine de uyumludur.



1 Profil ray
2 Alyan cıvata M8x16
3 Dayanak altlığı
4 Destek civatası M12
5 Kovan
6 Sac çatı
7 Alt konstrüksiyon (dört köşe kalas, en az 40 mm x 40 mm)

Şekil 2.267. SAC KAPLAMA ÇATI ÜSTÜ MONTAJINDA DESTEK CIVATALARININ SU SIZDIRMAZ TESPİTİ İÇİN KOVANLARIN MONTAJ MAHALLİNDE YERLEŞTİRİLMESİ (ölçüler mm'dir)

• **Hidrolik Bağlantı**

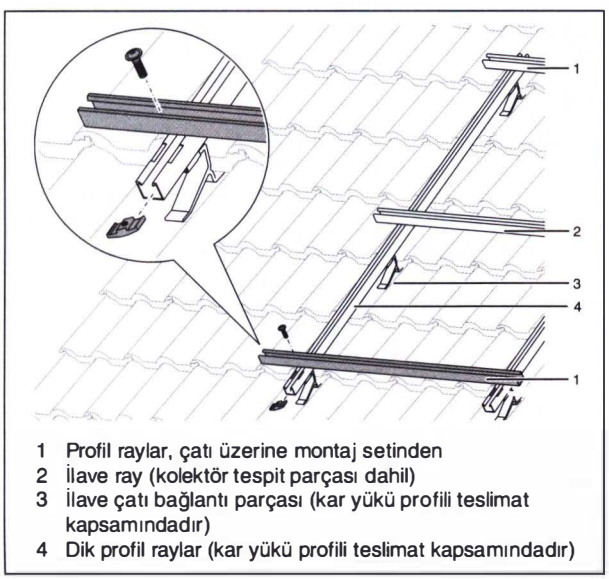
Çatı üstü montajda kolektörlerin hidrolik bağlantısı için çatı üstü boru bağlantı setleri kullanılmaktadır.

Gidiş ve dönüş hatları için çatı geçişleri gereklidir, çünkü kolektör bağlantı ağızları, çatı düzleminin üzerinde bulunmaktadır. Gidiş ve dönüş hatları için çatı geçişi olarak bir havalandırma kiremiti kullanılabilir. Gidiş hattı üstteki havalandırma kiremitinden faydalanılarak, çatı kaplamasından geçirilip, yukarı doğru hava purjörüne (mevcut ise) götürülmektedir. Bu havalandırma kiremitinden kolektör sıcaklık duyar eleman kablosu da geçirilebilir. Dönüş hattı, eğimle hidrolik gruba götürülmelidir. Bunun için eğer dönüş hattı, kolektör grubu dönüş bağlantı ağzının altında veya aynı yükseklikte çatıdan geçiyorsa, bir havalandırma kiremiti kullanılabilir. Kiremit içindeki yön değiştirmeye rağmen genellikle ilave bir hava purjörü gerekmemektedir.

• **Statik Gereklilikler**

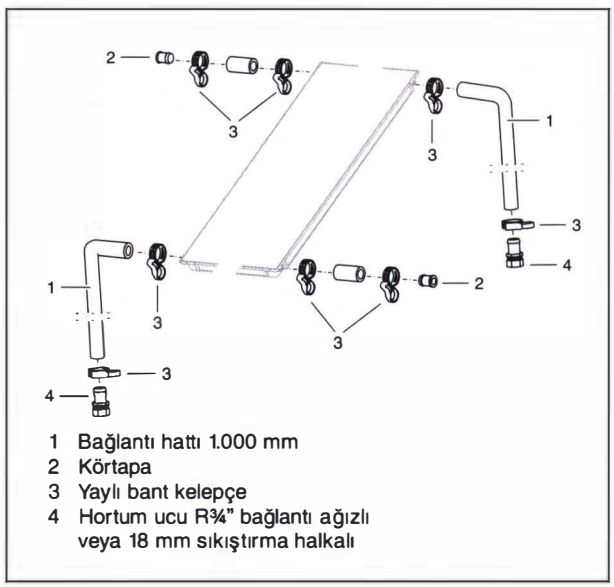
Çatı üstü montaj seti, özel olarak güneş kolektörlerinin emniyetli bir şekilde tespit edilmesi için tasarlanmıştır. Çatıda bulunan diğer ekipmanların (anten vb) çatı üstü montaj setine tespit edilmesine müsaade edilmemektedir.

Çatı ve alt yapısı, yeterli yük dayanımına sahip olmalıdır. Kolektör başına yaklaşık 50 kg veya 55 kg ağırlık dikkate alınmalıdır. Çatı üstü montaj için müsaade edilen norm kar yükleri ve bina yükseklikleri *Tablo 2.255*'de verilmiştir.



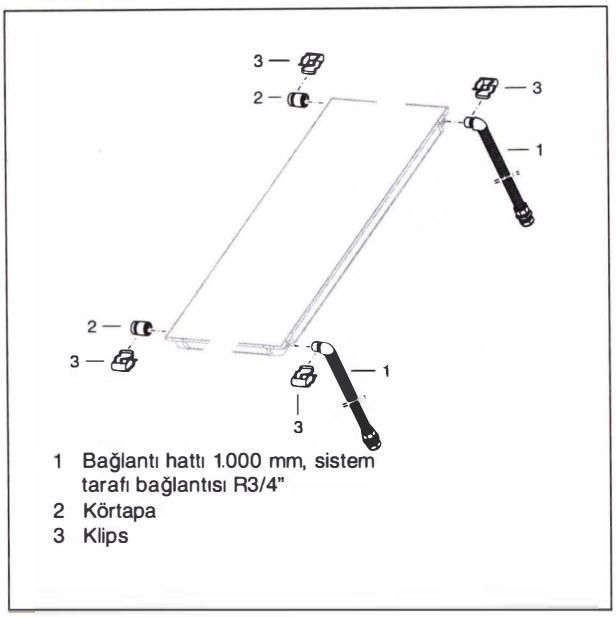
1 Profil raylar, çatı üzerine montaj setinden
2 İlave ray (kolektör tespit parçası dahil)
3 İlave çatı bağlantı parçası (kar yükü profili teslimat kapsamındadır)
4 Dik profil raylar (kar yükü profili teslimat kapsamındadır)

Şekil 2.268. KAR YÜKÜ PROFİLLİ VE İLAVE RAYLI ÇATI ÜSTÜ MONTAJ SETİ

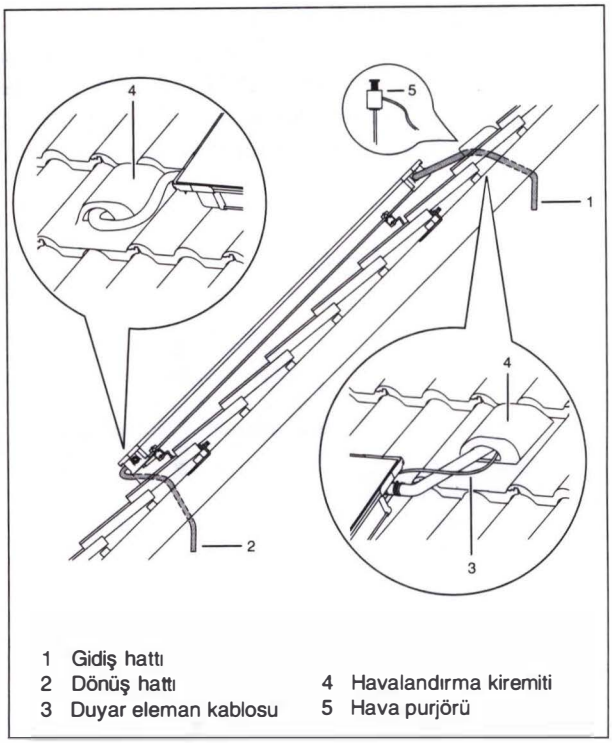


1 Bağlantı hattı 1.000 mm
2 Körtapa
3 Yaylı bant kelepçe
4 Hortum ucu R¾" bağlantı ağızlı veya 18 mm sıkıştırma halkalı

Şekil 2.269. SKN 3.0 ÇATI ÜSTÜ BORU BAĞLANTI SETİ



Şekil 2.270. SKS 4.0 ÇATI ÜSTÜ/İÇİ BORU BAĞLANTI SETİ



Şekil 2.271. BAĞLANTI HATLARININ ÇATI ALTINA TAŞINMASI

- **Çatı Üstü Montaj İçin Seçim Yardımı**

Kolektör sayısına ve bunların hidrolik bağlantısına bağlı olarak uygun tespit malzemeleri planlanmalıdır.

	Kolektör sayısı		2		3			4		5		6			7		8		9			10	
	Sıra sayısı		1	2	1	2	3	1	2	1	2	1	2	3	1	2	1	2	1	2	3	1	2
	Sıra başına kolektör sayısı		2	1	3	2/1	1	4	2	5	3/2	6	3	2	7	4/3	8	4	9	5/4	3	10	5
Dik tip SKN 3.0 ve SKS 4.0	Ana montaj seti [1]	Oluklu kiremit, düz kiremit Arduvaz, padavra Ondüle çatı, sac çatı	1	2	1	2	3	1	2	1	2	1	2	3	1	2	1	2	1	2	3	1	2
	İlave montaj seti [1]	Oluklu kiremit, düz kiremit Arduvaz, padavra Ondüle çatı, sac çatı	1	-	2	1	-	3	2	4	3	5	4	3	6	5	8	6	8	7	6	9	8
	Ana montaj seti ilavesi [2]	Oluklu kiremit, düz kiremit Arduvaz, padavra Ondüle çatı, sac çatı	1	2	1	2	3	1	2	1	2	1	2	3	1	2	1	2	1	2	3	1	2
	İlave montaj seti ilavesi [2]	Oluklu kiremit, düz kiremit Arduvaz, padavra Ondüle çatı, sac çatı	1	-	2	1	-	3	2	4	3	5	4	3	6	5	8	6	8	7	6	9	8
Yatık tip SKN 3.0 ve SKS 4.0	Ana montaj seti [1]	Oluklu kiremit, düz kiremit Arduvaz, padavra Ondüle çatı, sac çatı	1	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	3	1	2	1	2	1	2	3	1	2
	İlave montaj seti [1]	Oluklu kiremit, düz kiremit Arduvaz, padavra Ondüle çatı, sac çatı		-	2	1	-	3	2	4	3	5	4	3	6	5	8	6	8	7	6	9	8

Tablo 2.272. ÇATI ÜSTÜ MONTAJ SETİ SEÇİMİ

1) Montaj seti ve çatı bağlantı parçalarından oluşmaktadır.

2) Kar yükü profili ve yatık ilave raydan oluşmaktadır. 2 kN/m²'den büyük 3,1 kN/m²'ye kadar kar yüklerinde ve 20 m'den 100 m'ye kadar bina yüksekliklerinde gereklidir.

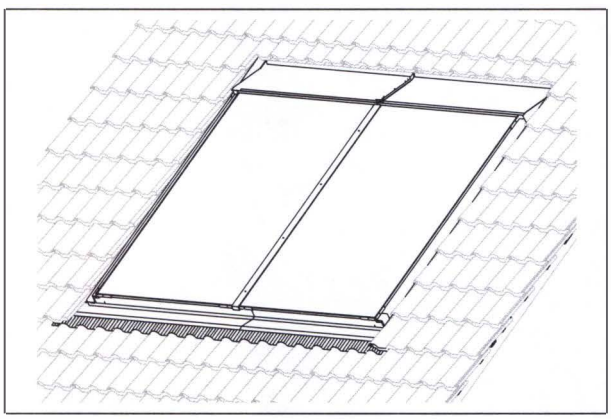


Şekil 2.273. ÇATI ÜSTÜ MONTAJ UYGULAMA ÖRNEĞİ

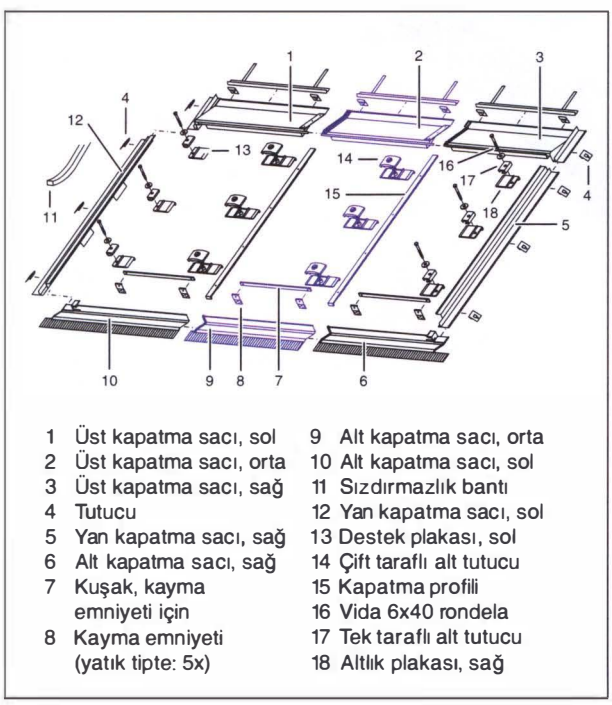
2.8.3.4. Düzlemsel Kolektörler İçin Çatı İçi Montaj

Çatı içi montaj sistemi dik ve yatık seçici absorber yüzeyli düzlemsel kolektörler ve asal gaz dolgulu yüksek verimli düzlemsel kolektörler için uygundur. Oluklu kiremit, tuğla veya padavra, arduvaz, düz kiremit çatı kaplamaları için ayrı montaj setleri mevcuttur. Kolektörler sac çerçeve (kaplanmış alüminyum, antrasit RAL 7016) ile birlikte çatı sızdırmazlığı sağlamaktadır.

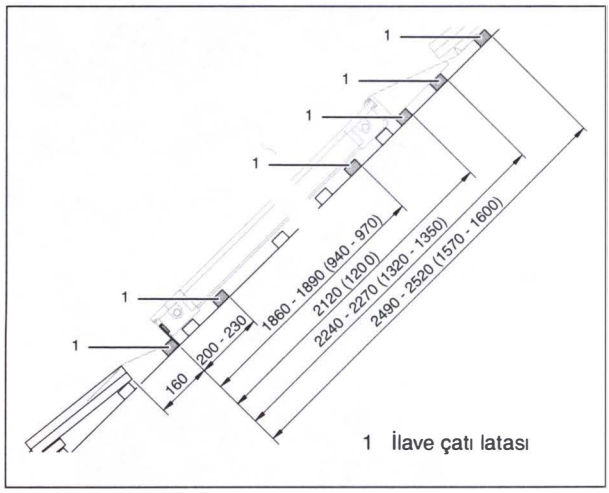
Aynı sırada bulunan ilk ve son kolektörler ana montaj setleri ile, bu kolektörlerin arasında kalan kolektörler ilave montaj setleri ile monte edilirler. Montajda önce kolektörler çatı latasına monte edilmekte ve daha sonra sac çerçeve ile kaplanmaktadır. Hidrolik bağlantı hatları yan kapatma sacı içinden geçirilebilmektedir. Eşit



Şekil 2.274. ÇATI İÇİ MONTAJDA KOLEKTÖR GRUBUNUN GENEL GÖRÜNÜŞÜ



Şekil 2.275. İKİ DIŞ KOLEKTÖR İÇİN ANA MONTAJ SETİ VE ORTADAKİ KOLEKTÖR İÇİN İLAVE MONTAJ SETİ (mavi renkle gösterilmiştir)



Şekil 2.276. TEK SIRALI MONTAJDA İLAVE ÇATI LATALARI ARASINDAKİ MESAFELER (ölçüler mm'dir. parantez içindeki değerler yatık uygulama içindir.)

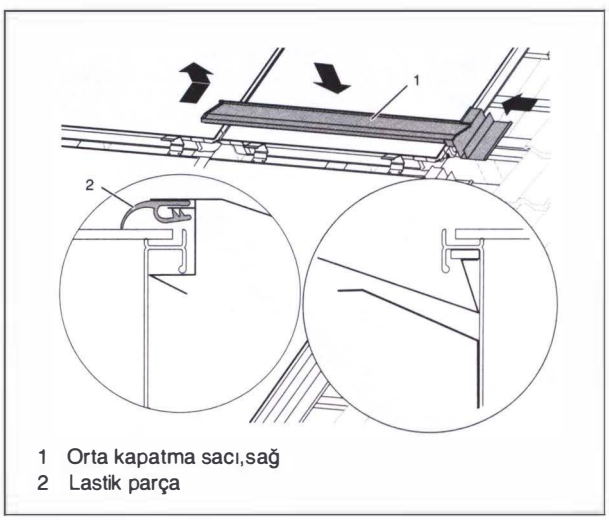
sayıda kolektöre sahip diğer bir kolektör sırası, doğrudan ilk sıra üzerine monte edilebilmektedir. İlave sıra için ana ve ilave montaj setleri mevcuttur. Alt ve üst sıra arasındaki ara hacim bir kapatma sacı ile kapatılmaktadır.

- **Hidrolik Bağlantı**

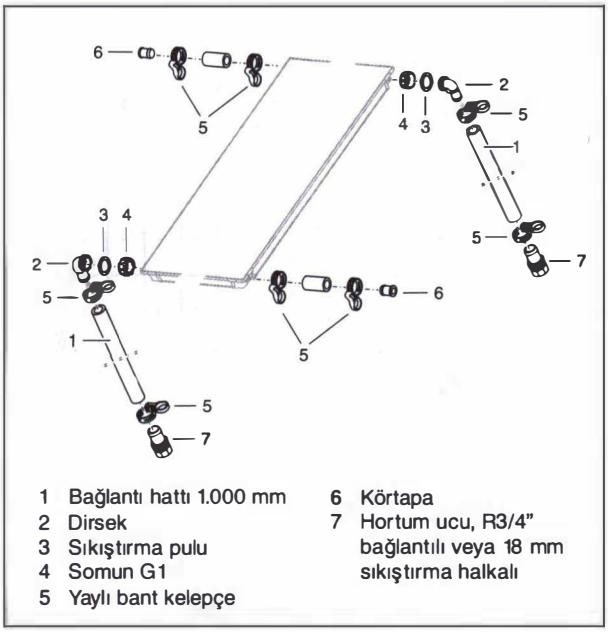
Çatı içi montajda kolektörlerin hidrolik bağlantısı için çatı içi boru bağlantı setleri tavsiye edilmektedir. Bağlantı setleri yardımıyla gidiş ve dönüş hatları, yan kapatma sacları altından, çatı içinden geçirilmektedir. Eğer bir hava purjörü mevcut ise gidiş hattı çatı altında yukarı doğru bu purjöre götürülmelidir. Dönüş hattı eğim ile hidrolik gruba götürülmelidir.

- **Statik Gereklilikler**

Çatı içi montaj için müsaade edilen kar yükleri ve bina yükseklikleri *Tablo 2.255*'de verilmiştir.

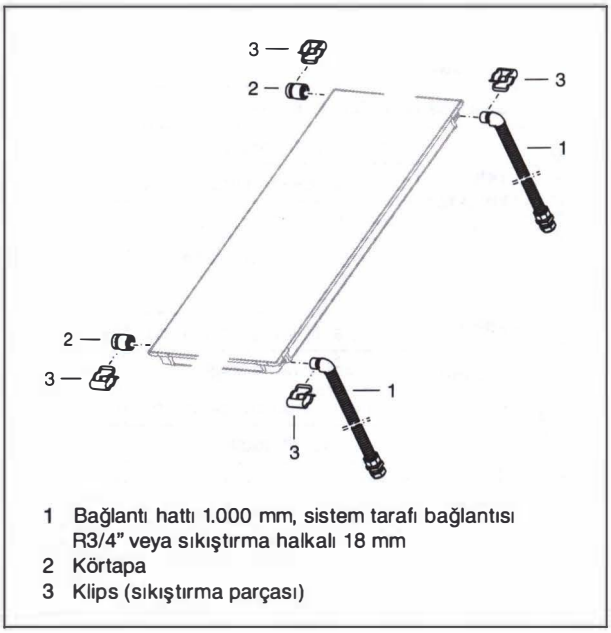


Şekil 2.277. ÜST ÜSTE YERLEŞTİRİLEN İKİ KOLEKTÖR SIRASI ARASINDAKİ KAPATMA SACI



1 Bağlantı hattı 1.000 mm
2 Dirsek
3 Sıkıştırma pulu
4 Somun G1
5 Yaylı bant kelepçe
6 Körtapa
7 Hortum ucu, R3/4" bağlantılı veya 18 mm sıkıştırma halkalı

Şekil 2.278. SKN 3.0 KOLEKTÖR ÇATI İÇİ BORU BAĞLANTI SETİ



1 Bağlantı hattı 1.000 mm, sistem tarafı bağlantısı R3/4" veya sıkıştırma halkalı 18 mm
2 Körtapa
3 Klips (sıkıştırma parçası)

Şekil 2.279. SKS 4.0 KOLEKTÖR ÇATI İÇİ BORU BAĞLANTI SETİ

• Çatı İçi Montaj Sistemi Bileşenleri İçin Seçim Yardımı

Kolektör ve sıra sayısına bağlı olarak tespit malzemesi planlanmalıdır. *Tablo 2.280* ve *2.281*'den faydalanılabilir.

2.8.3.5. Düzlemsel Kolektörlerin Düz Çatıya Montajı

Düz çatıya montaj, düz çatılar ve 25°'ye kadar düşük eğimli çatılar için uygundur. Düz çatı montaj setleri montaj yerinde tespit edilmelidir.

Seçici absorber yüzeyli düzlemsel kolektörler ve asal gaz dolgulu yüksek verimli düzlemsel kolektörler için düz çatı montaj seti; bir kolektör sırasının ilk kolektörü için bir ana montaj seti ve aynı kolektör sırasındaki diğer her kolektör için bir ilave montaj setinden oluşmaktadır. 20 m'den daha yüksek binalarda veya 2 kN/m²'den büyük kar yüklerinde ilave aksesuar gereklidir.

Düz çatı montaj setlerinin eğim açısı, 5°'lik adımlarla aşağıda belirtilen şekilde ayarlanabilir.

- Dik tip düz çatı montaj seti: 30°'den 60°'ye kadar (25°, teleskopik putrelin kısaltılmasıyla ayarlanabilir)
- Yatık tip düz çatı montaj seti: 35°'den 60°'ye kadar (25° veya 30°, teleskopik putrelin kısaltılmasıyla ayarlanabilir)

Düz çatı montaj setleri, kullanılacak ek ağırlıklar ile veya çatıya tespit edilerek çatı üzerinde emniyet altına alınmalıdır.

	Kolektör sayısı		1	2		3		4		5	6			7	8		9		10	
	Sıra sayısı		1	1	2	1	3	1	2	1	1	2	3	1	1	2	1	3	1	2
	Sıra başına kolektör sayısı		1	2	1	3	1	4	2	5	6	3	2	7	8	4	9	3	10	5
Dik tip SKN 3.0 ve SKS 4.0	Tek kolektör montajı	1. sıra, kiremit, tuğla	1	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		1. sıra, arduvaz, padavra, düz kiremit																		
		İlave sıra, kiremit, tuğla	-	-	1	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		İlave sıra, arduvaz, padavra, düz kiremit																		
Dik tip SKN 3.0 ve SKS 4.0	İki kolektör ana montaj seti	1. sıra, kiremit, tuğla	-	1	-	1	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
		1. sıra, arduvaz, padavra, düz kiremit																		
		İlave sıra, kiremit, tuğla	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	2	-	-	1	-	2	-	1
		İlave sıra, arduvaz, padavra, düz kiremit																		
	İlave montaj seti	1. sıra, kiremit, tuğla	-	-	-	1	-	2	-	3	4	1	-	5	6	2	7	1	8	3
		1. sıra, arduvaz, padavra, düz kiremit																		
		İlave sıra, kiremit, tuğla	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	2	-	2	-	3
		İlave sıra, arduvaz, padavra, düz kiremit																		

Tablo 2.280. ÇATI İÇİ MONTAJ SETİ SEÇİMİ (Dik tip kolektörler için)

	Kolektör sayısı		1	2		3		4		5	6			7	8		9		10	
	Sıra sayısı		1	1	2	1	3	1	2	1	1	2	3	1	1	2	1	3	1	2
	Sıra başına kolektör sayısı		1	2	1	3	1	4	2	5	6	3	2	7	8	4	9	3	10	5
Yatık tip SKN 3.0 ve SKS 4.0	Tek kolektör montajı	1. sıra, kiremit, tuğla	1	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		1. sıra, arduvaz, padavra, düz kiremit																		
		İlave sıra, kiremit, tuğla	-	-	1	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		İlave sıra, arduvaz, padavra, düz kiremit																		
Yatık tip SKN 3.0 ve SKS 4.0	İki kolektör ana montaj seti	1. sıra, kiremit, tuğla	-	1	-	1	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
		1. sıra, arduvaz, padavra, düz kiremit																		
		İlave sıra, kiremit, tuğla	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	2	-	-	1	-	2	-	1
		İlave sıra, arduvaz, padavra, düz kiremit																		
	İlave montaj seti	1. sıra, kiremit, tuğla	-	-	-	1	-	2	-	3	4	1	-	5	6	2	7	1	8	3
		1. sıra, arduvaz, padavra, düz kiremit																		
		İlave sıra, kiremit, tuğla	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	2	-	2	-	3
		İlave sıra, arduvaz, padavra, düz kiremit																		

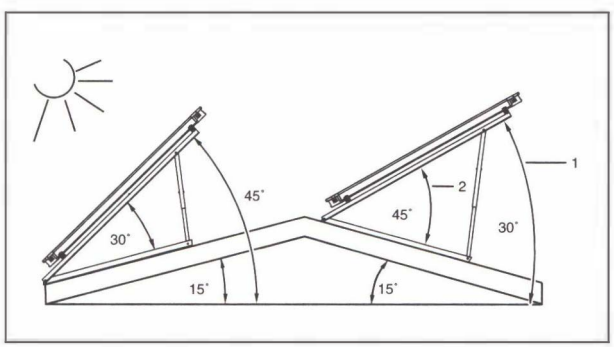
Tablo 2.281. ÇATI İÇİ MONTAJ SETİ SEÇİMİ (Yatık tip kolektörler için)

- **Konstrüksiyon Üzerine Sabitleme**

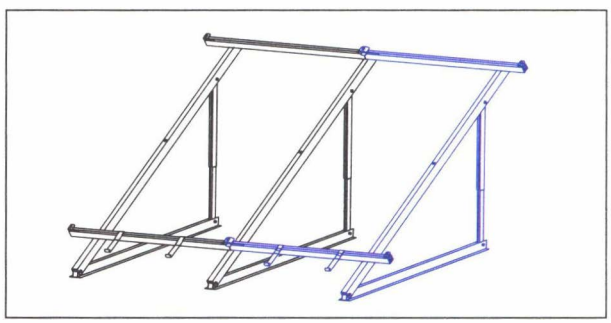
Düz çatı montaj setleri, T profilden oluşan bir alt konstrüksiyon üzerine monte edilebilir. Düz çatı montaj setleri bu montaj için ayak profil putrellerinde deliklere sahiptir. Montaj mahallindeki alt konstrüksiyon kolektörlere gelen rüzgar kuvvetlerini karşılayabilecek şekilde tasarlanmalıdır.

Putrellerin mesafesi ile ilgili ölçüler *Şekil 2.285, 2.287*'de gösterilmiştir. Düz çatı montaj setlerinin montaj yerinde alt konstrüksiyona tespit deliklerinin pozisyonları *Şekil 2.287*'den alınabilir.

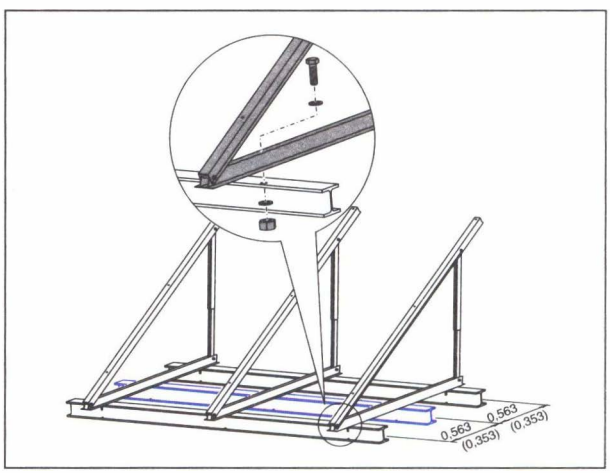
20 m'den yüksek binalarda veya 2 kN/m² ile 3,2 kN/m² arasındaki kar yüklerinde, dik kolektörler ile ilgili her ana bağlantı seti, bir ilave putrel (ana montaj seti ilavesi) ve her ilave montaj seti ise bir ilave putrel ve bir ilave kiriş (ilave montaj seti ilavesi) içermelidir. Yatık kolektörlerde tüm montaj setleri bir ilave putrel (ana ve ilave montaj seti ilavesi) içermelidir.



Şekil 2.282. DÜŞÜK EĞİMLİ (< 25°) BİR ÇATIDA DÜZ ÇATI MONTAJ SETİ KULLANIMINDA DÜZLEMSEL KOLEKTÖRLERİN EĞİM AÇISI İLE İLGİLİ ÖRNEKLER

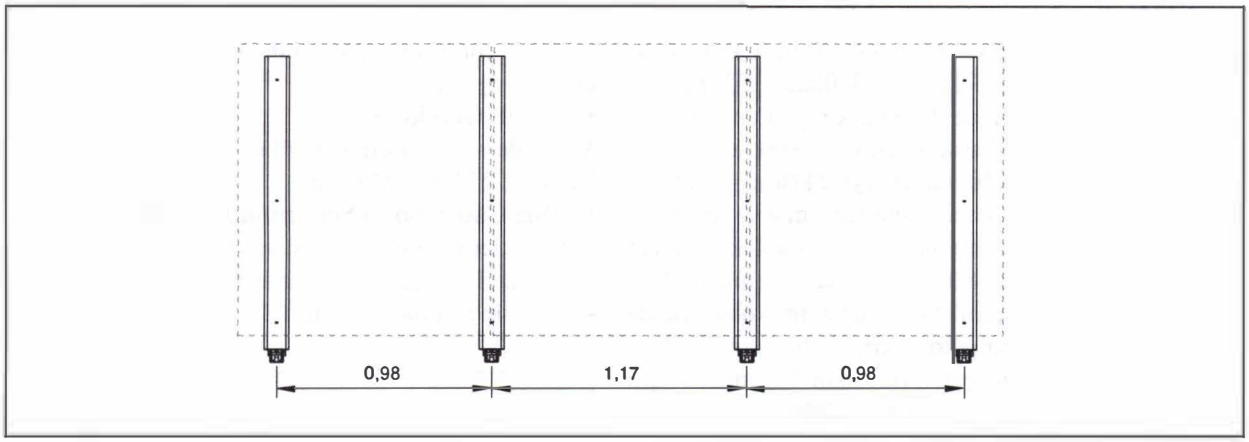


Şekil 2.283. DİK TİP SKN 3.0 VEYA SKS 4.0 DÜZLEMSEL KOLEKTÖR İÇİN DÜZ ÇATI ANA VE İLAVE MONTAJ SETİ (mavi)

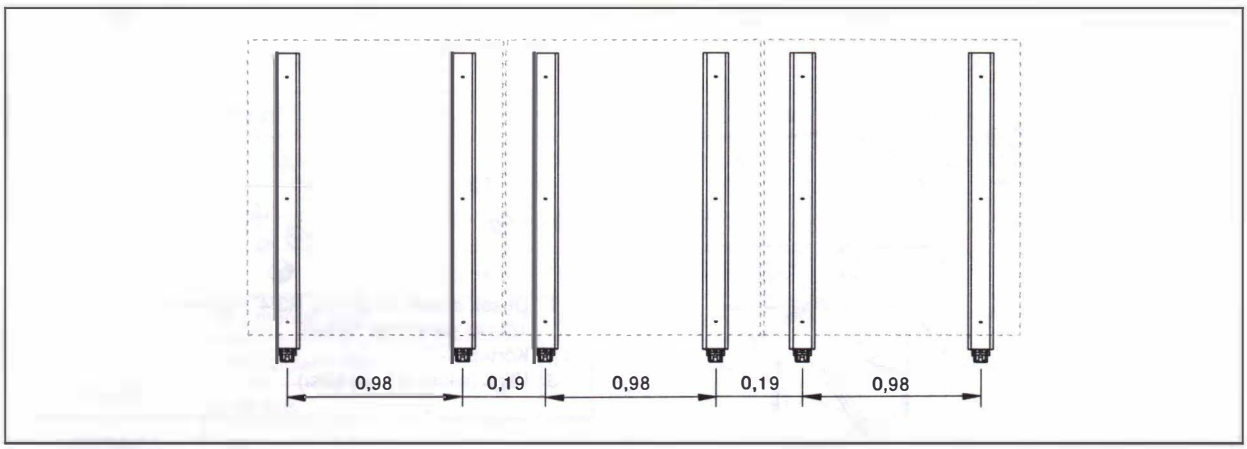


Şekil 2.284. DÜZ ÇATI MONTAJ SETLERİNİN ÇİFT T PROFİLDEN OLUŞAN BİR ALT KONSTRÜKSİYONA TESPİTİ

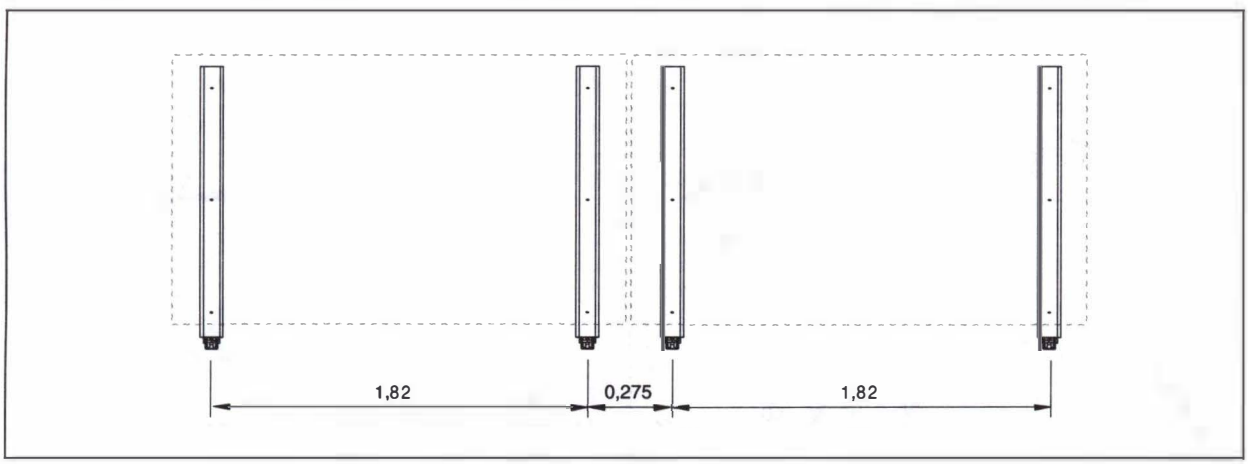
(ölçüler m'dir. Parantez içindeki değerler yatık tip kolektörler içindir; ortadaki mesnet -mavi- sadece 20 m'den daha yüksek binalarda gereklidir.)



Şekil 2.285. DİK TİP SKN 3.0 VE SKS 4.0 KOLEKTÖRLER İÇİN DÜZ ÇATI ANA MONTAJ SETİ KOLEKTÖR KİRİŞLERİNİN MESAFELERİ (ölçüler m'dir)



Şekil 2.286. DİK TİP SKN 3.0 VE SKS 4.0 KOLEKTÖRLER İÇİN DÜZ ÇATI MONTAJ SETİ İLAVE KİRİŞLERİN KULLANILMASINDA KOLEKTÖR KİRİŞLERİNİN MESAFELERİ (ölçüler m'dir)



Şekil 2.287. YATIK TİP SKN 3.0 VE SKS 4.0 KOLEKTÖRLER İÇİN DÜZ ÇATI ANA MONTAJ SETİ KOLEKTÖR KİRİŞLERİNİN MESAFELERİ (ölçüler m'dir)

- **Ek Ağırlık ile Tespit**

Ek ağırlık kullarak sabitleme için her düz çatı montaj seti içinde dört adet ağırlık teknesi (boyut: 950 mm x 350 mm x 50 mm) montaj setine bağlanır. Tekneler hazır beton plakalar, çakıl veya benzeri malzemeler ile ağırlaştırmak için doldurulmaktadır. Gerekli ağırlıklar, bina yüksekliğine bağlı olarak *Tablo 2.292*'den alınabilir (çakıl doldurmada maksimum 320 kg mümkündür).

Dik tip kolektörlerin ağırlık tekneleri ile birlikte kullanılmasında, 20 m'ye kadar olan bina yüksekliklerinde

ve 2 kN/m²'ye kadar olan kar yüklerinde bir sıradaki 4., 7. ve 10. kolektörün her biri için bir ilave kiriş planlanmalıdır. Yatık tip kolektörlerin kullanımında her kolektör için montaj setinde ilave bir kiriş bulunmaktadır. İlave kirişler tekneleri asabilmek için gereklidir.
20 m'den daha yüksek binalarda veya 2 kN/m² ile 3,8 kN/m² arasındaki kar yüklerinde bütün ana montaj setleri bir ilave putrel (ana montaj seti ilavesi) ve dik kolektörler için her ilave montaj seti ilave bir kiriş ve ilave bir putrel (ilave montaj seti ilavesi) içermektedir.Yatık tip kolektörlerde her montaj seti ilave bir putrel içermelidir.
Bütün konstrüksiyon, çatı örtüsünün korunması için yapı koruma şiltesi üzerine kurulmalıdır.

- **Hidrolik Bağlantı**

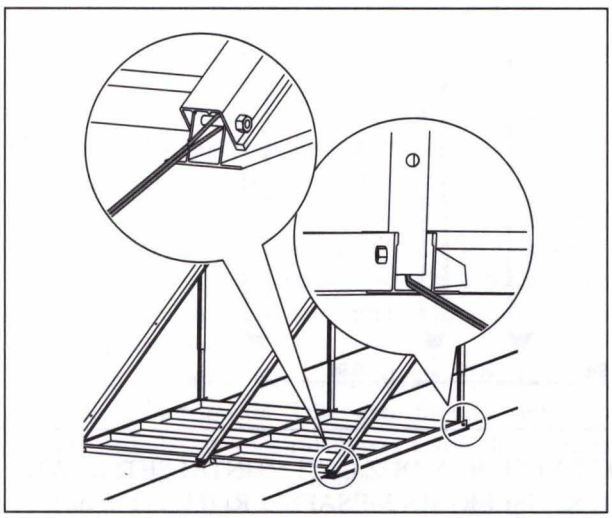
Düz çatıya montajda kolektörlerin hidrolik bağlantısı için düz çatı montaj setleri kullanılır. Burada gidiş hattı, bağlantının kolektörün rüzgar etkisiyle hareketi ile hasar görmesini önleyebilmek için kolektöre paralel olarak uygulanmalıdır.

- **Statik Gereklilikler**

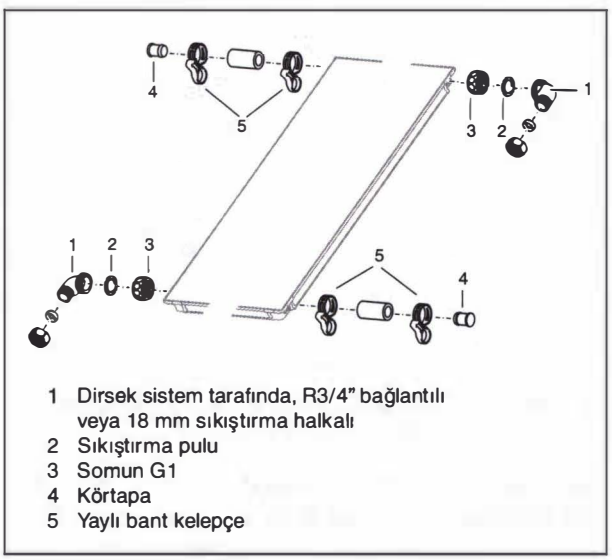
Müsaade edilen norm kar yükleri ve bina yükseklikleri *Tablo 2.255*'de verilmiştir.

- **Düz Çatı Montaj Setlerinin Ağırlıkları**

Çatı yüklerinin belirlenmesinde düz çatı montaj setleri için aşağıdaki ağırlıklar esas teşkil etmektedir:
- Dik tip ana montaj seti: 12,2 kg

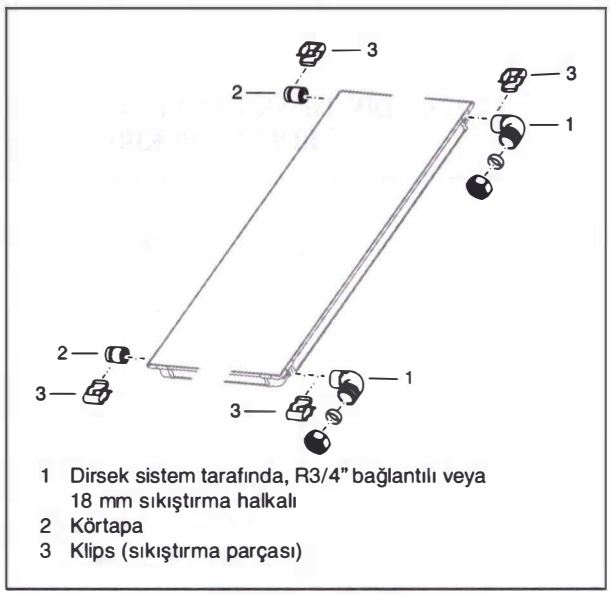


Şekil 2.288. AĞIRLIK TEKNELİ VE İLAVE HALAT EMNİYETLİ DÜZ ÇATI MONTAJ SETİ



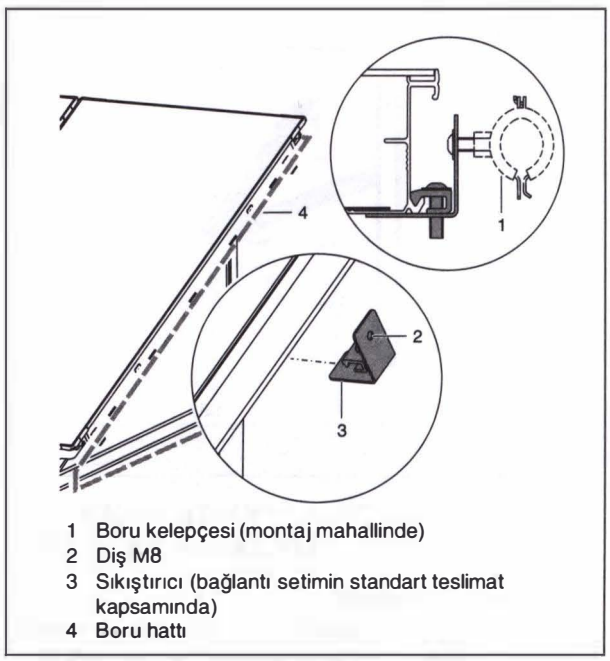
1 Dirsek sistem tarafında, R3/4" bağlantılı veya 18 mm sıkıştırma halkalı
2 Sıkıştırma pulu
3 Somun G1
4 Körtapa
5 Yaylı bant kelepçe

Şekil 2.289. SKN 3.0 DÜZ ÇATI BORU BAĞLANTI SETİ



1 Dirsek sistem tarafında, R3/4" bağlantılı veya 18 mm sıkıştırma halkalı
2 Körtapa
3 Klips (sıkıştırma parçası)

Şekil 2.290. SKS 4.0 DÜZ ÇATI BORU BAĞLANTI SETİ



1 Boru kelepçesi (montaj mahallinde)
2 Diş M8
3 Sıkıştırıcı (bağlantı setimin standart teslimat kapsamında)
4 Boru hattı

Şekil 2.291. KOLEKTÖR GİDİŞ HATTININ YERLEŞTİRİLMESİ

Bina yüksekliği m	Rüzgar hızı km/h	Ayak ankrajı cıvata sayısı ve türü [1]	Ek ağırlık kg	Halat	
				Devrilmeye karşı emniyet ağırlığı kg	Kaymaya karşı emniyet Halatlara gelen maksimum çekme kuvveti kN
0 - 8	102	2 x M8/8,8	270	180	1,6
8 - 20	129	2 x M8/8,8	450	320	2,5
20 - 100 [2]	151	3 x M8/8,8	-	450	3,3

Tablo 2.292. RÜZGAR ETKİSİYLE OLUŞABİLECEK DEVRİLME VE KAYMAYA KARŞI KOLEKTÖR DÜZ ÇATI MONTAJ SETLERİNİN EMNİYETE ALINMASI İÇİN SEÇENEKLER

1) Her kolektör kirişi başına

2) Dik tip kolektörler için bir ilave kiriş ve putrel, yatık tip kolektörler için bir ilave putrel

- Yatık tip ana montaj seti: 8,7 kg
- Dik tip ilave montaj seti: 7,2 kg
- Yatık tip ilave montaj seti: 8,7 kg

Dik tip kolektörlerde ilave putrel ve ilave kiriş yatık tip kolektörlerde ilave putrel gereklidir.

- **Düz Çatı Montaj Seti Seçim Yardımı**

Kolektör sayısına ve bunların hidrolik bağlantısına bağlı olarak uygun bir tespit malzemesi planlanmalıdır. *Tablo 2.293*'ten faydalanılabilir.

	Kolektör sayısı	2		3			4		5		6			7		8		9			10	
	Sıra sayısı	1	2	1	2	3	1	2	1	2	1	2	3	1	2	1	2	1	2	3	1	2
	Sıra başına kolektör sayısı	2	1	3	2 1	1	4	2	5	3 2	6	3	2	7	4 3	8	4	9	5 4	3	10	5
Ek ağırlık ile sabitleme için kullanılan montaj seti																						
Dik tip SKN3.0 ve SKS4.0	Ana montaj seti	1	2	1	2	3	1	2	1	2	1	2	3	1	2	1	2	1	2	3	1	2
	İlave bağlantı seti	1	-	2	1	-	3	2	4	3	5	4	3	6	5	7	6	8	7	6	9	8
	İlave kiriş	-	-	-	-	-	1	-	1	-	1	-	-	2	1	2	2	2	2	-	3	2
	Ana montaj seti ilavesi	1	2	1	2	3	1	2	1	2	1	2	3	1	2	1	2	1	2	3	1	2
	İlave bağlantı seti ilavesi	1	-	2	1	-	3	2	4	3	5	4	3	6	5	7	6	8	7	6	9	8
Yatık tip SKN3.0 ve SKS4.0	Ana montaj seti	1	2	1	2	3	1	2	1	2	1	2	3	1	2	1	2	1	2	3	1	2
	İlave bağlantı seti	1	-	2	1	-	3	2	4	3	5	4	3	6	5	7	6	8	7	6	9	8
	Ana montaj seti ilavesi	1	2	1	2	3	1	2	1	2	1	2	3	1	2	1	2	1	2	3	1	2
	İlave montaj seti ilavesi	1	-	2	1	-	3	2	4	3	5	4	3	6	5	7	6	8	7	6	9	8
Konstrüksiyon üzeri sabitleme için kullanılan montaj seti																						
Dik tip SKN3.0 ve SKS4.0	Ana montaj seti	1	2	1	2	3	1	2	1	2	1	2	3	1	2	1	2	1	2	3	1	2
	İlave montaj seti	1	-	2	1	-	3	2	4	3	5	4	3	6	5	7	6	8	7	6	9	8
	Ana montaj seti ilavesi	1	2	1	2	3	1	2	1	2	1	2	3	1	2	1	2	1	2	3	1	2
	İlave montaj seti ilavesi	1	-	2	1	-	3	2	4	3	5	4	3	6	5	7	6	8	7	6	9	8
Yatık tip SKN3.0 ve SKS4.0	Ana montaj seti	1	2	1	2	3	1	2	1	2	1	2	3	1	2	1	2	1	2	3	1	2
	İlave montaj seti	1	-	2	1	-	3	2	4	3	5	4	3	6	5	7	6	8	7	6	9	8
	Ana montaj seti ilavesi	1	2	1	2	3	1	2	1	2	1	2	3	1	2	1	2	1	2	3	1	2
	İlave montaj seti ilavesi	1	-	2	1	-	3	2	4	3	5	4	3	6	5	7	6	8	7	6	9	8

Tablo 2.293. DÜZ ÇATI MONTAJ SETİ SEÇİMİ

1) Ana ve ilave montaj setlerinin her biri bir adet ağırlık teknesi içermektedir.

2) İlave montaj seti ilavesi seçiminde gerekli değildir.

3) 2 kN/m²'den büyük kar yüklerinde veya 20 m'den büyük bina yüksekliklerinde ana ve ilave montaj setine ilave olarak gereklidir.

2.8.3.6. Düzlemsel Kolektörlerin Bina Cephesine Montajı

Bina cephesine montaj sadece yatık tip düzlemsel kolektörler için uygun olup bina cephesinde uygulamaya 20 m'lik bir montaj yüksekliğine kadar izin verilmektedir.

Bina cephesine montaj, yatık tip düz çatı montaj setleri ile gerçekleştirilmektedir. Kolektör sırasındaki ilk kolektör, bina cephesine ana montaj seti ile monte edilmektedir. Aynı kolektör sırasındaki diğer kolektörler bina cephesine ilave montaj seti ile monte edilmektedir. Bu montaj setlerinin her biri üç kirişe sahiptir.

Kolektörlerin yönlenme açısı bina cephesinde yatayla 45-60° arasında ayarlanmalıdır.

- **Montaj Yerinde Sabitleme**

Kolektör kirişleri montaj mahallinde taşıyıcı bir altyapıya kiriş başına üç cıvata ile tespit edilmelidir.

- **Statik Gereklilikler**

Müsaade edilen norm kar yükleri ve bina yükseklikleri *Tablo 2.255*'de verilmiştir.

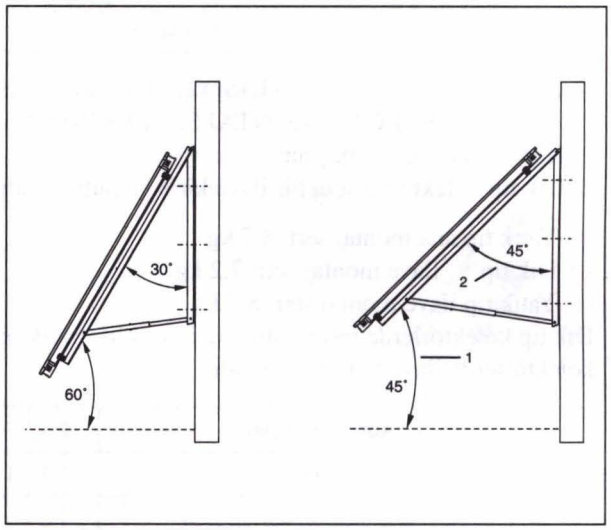
Yatık Tip Düzlemsel Kolektörler İçin Bina Cephesine Montaj Sistemi Bileşenleri İçin Seçim Kılavuzu

Kolektör sayısına ve bunların hidrolik bağlantısına bağlı olarak uygun tespit malzemesi seçilmelidir. *Tablo 2.296*'dan faydalanılabilir.

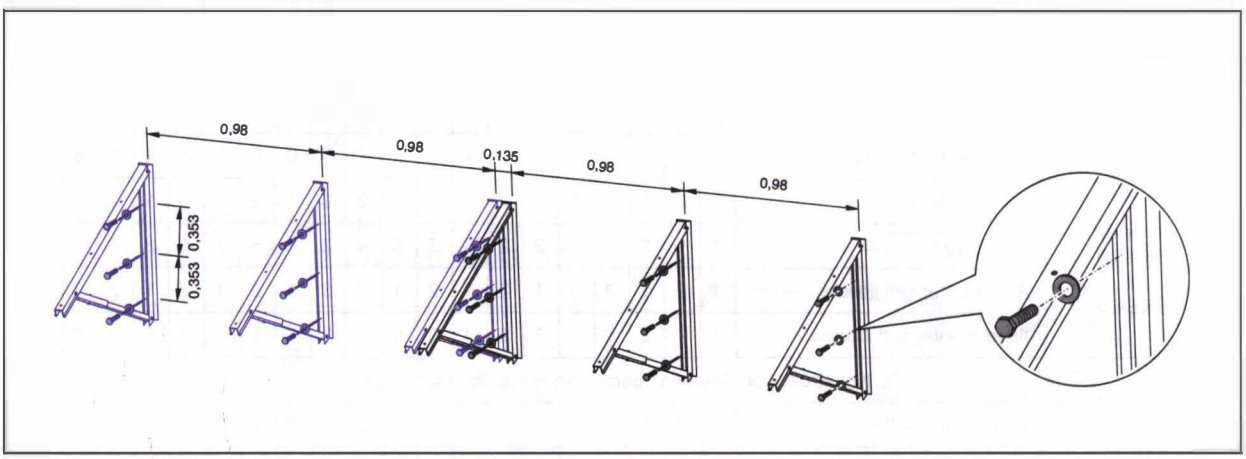
2.8.3.7. Vakum Borulu Kolektörlerin Düz Çatıya Montajı

Çakıl serilmiş düz çatılarda beton plakaların konacağı yerler çakıldan arındırılmalıdır.

Plastik çatı kaplamalı düz çatılarda beton plakaların altında yapı koruma şilteleri gereklidir.



Şekil 2.294. BİNA CEPHESİNE ANA VE İLAVE MONTAJ SETİ İLE MONTAJ
(ölçüler m'dir)



Şekil 2.295. TESPİT MALZEMESİ (mavi)

	Kolektör sayısı toplam	2		3			4		5		6			7		8		9			10	
	Sıra sayısı	1	2	1	2	3	1	2	1	2	1	2	3	1	2	1	2	1	2	3	1	2
	Sıra başına kolektör sayısı	2	1	3	2 1	1	4	2	5	3 2	6	3	2	7	4 3	8	4	9	5 4	3	10	5
Montaj setleri																						
Yatık tip SKN 3.0 ve SKS 4.0	Bina cephesine montaj için ana bağlantı seti	1	2	1	2	3	1	2	1	2	1	2	3	1	2	1	2	1	2	3	1	2
	Bina cephesine montaj için ilave bağlantı seti	1	-	2	1	-	3	2	4	3	5	4	3	6	5	7	6	8	7	6	9	8

Tablo 2.296. YATIK TİP LOGASOL SKN 3.0 VE SKS 4.0 İÇİN BİNA CEPHESİNE MONTAJ SETİ SEÇİMİ



Şekil 2.297. DÜZ ÇATI MONTAJINDA GÖLGELEMENİN ÖNLENMESİ



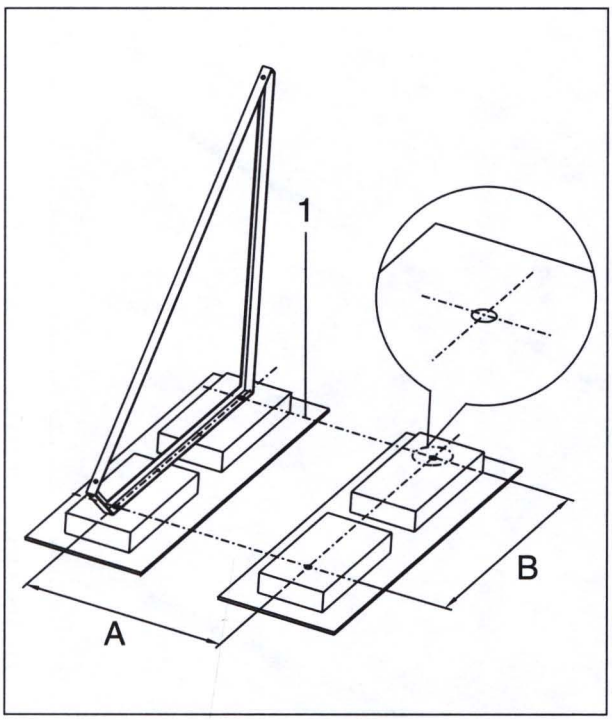
Şekil 2.298. DÜZ ÇATI MONTAJI UYGULAMA ÖRNEĞİ



Şekil 2.299. ZEMİN MONTAJI UYGULAMA ÖRNEĞİ

Vakum borulu kolektörler	Beton plakaların mesafeleri		
		30° açı ile	45° açı ile
	A m	B m	B m
CPC6	0,55	1,225	0,915
CPC12	1,100	1,225	0,915

Tablo 2.300. DÜZ ÇATI MONTAJ SETLERİNİN KULLANIMINDA BETON PLAKALARIN MESAFELERİ



Şekil 2.301. BETON PLAKALI DÜZ ÇATI MONTAJ SETİ
(A ve B ölçüleri için *Tablo 2.300*)
1) Plastik çatı kaplamalı düz çatılar için yapı koruma şiltesi

2.8.3.8. Güneş Enerjisi Sistemleri İçin Yüksek Gerilim Koruması

- **Yüksek Gerilim Korumasının Gerekliliği**

Yüksek gerilim korumasının gerekliliği yapı yönetmeliklerinde tanımlanmıştır. Genellikle yıldırım koruması, güneş enerjisi sistemi

- 20 m'den daha yüksek
- çevredeki binalardan oldukça yüksek
- çok değerli veya tarihi eser
- yıldırım düşmesinin paniğe neden olabileceği yapıda (okul vb)

yüksek koruma gerektiren bir binanın (yüksek bina, hastane, toplantı ve alış-veriş merkezleri) çatısında bulunuyorsa, bir yüksek gerilim koruması uzmanı ve/veya bina işletmecisi ile planlanmalıdır. Bu görüşme güneş enerjisi sisteminin planlama aşamasında gerçekleştirilmelidir.

- **Güneş Enerjisi Sistemi İçin Potansiyel Dengelemesi**

Yüksek gerilim koruma sisteminin olup olmamasından bağımsız olarak, esas itibarıyla bir güneş enerjisi sisteminin gidiş ve dönüş hatları en az 6 mm² kesitli bir bakır kablo ile topraklanmak zorundadır.

Eğer bir paratoner sistemi mevcut ise, kolektör ve montaj sisteminin paratoner sisteminin koruma alanı dışında bulunup bulunmadığı belirlenmelidir. Dışında bulunma durumunda güneş enerjisi sistemi mevcut paratoner sistemine bağlanmalıdır. Burada güneş enerjisi sistemi devresinin elektrik ileten parçaları, en az 6 mm² kesitli bir bakır kablo ile topraklanmalıdır.

Bina yüksekliği m	Vakum borulu kolektör	Açılı çerçeve sayısı	Çerçeve açısı	Gerekli ağırlık	
				Ön beton plaka kg	Arka beton plaka kg
0 - 8	CPC6	2	30°/45°	75	75
	CPC12	2	30°/45°	75	75
8 - 20	CPC6	2	30°/45°	112	112
	CPC12	2	30°/45°	112	112

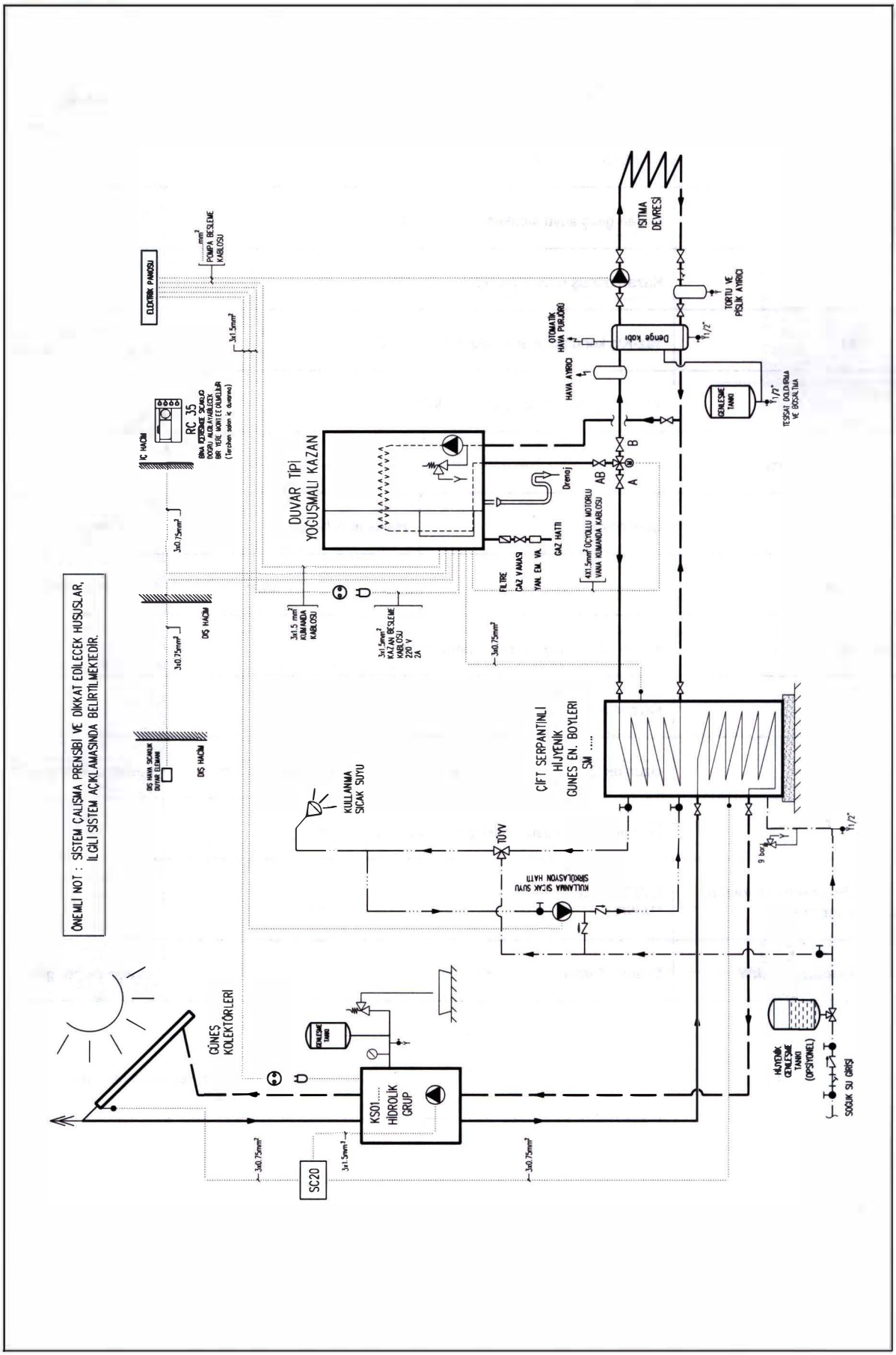
Tablo 2.302. DÜZ ÇATI MONTAJ SETİ KULLANIMINDA GEREKLİ BETON PLAKALARIN AĞIRLIĞI

2.9. GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ KEŞİF FÖYÜ

Fax	:		
İlgili Bayl	:		
Telefon	:		
Fax	:		
Kolektör Montaj Yerl	:		
Bölge :	İl :	Enlem :	
Kolektörlerin Yeri			Herhangi bir bilgi verilmediği takdirde alınacak değerler
Yön:			Güney
Eğim:			45°
Kolektörler gölgede mi?	EVET	HAYIR	HAYIR
Çatı alanı	Uzunluk :.....m x	Genişlik :.....m x	Yeterli alan var
Kolektörlerin yerleşimi	Çatı içi / Çatı üstü / Düz Çatı / Bina cephesi		Çatı üstü
Çatı tipi nedir?			Kiremit çatı
Boru hatlarının uzunluğu nedir?	Bina içinde :.....m		1 m
	Bina dışında:.....m		8 m
Sistemin yerleştirileceği yerin boyutları	Yükseklik:... ..m		>2 m
	Uzunluk :.....m x Genişlik:.....m		Yeterli alan var
	Kapı yüksekliği:.....m		2,00 m
	Kapı genişliği :.....m		1,20 m
Güneş Enerjisi kullanımı	Kullanım sıcak suyu temini / Isıtma desteği / Havuz ısıtması /		Kullanım sıcak suyu temini

Kullanım Sıcak Suyu İhtiyacı							
Evdeki kişi sayısı							4 kişi
Günlük sıcak su tüketimi	AZ (40 l/kişi) ORTA (50 l/kişi) YÜKSEK (75 l/kişi)						50 l/kişi
Günlük sıcak su ihtiyacı	.....litre (kişi sayısı x günlük tüketim)						200 litre
Sıcak su bağlantısı olan çamaşır makinası var mı?	EVET HAYIR						HAYIR
Sıcak su bağlantısı olan bulaşık makinası var mı?	EVET HAYIR						HAYIR
Sıcak su kullanım sıcaklığı nedir?	TM =..... °C						45 °C
Boyler maksimum su sıcaklığı nedir?	TB =..... °C						60 °C
Sıcak su sirkülasyonu	Sirkülasyon kayıpları:.....W						YOK
	Açık 1	Kapalı 1	Açık 2	Kapalı 2	Açık 3	Kapalı 3	YOK
Saat							
Takviye Kazan Devresi							
	Mevcut Kazan Kapasitesi:.....kW						18 kW
	Kazan verimi:.....%						%90
Yazın kazan takviyesi var mı?	EVET HAYIR						EVET
	Yaz işletiminde kazan verimi:.....%						%50
Gerekli boyler tipi ve hacmi:.....litre	Çift Serpantinli Tek Serpantinli						YOK
Kullanılan Yakıt:	Fuel Oil / Doğal Gaz / LPG / Motorin / Elektrik						Doğal Gaz

Isıtma Desteği				
	Minimum dış hava sıcaklığı :.....°C			-3 °C
	Isı ihtiyacı:.....kW			6 kW
	Kazan gidiş suyu sıcaklığı :.....°C			45 °C
	Kazan dönüş suyu sıcaklığı :.....°C			30 °C
	Yaz-Kış konumu ayar sıcaklığı :.....°C			15 °C
	Yaz ayları maksimum yük :..... kW			YOK
Havuz Suyu Isıtması				
	Özel havuz	Halka açık havuz		Özel havuz
Çalışma Süresi	.....'- ..... arası			Mayıs - Eylül
Havuz Tipi	Kapalı / Açık / Açık (üstü kapanabilir)			Kapalı
	Fayans rengi:.....			Mavi
Boyutlar	Uzunluk :.....m x	Genişlik :.....m x	Derinlik :.....m	**Lütfen değer giriniz**
	İstenen havuz suyu sıcaklığı : ..... °C			24 °C
Bir eşanjör üzerinden kazan takviyesi var mı?	EVET HAYIR			EVET
Eşanjör Gücü:.....kW	Eşanjör Debisi :.....m^3/h			**Lütfen değer giriniz**



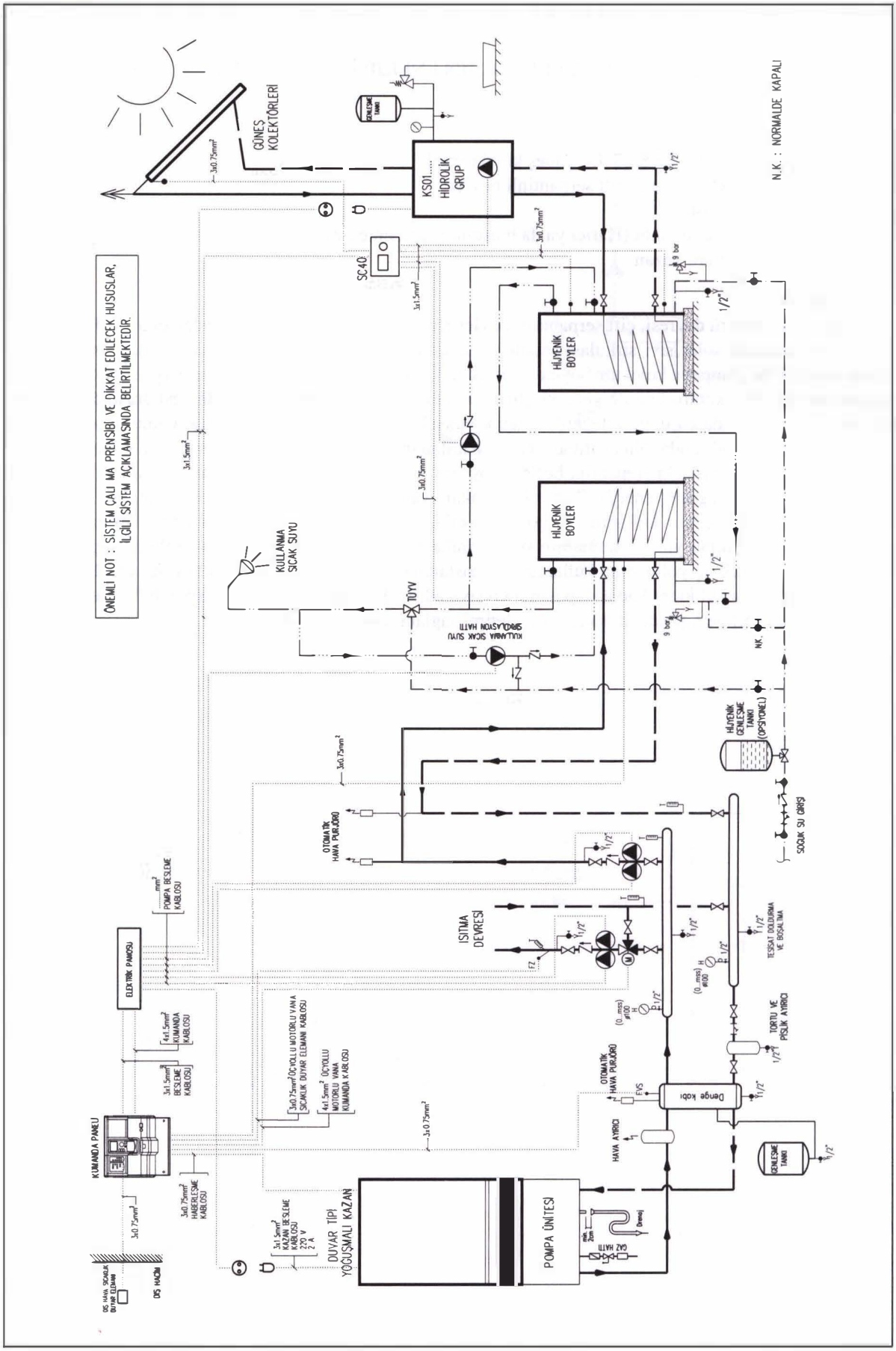
Şekil 2.303. ÇİFT SERPANTİNLİ BOYLERLİ GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİ İLE KULLANIM SUYU ISITMASI

2.10. ÖRNEK TESİSAT ŞEMALARI

Şekil 2.303. ÇİFT SERPANTİNLİ BOYLERLİ GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİ İLE KULLANIM SUYU ISITMASI

Sistem:
Logasol SKE 2.0, SKN 3.0 veya SKS 4.0 güneş kolektörleri
Logalux SM.. duoCLEAN hijyenik çift serpantinli boyler
Logasol KS01.. hidrolik grup
Logamatic SC20 kumanda modülü (Harici ya da hidrolik gruba entegre)
GB112 duvar tipi yoğuşmalı kazan

Çalışma prensibi:
Sistemde güneş kolektörü devresi, çift serpantinli boylerin alt kısmındaki serpantini beslemektedir. Bu serpantin ve kolektörler arasında solar sıvı sirkülasyonunu sağlayan pompa, hidrolik grup içinde yer almaktadır. SC20 kumanda modülü bu pompaya kolektör-boyler sıcaklık farkına göre kumanda verir. Güneş ışınım şiddetine göre pompanın oransal debi kontrolünü de gerçekleştirir. Bu kontrol, boyler ile kolektör devresi arasındaki sıcaklık farkını her çalışma anında en uygun değerde tutarak yüksek verimle ısı transferi sağlar. Güneş ışınımı boyleri ısıtmak için yeterli olmadığında, bina ısıtması için kullanılan duvar tipi yoğuşmalı kazan bir üç yollu vana kullanımı ile boylerin üst kısmındaki serpantini besler. Böylece boylerin üst hacmi kazan tarafından ısıtılır. Boylerin alt tarafı ısıtılmadığı için, güneş enerjisi ile ısıtılma imkanı vardır. Sıcak su konforu yüksek tutulur. Boyler çıkışında termostatik üç yollu vana kullanımı ile boyler su çıkış sıcaklığı 45-60°C arasında ayarlanabilir. Bu sayede boyler depolama sıcaklıkları yüksek tutulabilir ve haşlanma riski termostatik üç yollu vana ile en düşük seviyeye indirilebilir. Termostatik üç yollu vana kullanımı ile haşlanma riski azaltılsa da, daha büyük depo hacimleri ve risk oluşturmayacak sıcaklıklara kadar depolama tavsiye edilir. Kullanım suyu sirkülasyon hattı mevcut ise, bu hatlar çok iyi izole edilmeli, pompanın kesintili işletimi sağlanmalıdır.

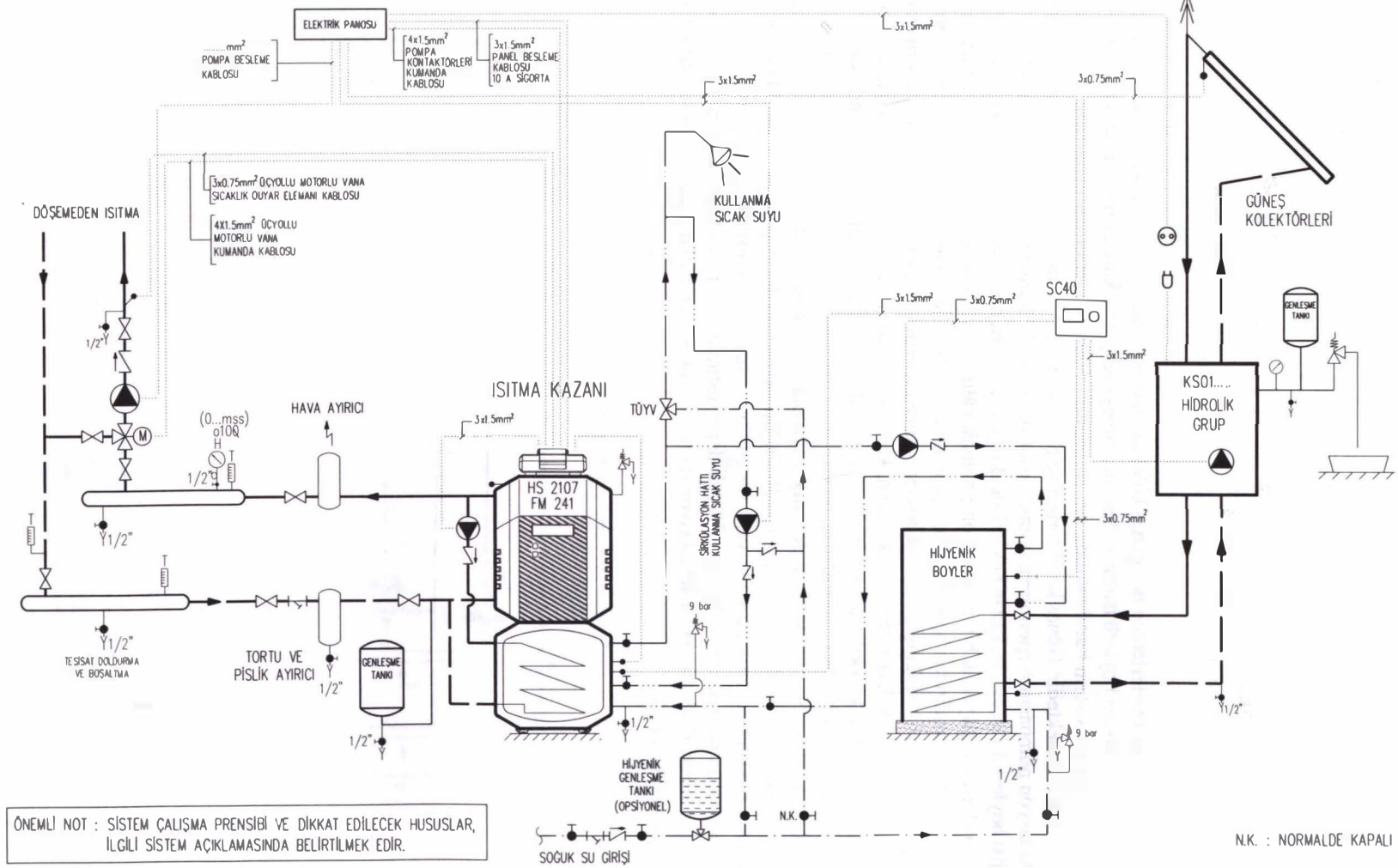


Şekil 2.304. TEK SERPANTİNLİ İKİ BOYLER İLE GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ KULLANIM SUYU ISITMASI

Şekil 2.304. TEK SERPANTİNLİ İKİ BOYLER İLE GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ KULLANIM SUYU ISITMASI

Sistem:
Logasol SKE 2.0, SKN 3.0 veya SKS 4.0 güneş kolektörleri
Logalux SU.. duoCLEAN hijyenik boylerler
Logasol KS01.. hidrolik grup
Logamatic SC40 kumanda modülü
GB162 duvar tipi yoğuşmalı kazan

Çalışma prensibi:
SU.. duoCLEAN hijyenik boylerlerden biri güneş kolektör devresi tarafından, diğeri kazan tarafından beslenmektedir. Bu tip sistemler, mevcut boylerli ısıtma sistemine, güneş enerjisi ile kullanım suyu ısıtma desteği sağlanacak durumlarda veya yeni bir sistem kurulumunda çift serpantinli 500 l boylerlerden daha yüksek depolama hacmi gerektiğinde tercih edilmektedir. Güneş kolektörleri ve SU.. duoCLEAN hijyenik boyler arasındaki hidrolik grup içindeki sirkülasyon pompasının işletimi ve oransal kontrolünü SC40 kumanda modülü yapmaktadır.
Güneş enerjisi boylerinin sıcaklığı, kazan boyleri sıcaklığından belirlenen değer kadar yüksek olduğunda, boylerler arası su transferini sağlayacak bir sirkülasyon pompası çalıştırılır. Bu sıcaklık farkına göre transfer pompası, SC40 kumanda modülü tarafından aç-kapa mantığı ile kontrol edilir. Bu sayede her iki boyleri de güneş enerjisi ile ısıtmak ve ışınım yeterli olduğunda kazanın boyler ısıtması için devreye girmesini engellemek mümkün olabilir. Güneş enerjisi boylerinde hazırlanan sıcak suyun, kazan boylerine aktarılması ile güneş enerjisi boyleri ortalama sıcaklığı düştüğünden, kolektör devresi bu boylerin ısıtılması için daha uzun süre devrede kalır ve güneşten alınabilecek fayda artar. İki boylerli sistemlerde, şebeke suyu bağlantısı güneş enerjisi boylerine yapılmalıdır.
Boyler çıkışında çekilebilecek en yüksek su debisine bağlı olarak, uygun termostatik üç yollu vana kullanımı ile boyler su çıkış sıcaklığı 45-60°C arasında ayarlanabilir. Bu sayede boyler depolama sıcaklıkları yüksek tutulabilir ve haşlanma riski termostatik üç yollu vana ile en düşük seviyeye indirilebilir. Termostatik üç yollu vana kullanımı ile haşlanma riski azaltılsa da, daha büyük depo hacimleri ve risk oluşturmayacak sıcaklıklara kadar depolama tavsiye edilir. Kullanım suyu sirkülasyon hattı mevcut ise, bu hatlar çok iyi izole edilmeli, pompanın kesintili işletimi sağlanmalıdır.

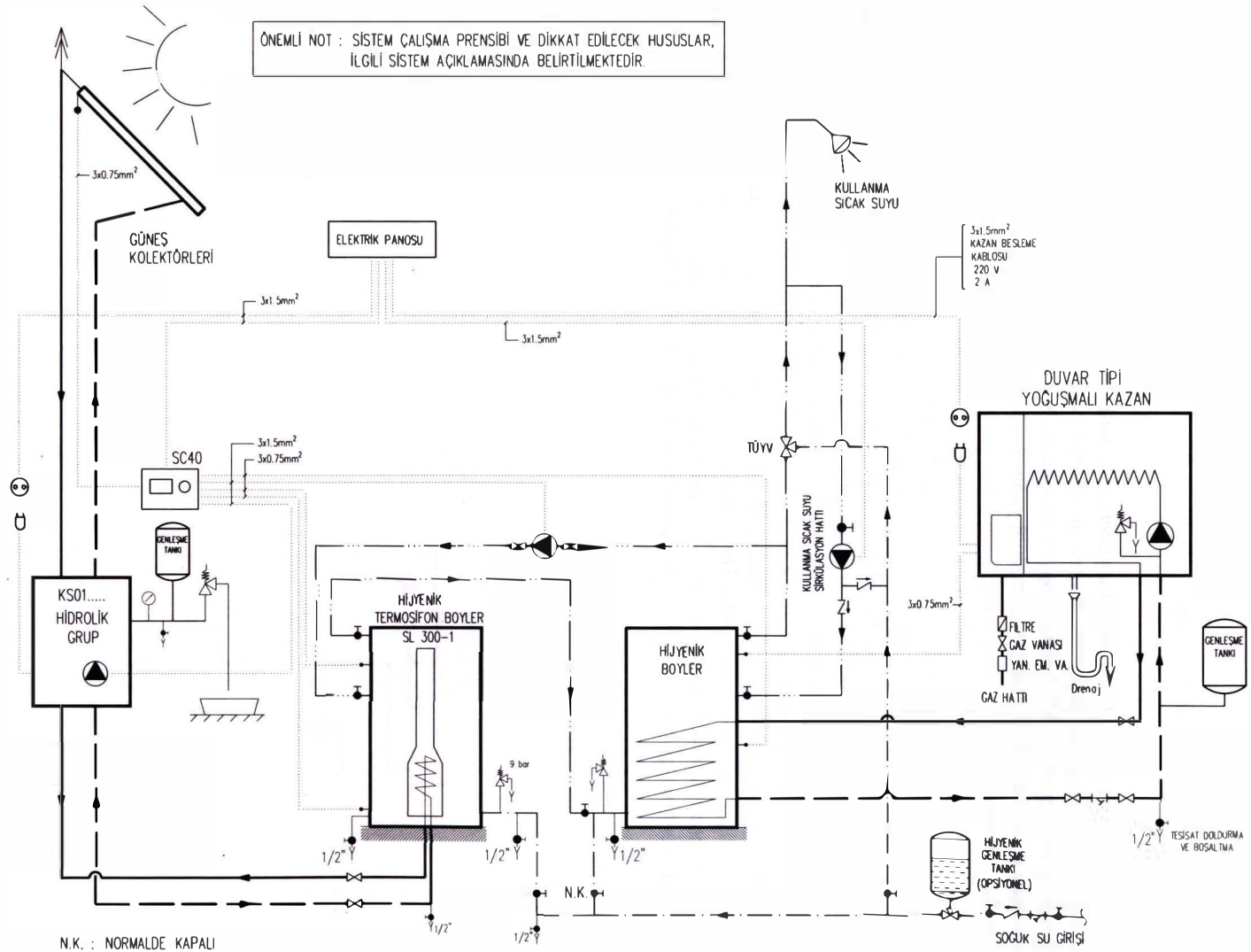


Şekil 2.305. YER TİPİ ENTEGRE BOYLERLİ KAZAN VE TEK SERPANTİNLİ BOYLERLİ GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİ İLE KULLANIM SUYU ISITMASI

Şekil 2.305. YER TİPİ ENTEGRE BOYLERLİ KAZAN VE TEK SERPANTİNLİ BOYLERLİ GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİ İLE KULLANIM SUYU ISITMASI

Sistem:
Logasol SKE 2.0, SKN 3.0 veya SKS 4.0 güneş kolektörleri
Logalux SU.. duoCLEAN hijyenik boyler
Logasol KS01.. hidrolik grup
Logamatic SC40 kumanda modülü
Entegre boylerli yer tipi düşük sıcaklık kazanı

Çalışma prensibi:
Bu tip sistemler mevcut bir ısıtma sistemine güneş enerjisi ile kullanım suyu ısıtması desteği eklendiği durumda kullanılmaktadır. SU boyler güneş kolektörü devresi ile, entegre boyler ise kazan tarafından beslenmektedir. Güneş kolektörleri ve SU.. duoCLEAN hijyenik boyler arasındaki hidrolik grup içindeki sirkülasyon pompasının işletimi ve oransal kontrolünü SC40 kumanda modülü yapmaktadır.
Güneş enerjisi boylerinin sıcaklığı, kazana entegre boyler sıcaklığından belirlenen değer kadar yüksek olduğunda, boylerler arası su transferini sağlayacak bir sirkülasyon pompası çalıştırılır. Bu sıcaklık farkına göre transfer pompası, SC40 kumanda modülü tarafından aç-kapa mantığı ile kontrol edilir. Bu sayede her iki boyleri de güneş enerjisi ile ısıtmak ve ışınım yeterli olduğunda kazanın entegre boyler ısıtması için devreye girmesini engellemek mümkün olabilir. Güneş enerjisi boylerinde hazırlanan sıcak suyun, kazan entegre boylerine aktarılması ile güneş enerjisi boyleri ortalama sıcaklığı düştüğünden, kolektör devresi bu boylerin ısıtılması için daha uzun süre devrede kalır ve güneşten alınabilecek fayda artar. İki boylerli sistemlerde, şebeke suyu bağlantısı güneş enerjisi boylerine yapılmalıdır. Entegre boyler çıkışında termostatik üç yollu vana kullanımı ile boyler su çıkış sıcaklığı 45-60°C arasında ayarlanabilir. Bu sayede boyler depolama sıcaklıkları yüksek tutulabilir ve haşlanma riski termostatik üç yollu vana ile en düşük seviyeye indirilebilir. Termostatik üç yollu vana kullanımı ile haşlanma riski azaltılsa da, daha büyük depo hacimleri ve risk oluşturmayacak sıcaklıklara kadar depolama tavsiye edilir. Kullanım suyu sirkülasyon hattı mevcut ise, bu hatlar çok iyi izole edilmeli, pompanın kesintili işletimi sağlanmalıdır.

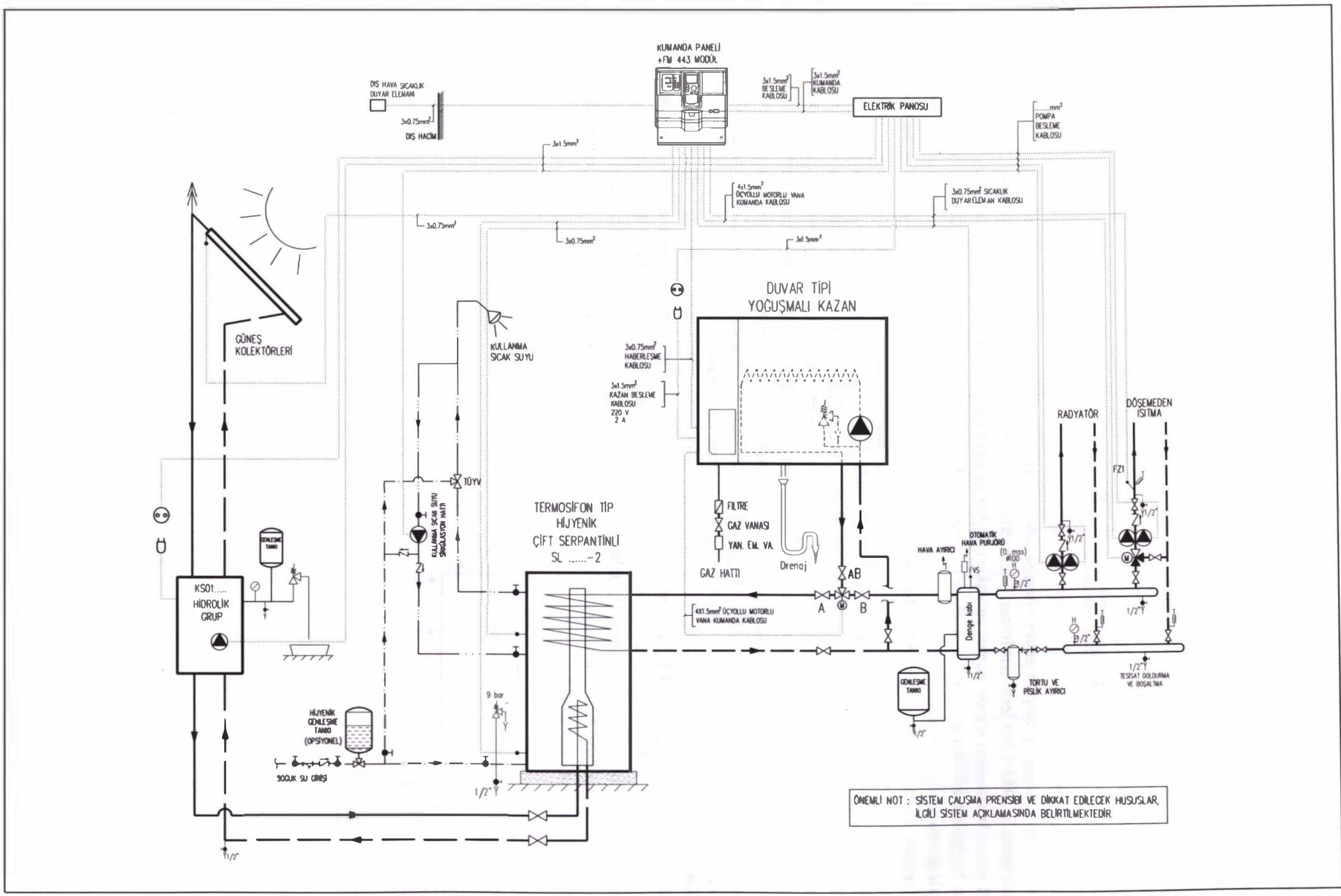


Şekil 2.306. TERMOSİFON TİP TEK SERPANTİNLİ GÜNEŞ ENERJİSİ BOYLERİ VE TEK SERPANTİNLİ KAZAN BOYLERİ İLE KULLANIM SUYU ISITMASI

Şekil 2.306. TERMOSİFON TİP TEK SERPANTİNLİ GÜNEŞ ENERJİSİ BOYLERİ VE TEK SERPANTİNLİ KAZAN BOYLERİ İLE KULLANIM SUYU ISITMASI

Sistem:
Logasol SKE 2.0, SKN 3.0 veya SKS 4.0 güneş kolektörleri
Logalux SL300-1 duoCLEAN hijyenik termosifon tip tek serpantinli boyler
Logalux SU.. duoCLEAN hijyenik boyler
Logasol KS01.. hidrolik grup
Logamatic SC40 kumanda modülü
GB112 duvar tipi yoğuşmalı kazan

Çalışma prensibi:
SL300-1 termosifon tip boyler güneş enerjisi devresi, SU.. duoCLEAN hijyenik boyler ise kazan tarafından ısıtılmaktadır. SL300-1 boylerin ısıtılması, özel iletim borusu içindeki güneş enerjisi serpantini ile sağlanmaktadır. Özel iletim borusunun içinde ısınan ve yukarı doğru hareket eden su, boyler içinde yukarıdan aşağı doğru depolanır. Yoğunluk farkına göre açılan silikon klapeler özel iletim borusu içinde ve dışında aynı sıcaklık seviyesine ulaşıldığında açılır. Böylece güneş ışınımına ve pompa debisine bağlı olarak sıcaklığı değişen özel iletim borusu içerisindeki kullanım suyu, sadece kendisi ile aynı sıcaklıktaki boyler katmanı ile karışır. Sıcak su tüketimine ve ışınıma bağlı gerçekleşen optimizasyon, boylerde farklı sıcaklık katmanları oluşumu ve bu katmanların gerektiğinde korunumu ile sağlanmış olur. Boylerler arasında SC40 kumanda modülünden aç-kapa komutu alan bir sirkülasyon pompası mevcuttur. Bu sıcaklık farkına göre, transfer pompası SC40 kumanda modülü tarafından aç-kapa mantığı ile kontrol edilir. Bu sayede her iki boyleri de güneş enerjisi ile ısıtmak ve ışınım yeterli olduğunda kazanın boyler ısıtması için devreye girmesini engellemek mümkün olabilir. Güneş enerjisi boylerinde hazırlanan sıcak suyun, kazan boylerine aktarılması ile güneş enerjisi boyleri ortalama sıcaklığı düştüğünden, kolektör devresi bu boylerin ısıtılması için daha uzun süre devrede kalır ve güneşten alınabilecek fayda artar. İki boylerli sistemlerde, şebeke suyu bağlantısı güneş enerjisi boylerine yapılmalıdır.
Boyler çıkışında çekilebilecek en yüksek su debisine bağlı olarak uygun termostatik üç yollu vana kullanımı ile boyler su çıkış sıcaklığı 45-60°C arasında ayarlanabilir. Bu sayede boyler depolama sıcaklıkları yüksek tutulabilir ve haşlanma riski termostatik üç yollu vana ile en düşük seviyeye indirilebilir. Termostatik üç yollu vana kullanımı ile haşlanma riski azaltılsa da, daha büyük depo hacimleri ve risk oluşturmayacak sıcaklıklara kadar depolama tavsiye edilir. Kullanım suyu sirkülasyon hattı mevcut ise, bu hatlar çok iyi izole edilmeli, pompanın kesintili işletimi sağlanmalıdır.

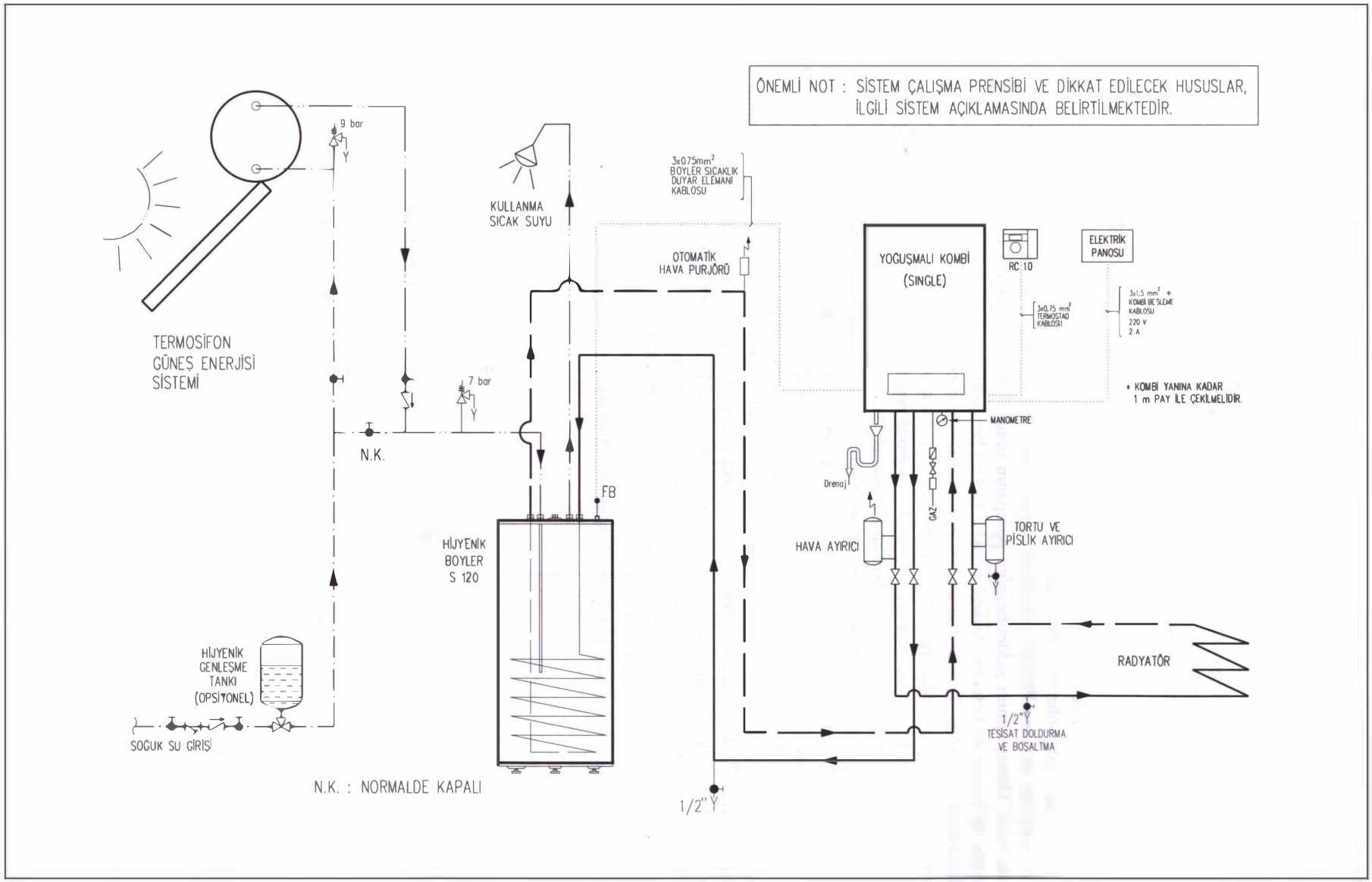


Şekil 2.307. TERMOSİFON TİP ÇİFT SERPANTİNLİ BOYLERLİ GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİ İLE KULLANIM SUYU ISITMASI

Şekil 2.307. TERMOSİFON TİP ÇİFT SERPANTİNLİ BOYLERLİ GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİ İLE KULLANIM SUYU ISITMASI

Sistem:
Logasol SKE 2.0, SKN 3.0 veya SKS 4.0 güneş kolektörleri
Logalux SL..-2 duoCLEAN hijyenik termosifon tip çift serpantinli boyler
Logasol KS01.. hidrolik grup
Logamatic FM443 solar fonksiyon modülü
GB112 duvar tipi yoğuşmalı kazan (Logamatic 4121 kumanda panelli)

Çalışma prensibi:
Sistemde güneş kolektörü devresi çift serpantinli boylerin alt kısmındaki serpantini beslemektedir. Bu serpantin ve kolektörler arasında solar sıvı sirkülasyonunu sağlayan pompa, hidrolik grup içinde yer almaktadır. Kazan kumanda paneline eklenen FM443 solar fonksiyon modülü bu pompaya kolektör-boyler sıcaklık farkına göre kumanda verir. Güneş ışınım şiddetine göre pompanın oransal debi kontrolünü de gerçekleştirir. Bu kontrol, termosifon tip boyler ile kolektör devresi sıcaklık farkını her çalışma anında en uygun değerde tutarak yüksek verimle ısı transferi sağlar. Termosifon tip boylerin özel iletim borusunun içinde ısınan ve yukarı doğu hareket eden su, boyler içinde yukarıdan aşağı doğru depolanır. Yoğunluk farkına göre açılan silikon klapeler, özel iletim borusu içinde ve dışında aynı sıcaklık seviyesine ulaşıldığında açılır. Böylece güneş ışınımına ve pompa debisine bağlı olarak sıcaklığı değişen özel iletim borusu içerisindeki kullanım suyu, sadece kendisi ile aynı sıcaklıktaki boyler katmanı ile karışır. Sıcak su tüketimine ve ışınıma bağlı gerçekleşen optimizasyon, boylerde farklı sıcaklık katmanları oluşumu ve bu katmanların gerektiğinde korunumu ile sağlanmış olur. Güneş ışınımı boyleri ısıtmak için yeterli olmadığında, bina ısıtması için kullanılan duvar tipi yoğuşmalı kazan bir üç yollu vana kullanımı ile boylerin üst kısmındaki serpantini besler. Böylece boylerin üst hacmi, kazan tarafından ısıtılır. Sıcak su konforu yüksek tutulur. *Şekil 2.303* ile karşılaştırıldığında bu sistem, güneş enerjisi ile daha hızlı kullanılabilir sıcaklıkta su üretir ve özellikle sabah, kazanın devreye girme olasılığını azaltarak, ekonomik bir çalışma sağlar. Boyler çıkışında termostatik üç yollu vana kullanımı ile boyler su çıkış sıcaklığı 45-60°C arasında ayarlanabilir. Bu sayede boyler depolama sıcaklıkları yüksek tutulabilir ve haşlanma riski termostatik üç yollu vana ile en düşük seviyeye indirilebilir. Termostatik üç yollu vana kullanımı ile haşlanma riski azaltılsa da, daha büyük depo hacimleri ve risk oluşturmayacak sıcaklıklara kadar depolama tavsiye edilir. Kullanım suyu sirkülasyon hattı mevcut ise, bu hatlar çok iyi izole edilmeli, pompanın kesintili işletimi sağlanmalıdır.

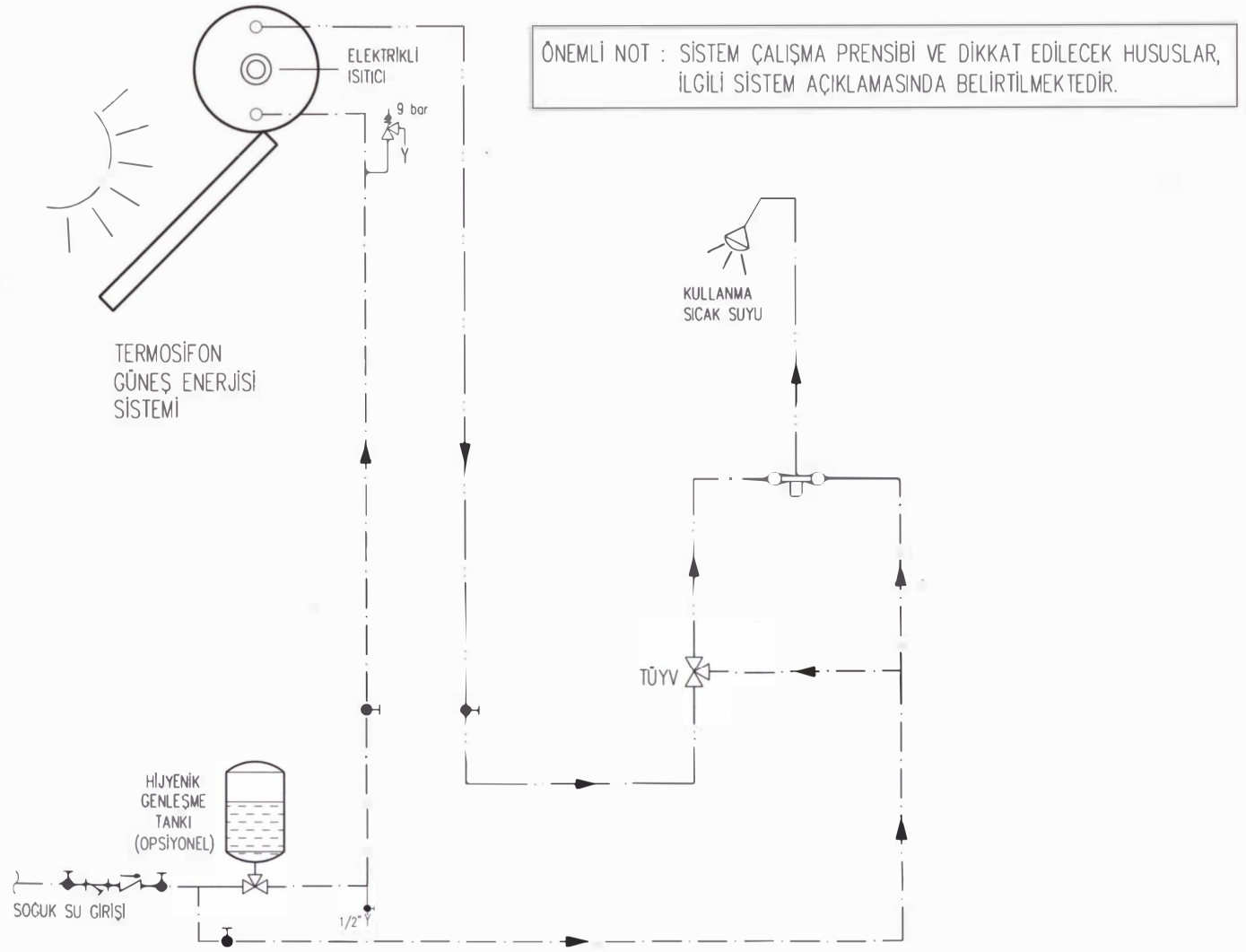


Şekil 2.308. MEVCUT KAZAN VE TEK SERPANTİNLİ BOYLERLİ SİSTEME TERMOSİFON GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİ EKLENMESİ İLE KULLANIM SUYU ISITMASI

Şekil 2.308. MEVCUT KAZAN VE TEK SERPANTİNLİ BOYLERLİ SİSTEME TERMOSİFON GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİ EKLENMESİ İLE KULLANIM SUYU ISITMASI

Sistem:
Termosifon güneş enerjisi sistemi
Logalux S120 tek serpantinli boyler
GB022 single duvar tipi yoğuşmalı kombi

Çalışma prensibi:
TSS.. termosifon güneş enerjisi sisteminde, güneş kolektörlerinde ısınan solar sıvı, doğal dolaşımla gömlekli boylerin dış hacminde hareket ederek, iç hacimdeki kullanım suyunu ısıtır. TSS sistemin boyler sıcak su çıkışı S120 boylerin soğuk su girişine bağlıdır. Yani kombiden beslenen boylerin şebeke suyu girişi, TSS sistemin boylerinden gelmektedir. Sıcak su kullanımı olduğunda, hidrofor veya şebeke basıncıyla termosifon sistem boylerinden, S120 boylere sıcak su aktarımı, gerçekleşir. TSS sistemin kolektör devresi ve kullanım suyu devresi kapalı ve basınçlı devrelerdir. Kolektör devresinin kapalı ve basınçlı olması, sistemden su kaybının minimum olmasını ve sistemin uzun ömürlü olmasını sağlar. Kullanım suyunun kapalı devrede ısıtılması, suyun dış hava teması olmadan hijyenik şartlarda ve şebeke basıncında hazırlanması anlamına gelmektedir. Güneş enerjisi sisteminin montaj yüksekliği ne olursa olsun, sıcak ve soğuk kullanım suyu devreleri, kullanımda konforu etkilemeyecek kadar az basınç farkı ile çalışırlar.
Kazanın S120 boyler ısıtması için çalışması, güneş ışınımının yeterli olduğu durumlarda önlenmiş olur ya da TSS sistemde ön ısıtılmış suyun istenen sıcaklığa getirilmesi için kazanın daha az devreye girmesi sağlanır. Bu tip sistemlerde termosifon güneş enerjisi sistemi ile kazan boyleri arasındaki sıcak kullanım suyu hattı mutlaka ısı kayıplarına karşı izole edilmelidir.

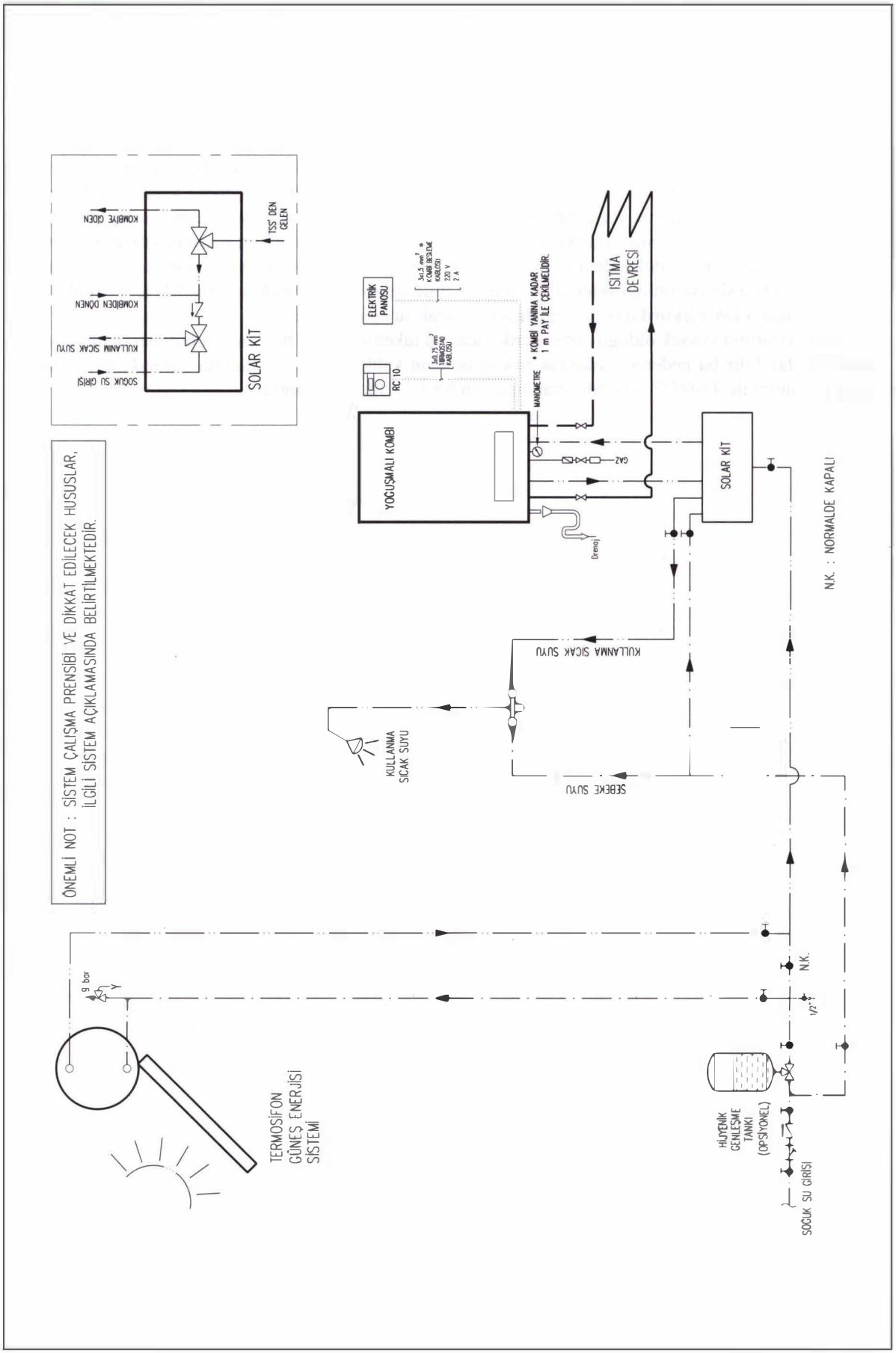


Şekil 2.309. TSS..TERMOSİFON GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİ İLE KULLANIM SUYU ISITMASI

Şekil 2.309. TSS..TERMOSİFON GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİ İLE KULLANIM SUYU ISITMASI

Sistem:
Termosifon güneş enerjisi sistemi

Çalışma prensibi:
TSS.. termosifon güneş enerjisi sistemleri, herhangi bir sirkülasyon pompası veya kumanda paneli gerektirmeksizin, tamamıyla doğal akış prensibi ile çalışmaktadır. Boylerin soğuk su girişine şebeke suyu bağlıdır, sıcak su çıkışı ise kullanım hattına bağlanır. Kullanım suyu boylerin iç kısmındaki hacimde bulunur ve dış cidarda dolaşan sıcak solar sıvı ile ısıtılır. Işınım etkisiyle kolektör içerisinde bulunan solar sıvı ısınarak yükselir ve boylerin dış cidarına ilerler. Bu cidarda dolaşırken ısısını kullanım suyuna aktaran solar sıvı, tekrar aşağıya doğru kendi ağırlığı ile çöker. Güneşin ışınımının yetersiz olduğu dönemlerde kolektörde ısınma olmadığı için sirkülasyon da durur. Gerektiğinde 3 kW elektirikli ısıtıcı çalıştırılarak sıcak su elde edilebilir.
Güneş ışınım miktarının yüksek olduğu dönemlerde sıcak su tüketimi yoksa boylerde depolama sıcaklıkları yüksek değerlere ulaşabilir bu nedenle haşlanma riskini ortadan kaldırmak için kullanım hattında termostatik üç yollu vana kullanımı ile 45-60°C arasında ayarlanabilen bir sıcaklık sağlanabilir.

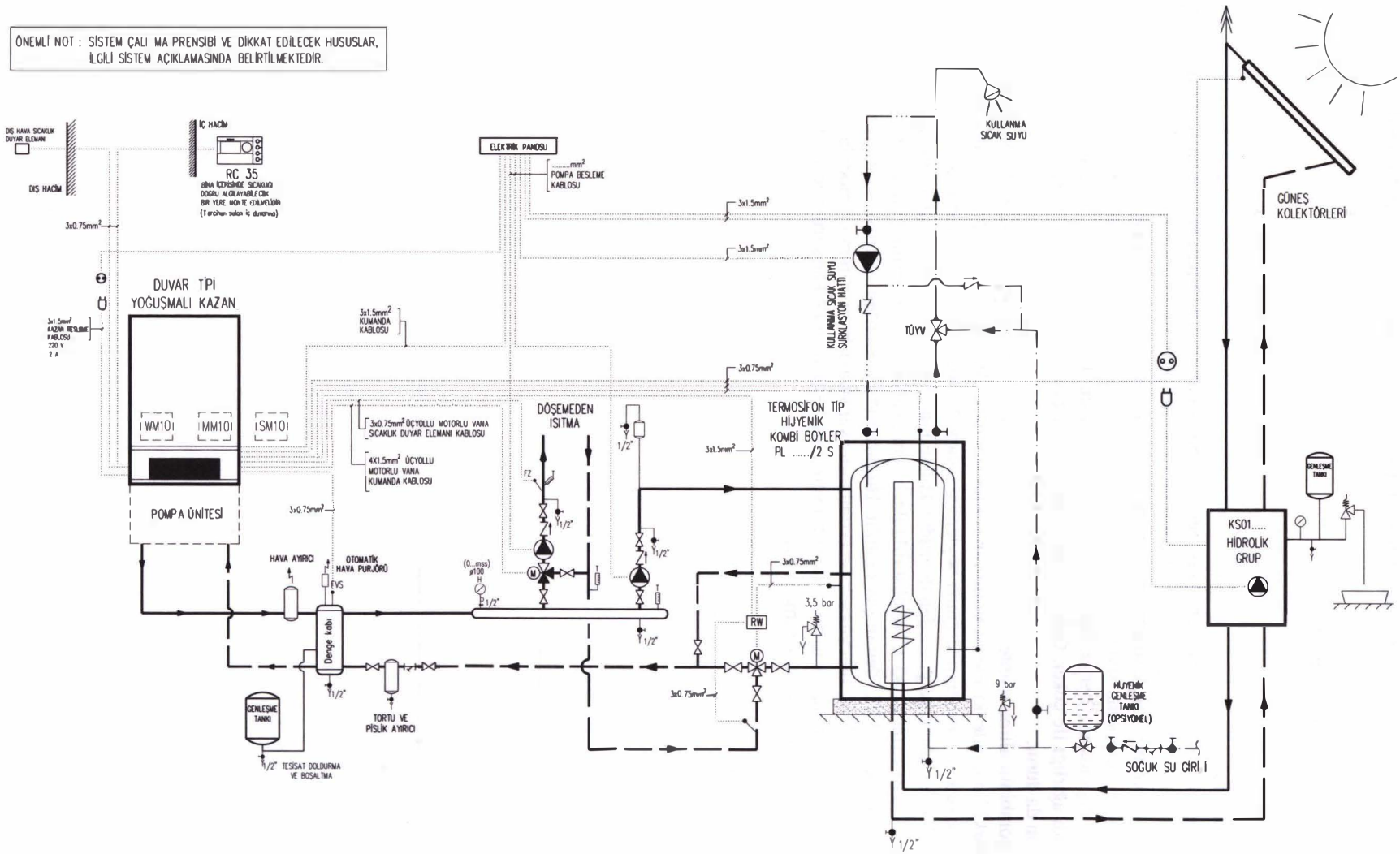


Şekil 2.3.10. TERMOSİFON GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİ VE KOMBİ İLE KULLANIM SUYU ISITMASI

Şekil 2.310. TERMOSİFON GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİ VE KOMBİ İLE KULLANIM SUYU ISITMASI

Sistem:
Termosifon güneş enerjisi sistemi
GB022 Kombi
Solarkit

Çalışma prensibi:
TSS.. termosifon güneş enerjisi sistemleri, herhangi bir sirkülasyon pompası veya kumanda paneli gerektirmeksizin, tamamıyla doğal akış prensibi ile çalışmaktadır. Boylerin soğuk su girişine şebeke suyu bağlıdır, sıcak su çıkışı ise solarkitin soğuk su girişine bağlanır. Kullanım suyu boylerin iç kısmındaki hacimde bulunur ve dış cidarda dolaşan sıcak solar sıvı ile ısıtılır. Işınım etkisiyle kolektör içerisinde bulunan solar sıvı ısınarak yükselir ve boylerin dış cidarına ilerler. Bu cidarda dolaşırken ısısını kullanım suyuna aktaran solar sıvı tekrar aşağıya doğru kendi ağırlığı ile çöker. Güneşin ışınımının yetersiz olduğu dönemlerde kolektörde ısınma olmadığı için sirkülasyon da durur.
Solarkit kombinin altına monte edilmiştir. Güneş enerjisi sisteminin boylerinden çıkan sıcak su önce solarkit'e girer. Solarkit'in içinde iki adet üç yollu vana bulunmaktadır. Bunlardan biri dağıtıcı bir de karıştırıcı olarak görev yapar. Sıcak su kullanımı başladığında boylerden solarkit'e doğru su sirkülasyonu da başlar. Boylerden gelen su sıcaklığı 45°C ise kombiye girmeden doğrudan kullanıma yönlendirilir, 45°C'nin üzerinde ise solarkit içinde şebeke suyu ile karıştırılarak 45°C'ye düşürüldükten sonra kullanıma gönderilir. Güneş ışınımı yetersiz olduğunda, boylerde su sıcaklığı 45°C'den düşük olabilir. Bu durumda boylerden gelen su, kombiye girerek ısınır, kombi çıkışında su sıcaklığı 45°C'den yüksek ise (kombinin ayar sıcaklığı ve minimum modülasyon kapasitesine bağlıdır), solarkit içinde bulunan karıştırıcı üç yollu vanada şebeke suyu ile karıştırılır ve sıcaklığın 45°C'ye düşmesi sağlanır, daha sonra kullanım hattına gönderilir.

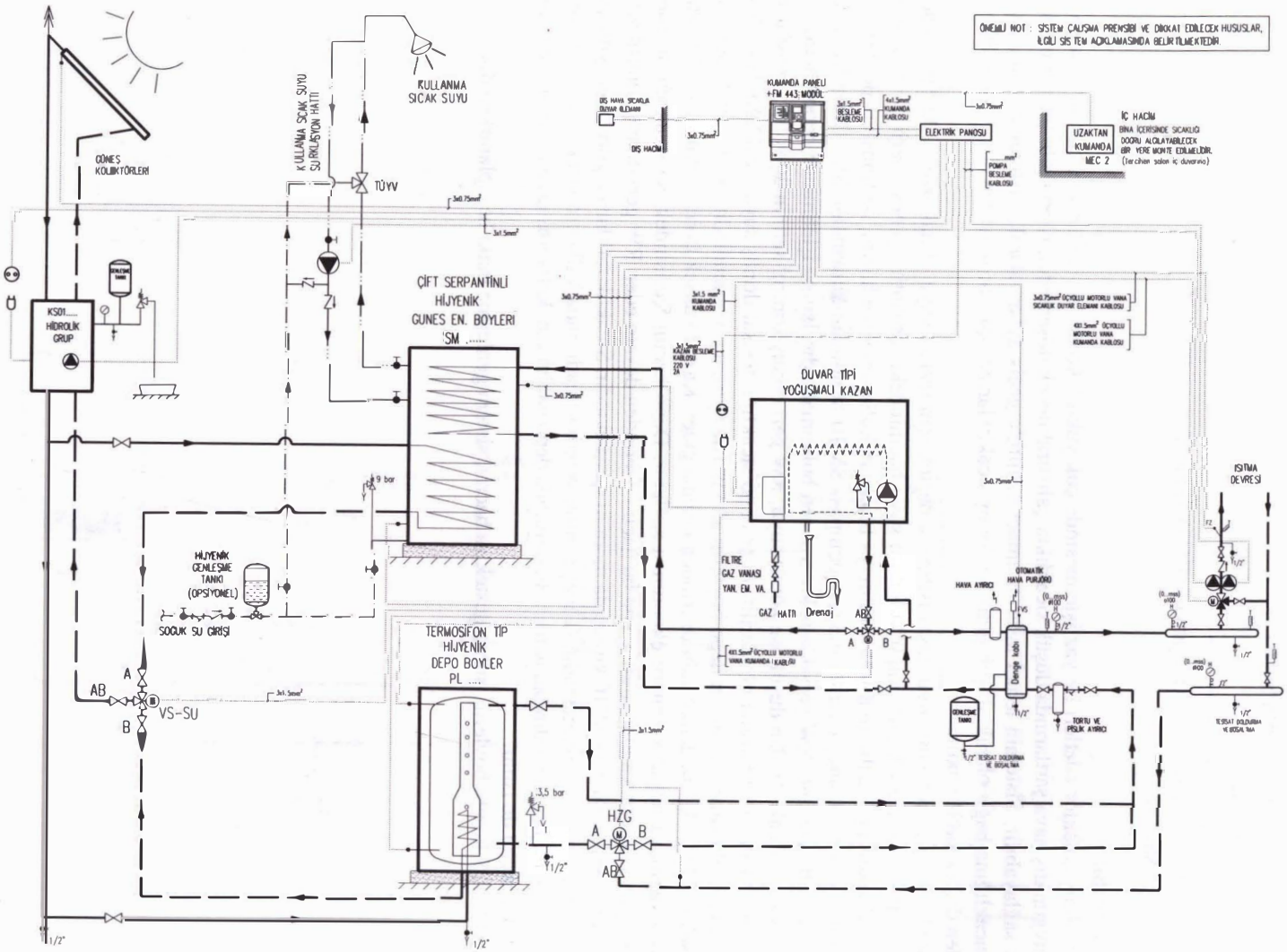


Şekil 2.311. TERMOSİFON KOMBİ BOYLERLİ GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİ İLE KULLANIM SUYU ISITMASI VE ISITMAYA DESTEK

Şekil 2.311. TERMOSİFON KOMBİ BOYLERLİ GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİ İLE KULLANIM SUYU ISITMASI VE ISITMAYA DESTEK

Sistem:
Logasol SKE 2.0, SKN 3.0 veya SKS 4.0 güneş kolektörleri
Logalux PL../2S termosifon kombi boyler
Logasol KS01.. hidrolik grup
Logamatic SM10 solar modül
GB162 duvar tipi yoğuşmalı kazan (Logamatic RC35 kumanda panelli)
RW geri dönüş kontrol seti

Çalışma prensibi:
Sistem artırılmış kolektör adetleri ile yaz işletmesinde çok yüksek konfor ile kullanım sıcak suyu sağlamasının yanında, uygun dış hava şartlarında düşük sıcaklıkta çalıştırabilecek döşemeden ısıtma gibi bir ısıtma devresine de destek sağlayabilir. Sistemin temel tasarım amacı özellikle geçiş ayları olarak düşünülen, bahar aylarında, dış hava sıcaklığına bağlı olarak, düşük gidiş ve dönüş sıcaklıklarında çalışacak ısıtma devresine güneş enerjisi sisteminden destek sağlamaktır.
PL../2S boylerin, içte kullanım suyu, dışta ısıtmaya destek için tesisat suyu olmak üzere, iki farklı hacmi bulunmaktadır. Boylerin duoCLEAN kaplı kullanım suyu hacmindeki serpantin, güneş enerji devresi ile beslenmektedir. Termosifon prensibi ile üstten ısıtılmaya başlanan kullanım suyu hacmi, ısı transferi ile dışta bulunan depo hacmini de ısıtır. Güneş enerjisi devresi pompası SM10 tarafından kumanda edilir. Depo hacmin ısıtma tesisatı dönüş hattı üzerinde RW geri dönüş kontrol seti bulunmaktadır. Isıtma işletiminde depo hacim sıcaklığı, tesisat dönüş suyu sıcaklığından düşük ise dönüş suyu, RW geri dönüş kontrol setinin üç yollu vanası üzerinden doğrudan denge kabına ve kazana gönderilir. Eğer depo sıcaklığı, tesisat dönüş suyu sıcaklığından yüksek ise, tesisat suyu üç yollu vana tarafından depo boylerin alt taraftaki girişine yönlendirilir, bu durumda depo içindeki daha yüksek sıcaklıktaki su, denge kabı üzerinden kazana gider. Kazan yüksek dönüş suyu sıcaklığından dolayı modülasyon yapmaya başlar ve enerji ekonomisi sağlanır. Depo hacim içerisindeki su sıcaklığı, tesisat dönüş suyu sıcaklığına yaklaşana kadar sirkülasyon bu hacim üzerinden devam eder. RW geri dönüş kontrol seti bir üç yollu vana, duyar elemanlar ve SC10 kumanda modülü içermektedir. Sıcaklık farklarına göre bu üç yollu vananın kontrolü SC10 tarafından yapılmaktadır. Güneş ışınımı yeterli olmadığında kullanım sıcak suyu hazırlamak için önce üst depo hacmi kazan tarafından ısıtılır. Bu durumda depo hacimden, kullanım suyu hacmine ısı transferi ile kullanım suyu hacmi de ısınır.
Kullanılan PL../2S kombi boylerin ısıtma destek su hacmi, sistem genleşme tankı hesaplanırken dikkate alınmalıdır.

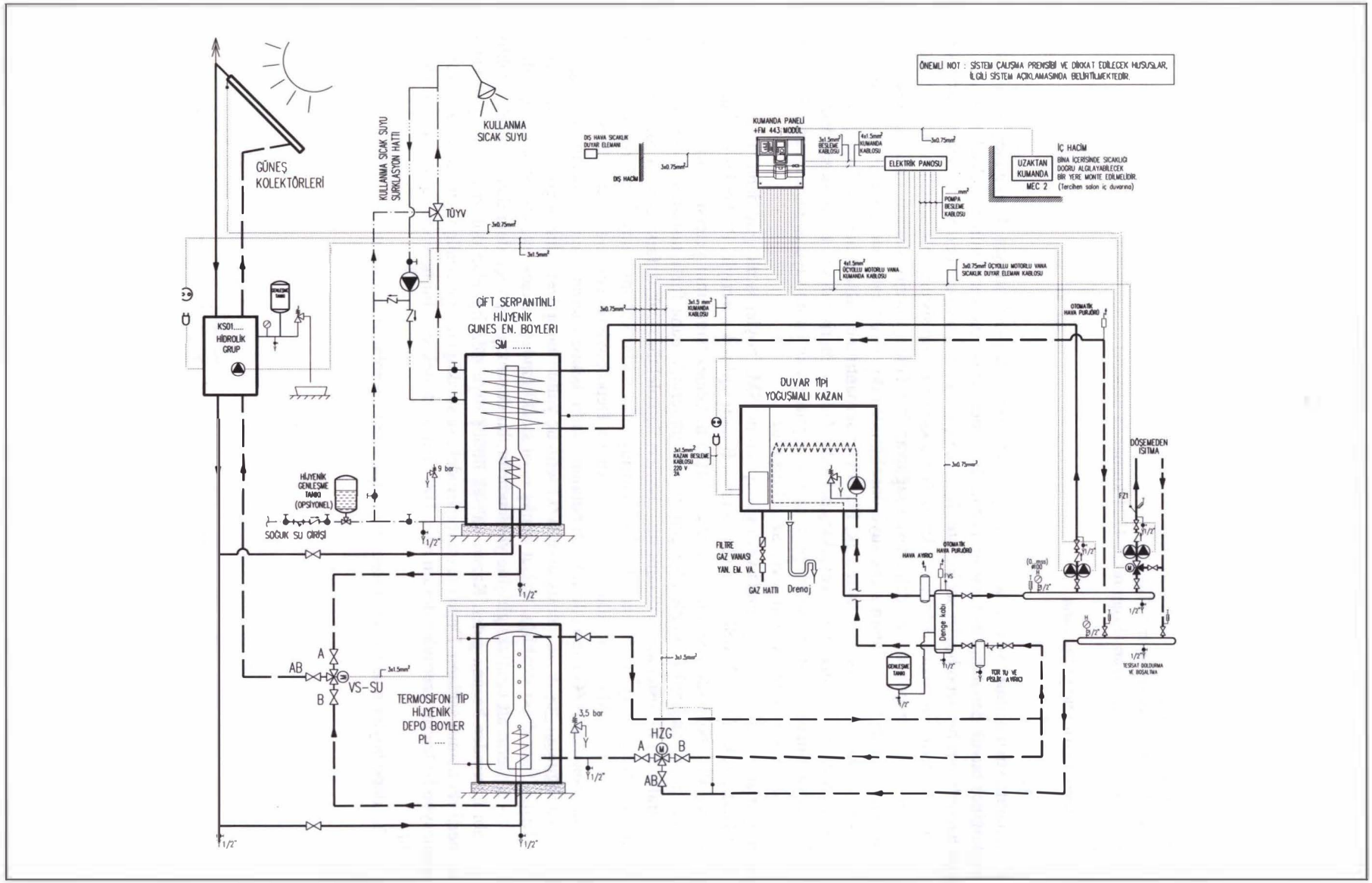


Şekil 2.312. ÇİFT SERPANTİNLİ BOYLER VE DEPO BOYLERLİ GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİ İLE KULLANIM SUYU ISITMASI VE ISITMAYA DESTEK

Şekil 2.312. ÇİFT SERPANTİNLİ BOYLER VE DEPO BOYLERLİ GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİ İLE KULLANIM SUYU ISITMASI VE ISITMAYA DESTEK

Sistem:
Logasol SKE 2.0, SKN 3.0 veya SKS 4.0 güneş kolektörleri
Logalux SM.. duoCLEAN hijyenik termosifon tip çift serpantinli boyler
Logalux PL.. termosifon tip depo boyler
Logasol KS01.. hidrolik grup
Logamatic FM443 solar fonksiyon modülü
GB112 duvar tipi yoğuşmalı kazan (Logamatic 4121 kumanda panelli)
HZG ısıtma destek seti
VS-SU ikinci devre ayırıcı üç yollu vana

Çalışma prensibi:
Sistemde kullanım suyu ısıtması ve ısıtma desteği ayrı birer boyler ile planlanmıştır. Tüm güneş enerji sistemlerinin olabildiğince büyük depolama ile tasarımı istenir. Bu sistemde ısıtma desteğinin en yüksek düzeyde olması için büyük hacimli ayrı bir depo boyler seçilmiştir. Kazan, üç yollu vanası üzerinden SM.. boylerin üst kısmında bulunan serpantin üzerinden boyler ısıtmasına destek vermektedir. Bu tip sistemlerde artırılmış kolektör adetleri, kazanın boyler ısıtması için çok az süre çalışmasını sağlayacaktır. Güneş enerjisi sistemi, öncelikli olarak SM... boyleri ısıtmaktadır. Sistemin kullanım sıcak suyu önceliğinden dolayı ilk çalışmada, VS-SU üç yollu vananın SM.. boyler serpantinine bağlı olan A hattı açık, PL boyler serpantinine bağlı B hattı ise kapalıdır, yani sirkülasyon öncelikle SM.. boyler üzerinden gerçekleşmektedir. Güneş enerjisi devre kontrolünün kazan kumanda paneli tarafından yapılması sayesinde, solar optimizasyon yapılarak, kullanım suyu ısıtması için sıcak su konforu bozulmadan kazan çalışma süresi ve şalt sayısı azaltılmış olur.
SM.. boyler ayarlanan sıcaklığa ulaştığında veya güneş ışınımı SM.. boyler sıcaklığını daha fazla artırmaya yeterli olamadığında, sirkülasyon VS-SU üç yollu vananın B hattı açılmak suretiyle, PL boyler üzerinden gerçekleştirilir. Böylece PL.. boylerde enerji depolanmaya başlanır. Güneş ışınımının yetersiz kalma durumu, geçici bulutlanma dönemleri, akşamüstü saatleri ve güneşli kış günlerinde daha fazla rastlanabilecek bir durumdur. Belirli zaman aralıkları ile sistemde, kullanım suyu boyleri ile kolektör sıcaklık farkı kontrol edilerek, kullanım suyunu ısıtmaya ihtiyaç ve uygun bir sıcaklık farkı oluştuğunda, tekrar kullanım suyu boyleri serpantini beslenir. VS-SU'nun kontrolü FM443 modülü ile sağlanmaktadır. Depo boylerin ısıtma tesisatı dönüş hattı üzerinde FM443'ten kumanda alan HZG ısıtma destek seti bulunmaktadır. Isıtma işletiminde depo hacim sıcaklığı, tesisat dönüş suyu sıcaklığından düşük ise, dönüş suyu HZG setin üç yollu vanası üzerinden doğrudan denge kabına ve kazana gönderilir. Eğer depo sıcaklığı, tesisat dönüş suyu sıcaklığından yüksek ise, tesisat suyu üç yollu vana tarafından depo boylerin alt taraftaki girişine yönlendirilir, bu durumda depo içindeki daha yüksek sıcaklıktaki su, denge kabı üzerinden kazana gider. Kazan yüksek dönüş suyu sıcaklığından dolayı modülasyon yapmaya başlar ve enerji ekonomisi sağlanır. Depo hacim içerisindeki su sıcaklığı tesisat dönüş suyu, sıcaklığına yaklaşana kadar sirkülasyon bu hacim üzerinden devam eder. HZG ısıtma destek seti, bir üç yollu vana ve duyar elemanlar içermektedir.
Kullanılan PL.. depo boylerin su hacmi, sistem genleşme tankı hesaplanırken dikkate alınmalıdır.

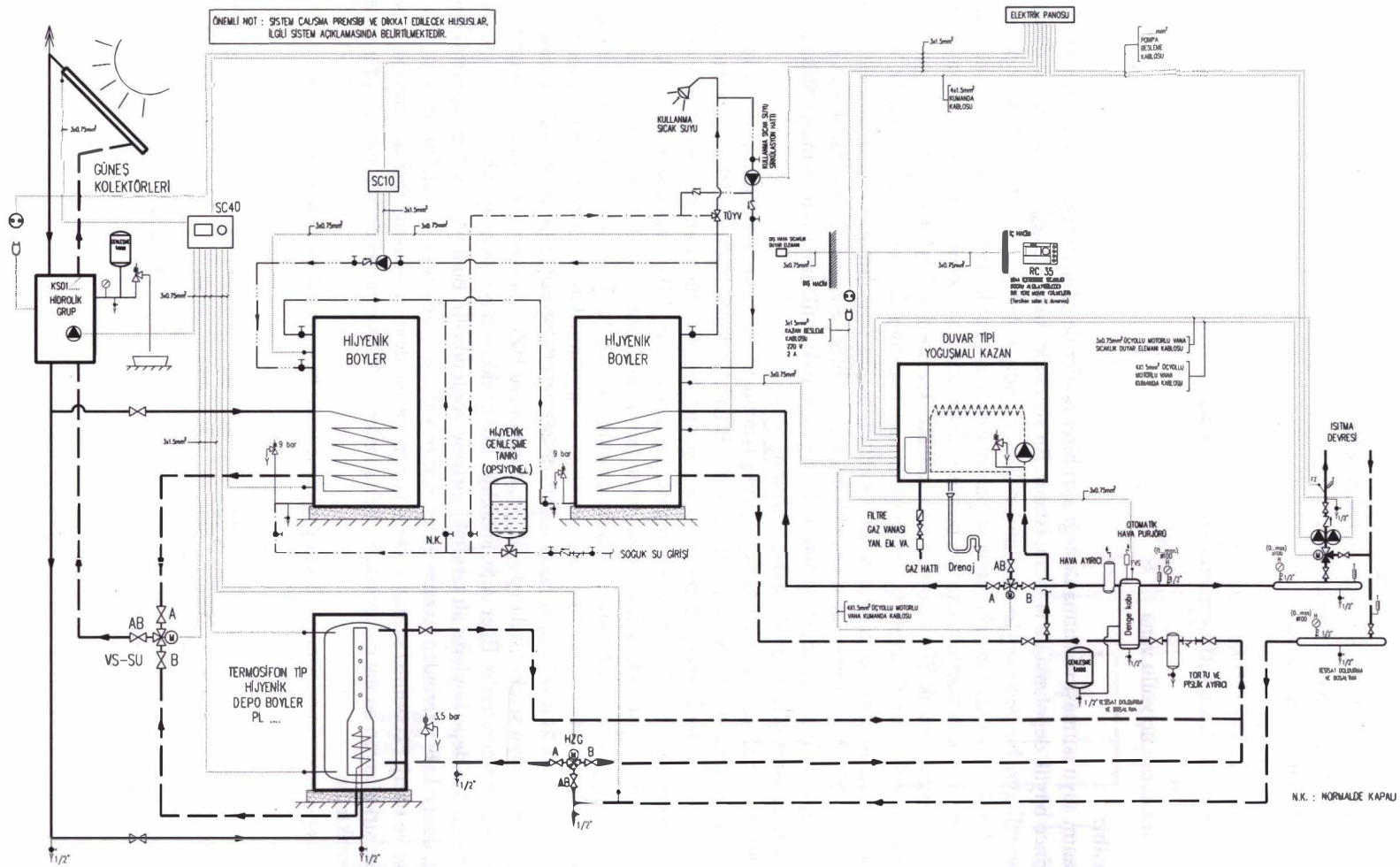


Şekil 2.313. TERMOSİFON TİP ÇİFT SERPANTİNLİ BOYLER VE DEPO BOYLERLİ GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİ İLE KULLANIM SUYU ISITMASI VE ISITMAYA DESTEK

Şekil 2.313. TERMOSİFON TİP ÇİFT SERPANTİNLİ BOYLER VE DEPO BOYLERLİ GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİ İLE KULLANIM SUYU ISITMASI VE ISITMAYA DESTEK

Sistem:
Logasol SKE 2.0, SKN 3.0 veya SKS 4.0 güneş kolektörleri
Logalux SL..-2 duoCLEAN hijyenik termosifon tip çift serpantinli boyler
Logalux PL.. termosifon tip depo boyler
Logasol KS01.. hidrolik grup
Logamatic FM443 solar fonksiyon modülü
GB112 duvar tipi yoğuşmalı kazan(Logamatic 4121 kumanda panelli)
HZG ısıtma destek seti
VS-SU ikinci devre ayrıcı üç yollu vana

Çalışma prensibi:
Sistemde kullanım suyu ısıtması ve ısıtma desteği ayrı birer boyler ile planlanmıştır. Tüm güneş enerji sistemlerinin olabildiğince büyük depolama ile tasarımı istenir. Bu sistemde ısıtma desteğinin en yüksek düzeyde olması için, büyük hacimli ayrı bir depo boyler seçilmiştir. Kazan, gidiş kolektörü üzerindeki boyler pompası ile termosifon tip SL.. boylerin üst kısmında bulunan serpantin üzerinden boyler ısıtmasına destek vermektedir. Bu tip sistemlerde artırılmış kolektör adetleri, kazanın boyler ısıtması için çok az süre çalışmasını sağlayacaktır. Güneş enerjisi sistemi, öncelikli olarak SL... boyleri ısıtmaktadır. Termosifon boyler kullanımı ile çok daha yüksek sıcak su konforu elde edilebilir. Sistemin kullanım sıcak suyu önceliğinden dolayı ilk çalışmada, VS-SU üç yollu vananın SL.. boyler serpantinine bağlı olan A hattı açık, PL boyler serpantinine bağlı B hattı ise kapalıdır, yani sirkülasyon öncelikle SL.. boyler üzerinden gerçekleşmektedir. Güneş enerjisi devre kontrolünün kazan kumanda paneli tarafından yapılması sayesinde, solar optimizasyon yapılarak, kullanım suyu ısıtması için sıcak su konforu bozulmadan kazan çalışma süresi ve şalt sayısı azaltılmış olur.
SL.. boyler ayarlanan sıcaklığa ulaştığında veya güneş ışınımı SL.. boyler sıcaklığını daha fazla artırmaya yeterli olamadığında, sirkülasyon VS-SU üç yollu vananın B hattı açılmak suretiyle, PL boyler üzerinden gerçekleştirilir. Böylece PL.. boylerde enerji depolanmaya başlanır. Güneş ışınımının yetersiz kalma durumu, geçici bulutlanma dönemleri, akşamüstü saatleri ve güneşli kış günlerinde daha fazla rastlanabilecek bir durumdur. Belirli zaman aralıkları ile sistemde, kullanım suyu boyleri ile kolektör sıcaklık farkı kontrol edilerek, kullanım suyunu ısıtmaya ihtiyaç ve uygun bir sıcaklık farkı oluştuğunda, tekrar kullanım suyu boyleri serpantini beslenir. VS-SU'nun kontrolü FM443 solar fonksiyon modülü ile sağlanmaktadır. Depo hacmin ısıtma tesisatı dönüş hattı üzerinde, FM443'ten kumanda alan HZG ısıtma destek seti bulunmaktadır. Isıtma işletiminde depo hacim sıcaklığı, tesisat dönüş suyu sıcaklığından düşük ise, dönüş suyu HZG setin üç yollu vanası üzerinden doğrudan denge kabına ve kazana gönderilir. Eğer depo sıcaklığı, tesisat dönüş suyu sıcaklığından yüksek ise, tesisat suyu üç yollu vana tarafından depo boylerin alt taraftaki girişine yönlendirilir, bu durumda depo içindeki daha yüksek sıcaklıktaki su, denge kabı üzerinden kazana gider. Kazan yüksek dönüş suyu sıcaklığından dolayı modülasyon yapmaya başlar ve enerji ekonomisi sağlanır. Depo hacim içerisindeki su sıcaklığı tesisat dönüş suyu sıcaklığına yaklaşana kadar sirkülasyon bu hacim üzerinden devam eder. HZG ısıtma destek seti bir üç yollu vana ve duyar elemanlar içermektedir.
Kullanılan PL.. depo boylerin su hacmi, sistem genleşme tankı hesaplanırken dikkate alınmalıdır.

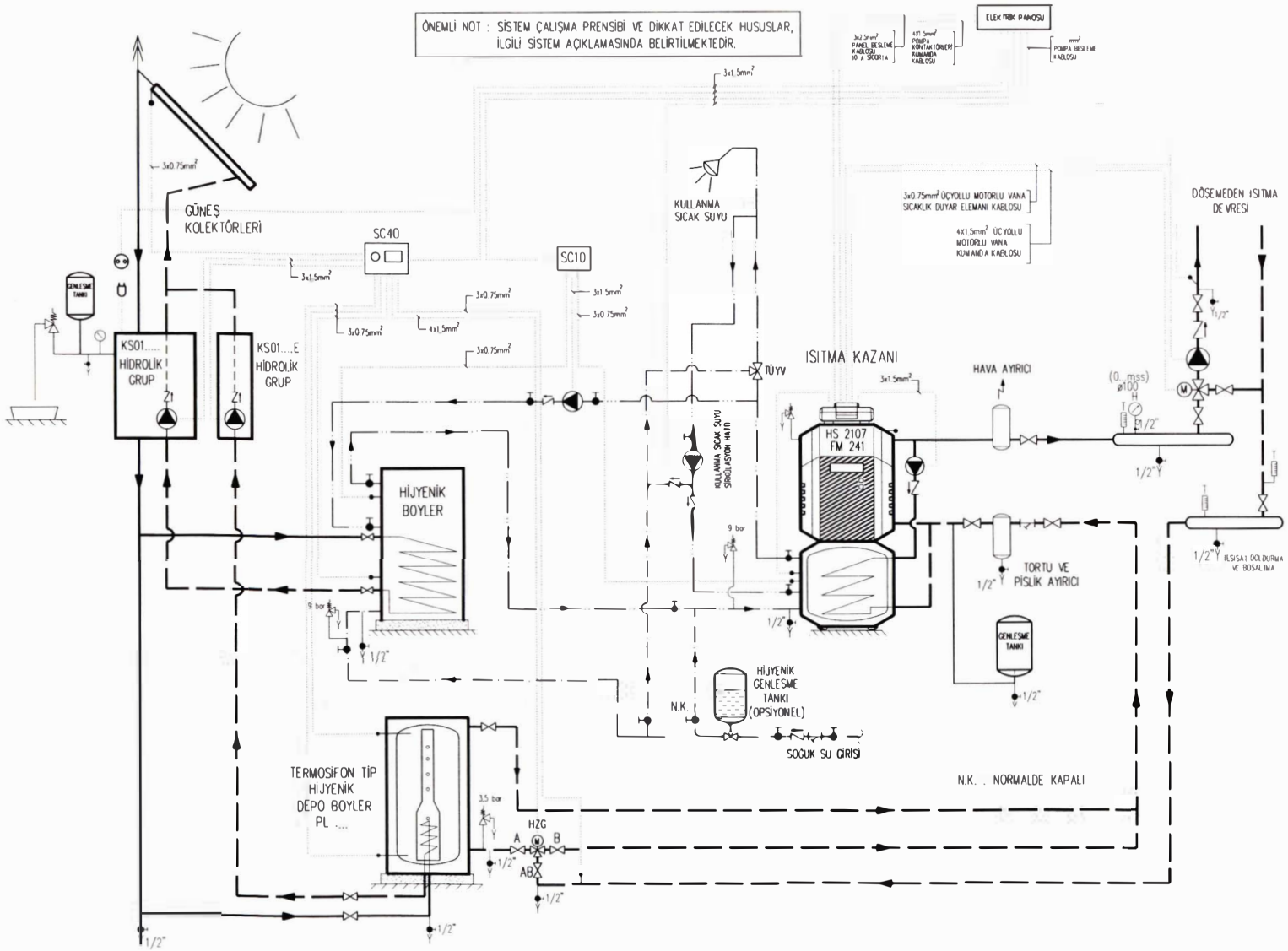


Şekil 2.314. İKİ ADET TEK SERPANTİNLİ BOYLER VE TERMOSİFON TİP DEPO BOYLERLİ GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİ İLE KULLANIM SUYU ISITMASI VE ISITMAYA DESTEK

Şekil 2.314. İKİ ADET TEK SERPANTİNLİ BOYLER VE TERMOSİFON TİP DEPO BOYLERLİ GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİ İLE KULLANIM SUYU ISITMASI VE ISITMAYA DESTEK

Sistem:
Logasol SKE 2.0, SKN 3.0 veya SKS 4.0 güneş kolektörleri
Logalux SU duoCLEAN hijyenik boylerler
Logalux PL.. termosifon tip depo boyler
Logasol KS01.. hidrolik grup
Logamatic SC40 kumanda modülü
Logamatic SC10 kumanda modülü
GB112 duvar tipi yoğuşmalı kazan
HZG ısıtma destek seti
VS-SU ikinci devre ayrıcı üç yollu vana

Çalışma prensibi:
SU.. duoCLEAN hijyenik boylerlerden biri güneş kolektör devresi tarafından, diğeri kazan tarafından beslenmektedir. Güneş kolektörleri ve SU.. duoCLEAN hijyenik boyler arasındaki hidrolik grup içindeki sirkülasyon pompasının işletimi ve oransal kontrolünü SC40 kumanda modülü yapmaktadır. Güneş enerjisi sistemi öncelikli olarak SU.. boyleri ısıtmaktadır.
Güneş enerjisi boylerinin sıcaklığı, kazan boyleri sıcaklığından belirlenen değer kadar yüksek olduğunda, boylerler arası su transferini sağlayacak bir sirkülasyon pompası çalıştırılır. Bu sıcaklık farkına göre, transfer pompası SC10 kumanda modülü tarafından aç-kapa mantığı ile kontrol edilir. Bu sayede her iki boyleri de güneş enerjisi ile ısıtmak ve ışınım yeterli olduğunda kazanın boyler ısıtması için devreye girmesini engellemek mümkün olabilir. Güneş enerjisi boylerinde hazırlanan sıcak suyun, kazan boylerine aktarılması ile güneş enerjisi boyleri ortalama sıcaklığı düştüğünden, kolektör devresi bu boylerin ısıtılması için daha uzun süre devrede kalır ve güneşten alınabilecek fayda artar. İki boylerli sistemlerde, şebeke suyu bağlantısı güneş enerjisi boylerine yapılmalıdır.
Boyler çıkışında çekilebilecek en yüksek su debisine bağlı olarak uygun termostatik üç yollu vana kullanımı ile boyler su çıkış sıcaklığı 45-60°C arasında ayarlanabilir. Bu sayede boyler depolama sıcaklıkları yüksek tutulabilir ve haşlanma riski termostatik üç yollu vana ile en düşük seviyeye indirilebilir. Termostatik üç yollu vana kullanımı ile haşlanma riski azaltılsa da, daha büyük depo hacimleri ve risk oluşturmayacak sıcaklıklara kadar depolama tavsiye edilir. Kullanım suyu sirkülasyon hattı mevcut ise, sirkülasyon hatları çok iyi izole edilmeli, pompanın kesintili işletimi sağlanmalıdır.
SU.. boyler ayarlanan sıcaklığa ulaştığında veya güneş ışınımı SU.. boyler sıcaklığını daha fazla artırmaya yeterli olmadığında, sirkülasyon VS-SU üç yollu vananın B hattı açılmak suretiyle PL.. boyler üzerinden gerçekleştirilir. Böylece PL.. boylerde enerji depolanmaya başlanır. Belirli zaman aralıkları ile sistemde kullanım suyu boyleri ile kolektör sıcaklık farkı kontrol edilerek, kullanım suyunu ısıtmaya ihtiyaç ve uygun bir sıcaklık farkı oluştuğunda tekrar kullanım suyu boyleri serpantini beslenir.
Depo hacmin ısıtma tesisatı dönüş hattı üzerinde SC40'tan kumanda alan HZG ısıtma destek seti bulunmaktadır. Isıtma işletiminde depo hacim sıcaklığı, tesisat dönüş suyu sıcaklığından düşük ise, dönüş suyu HZG setin üç yollu vanası üzerinden doğrudan denge kabına ve kazana gönderilir. Eğer depo sıcaklığı, tesisat dönüş suyu sıcaklığından yüksek ise, tesisat suyu üç yollu vana tarafından depo boylerin alt taraftaki girişine yönlendirilir, bu durumda depo içindeki daha yüksek sıcaklıktaki su denge kabı üzerinden kazana gider. Kazan yüksek dönüş suyu sıcaklığından dolayı modülasyon yapmaya başlar ve enerji ekonomisi sağlanır. Depo hacim içerisindeki su sıcaklığı, tesisat dönüş suyu sıcaklığına yaklaşana kadar sirkülasyon bu hacim üzerinden devam eder. HZG ısıtma destek seti bir üç yollu vana ve duyar elemanlar içermektedir.
Kullanılan PL.. depo boylerin su hacmi, sistem genleşme tankı hesaplanırken dikkate alınmalıdır.

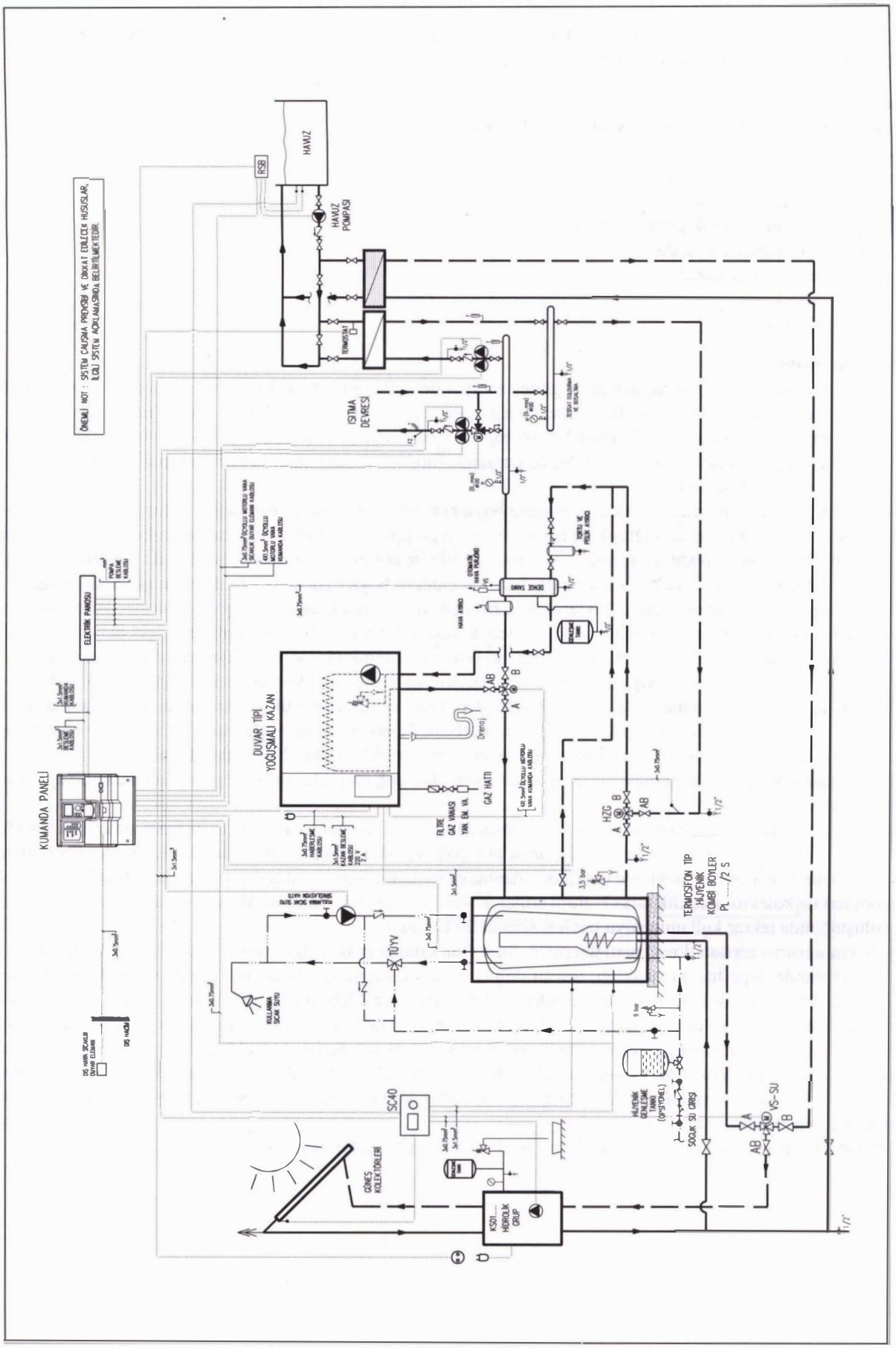


Şekil 2.315. TEK SERPANTİNLİ BOYLER VE DEPO BOYLERLİ GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİ İLE KULLANIM SUYU ISITMASI VE ISITMAYA DESTEK

Şekil 2.315. TEK SERPANTİNLİ BOYLER VE DEPO BOYLERLİ GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİ İLE KULLANIM SUYU ISITMASI VE ISITMAYA DESTEK

Sistem:
Logasol SKE 2.0, SKN 3.0 veya SKS 4.0 güneş kolektörleri
Logalux SU duoCLEAN hijyenik boyler
Logalux PL.. termosifon tip depo boyler
Logasol KS01.. hidrolik grup (çift hatlı)
Logasol KS01..E ek hidrolik grup (tek hatlı)
Logamatic SC40 kumanda modülü
Entegre boylerli yer tipi kazan
HZG ısıtma destek seti
SC10 kumanda modülü

Çalışma prensibi:
Bu tip sistemler mevcut bir ısıtma sistemine güneş enerjisi ile kullanım suyu ısıtması ve ısıtma desteği eklendiği durumda kullanılmaktadır. SU.. boyler güneş enerjisi devresi ile, entegre boyler ise kazan tarafından beslenmektedir. Güneş kolektörleri ve SU.. duoCLEAN hijyenik boyler arasındaki hidrolik grup içindeki sirkülasyon pompasının işletimi ve oransal kontrolünü SC40 kumanda modülü yapmaktadır. Güneş enerjisi sistemi öncelikli olarak SU.. boyleri ısıtmaktadır.
Güneş enerjisi boylerinin sıcaklığı, kazana entegre boyler sıcaklığından belirlenen değer kadar yüksek olduğunda, boylerler arası su transferini sağlayacak bir sirkülasyon pompası çalıştırılır. Bu sıcaklık farkına göre, transfer pompası, SC10 kumanda modülü tarafından aç-kapa mantığı ile kontrol edilir. Bu sayede her iki boyleri de güneş enerjisi ile ısıtmak ve ışınım yeterli olduğunda, kazanın entegre boyler ısıtması için devreye girmesini engellemek mümkün olabilir. Güneş enerjisi boylerinde hazırlanan sıcak suyun, kazan entegre boylerine aktarılması ile güneş enerjisi boyleri ortalama sıcaklığı düştüğünden, kolektör devresi bu boylerin ısıtılması için daha uzun süre devrede kalır ve güneşten alınabilecek fayda artar. İki boylerli sistemlerde, şebeke suyu bağlantısı güneş enerjisi boylerine yapılmalıdır. Entegre boyler çıkışında termostatik üç yollu vana kullanımı ile boyler su çıkış sıcaklığı 45-60°C arasında ayarlanabilir. Bu sayede boyler depolama sıcaklıkları yüksek tutulabilir ve haşlanma riski termostatik üç yollu vana ile en düşük seviyeye indirilebilir. Termostatik üç yollu vana kullanımı ile haşlanma riski azaltılsa da, daha büyük depo hacimleri ve risk oluşturmayacak sıcaklıklara kadar depolama tavsiye edilir. Kullanım suyu sirkülasyon hattı mevcut ise, sirkülasyon hatları çok iyi izole edilmeli, pompanın kesintili işletimi sağlanmalıdır
SU.. boyler ayarlanan sıcaklığa ulaştığında veya güneş ışınımı SU.. boyler sıcaklığını daha fazla artırmaya yeterli olmadığında, sirkülasyon KS01..E hidrolik grubun pompası SC40 tarafından çalıştırılarak PL.. boyler üzerinden gerçekleştirilir. Böylece PL.. boylerde enerji depolanmaya başlanır. Belirli zaman aralıkları ile sistemde kullanım suyu boyleri ile kolektör sıcaklık farkı kontrol edilerek, kullanım suyunu ısıtmaya ihtiyaç veya uygun bir sıcaklık farkı oluştuğunda tekrar kullanım suyu boyleri serpantini beslenir.
Depo hacmin ısıtma tesisatı dönüş hattı üzerinde, SC40'tan kumanda alan HZG ısıtma destek seti bulunmaktadır. Isıtma işletiminde depo hacim sıcaklığı, tesisat dönüş suyu sıcaklığından düşük ise, dönüş suyu HZG setin üç yollu vanası üzerinden doğrudan kazana gönderilir. Eğer depo sıcaklığı, tesisat dönüş suyu sıcaklığından yüksek ise, tesisat suyu üç yollu vana tarafından depo boylerin alt taraftaki girişine yönlendirilir, bu durumda depo içindeki daha yüksek sıcaklıktaki su kazana gider. Kazan yüksek dönüş suyu sıcaklığından dolayı modülasyon yapmaya başlar ve enerji ekonomisi sağlanır. Depo hacim içerisindeki su sıcaklığı, tesisat dönüş suyu sıcaklığına yaklaşana kadar sirkülasyon bu hacim üzerinden devam eder. HZG ısıtma destek seti bir üç yollu vana ve duyar elemanlar içermektedir.
Kullanılan PL.. depo boylerin su hacmi, sistem genleşme tankı hesaplanırken dikkate alınmalıdır.

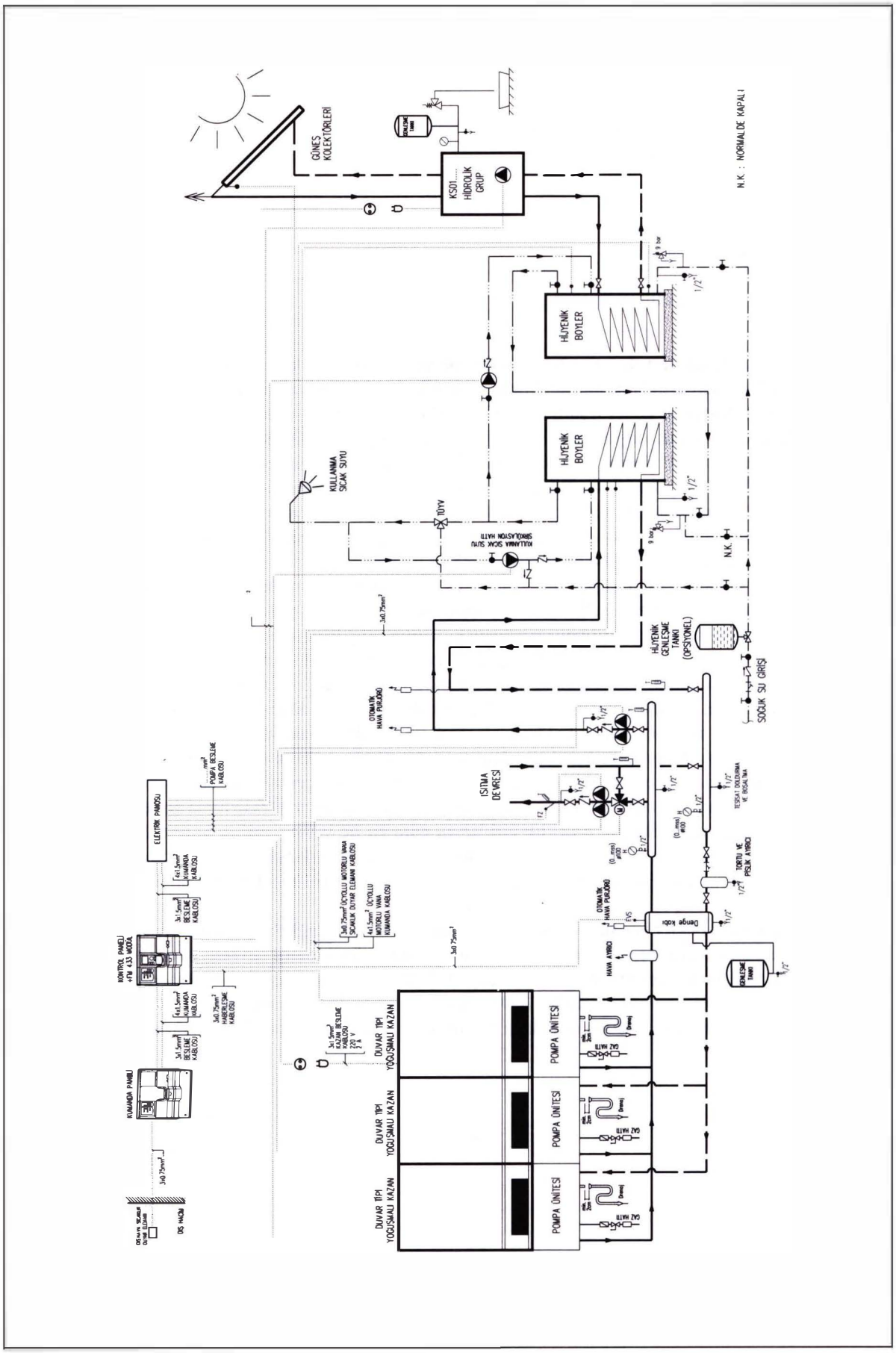


Şekil 2.316. TERMOSİFON KOMBİ BOYLER İLE KULLANIM SUYU ISITMASI, ISITMAYA DESTEK VE YÜZME HAVUZU ISITMASI

Şekil 2.316. TERMOSİFON KOMBİ BOYLER İLE KULLANIM SUYU ISITMASI, ISITMAYA DESTEK VE YÜZME HAVUZU ISITMASI

Sistem:
Logasol SKE 2.0, SKN 3.0 veya SKS 4.0 güneş kolektörleri
Logalux PL../2S termosifon kombi boyler
SWT.. havuz eşanjörü
Logasol KS01.. hidrolik grup
Logamatic SC40 kumanda modülü
GB112 duvar tipi yoğuşmalı kazan
HZG ısıtma destek seti
VS-SU ikinci devre ayrıcı üç yollu vana

Çalışma prensibi:
Sistem artırılmış kolektör adetleri ile yaz işletmesinde çok yüksek konfor ile kullanım sıcak suyu sağlamasının yanında, uygun dış hava şartlarında düşük sıcaklıkta çalıştırabilecek döşemeden ısıtma gibi bir ısıtma devresine de destek sağlayabilir. Sistemin temel tasarım amacı, özellikle geçiş ayları olarak düşünülen, bahar aylarında, dış hava sıcaklığına bağlı olarak, düşük gidiş ve dönüş sıcaklıklarında çalışacak ısıtma devresine güneş enerjisi sisteminden destek sağlamaktır. Bunun yanı sıra havuz ısıtmasına da destek verebilmektedir. Havuz ısıtmasına verilen destek havuz kullanım süresini özellikle sezon başında erkene çekmek amaçlı düşünülebilir. Hafta sonu evlerinde, hafta içi sıcak su kullanımının olmaması ve ısıtma desteğinin istenmemesi durumunda sistem havuzu destekleyecektir. Devreler arasında geçişin sağlanması VS-SU üç yollu vanası ile yapılır. Bu vanaya komutun verilmesi ve devreler arasında öncelik belirlenmesi SC40 ile yapılır.
PL../2S boylerin, içte kullanım suyu, dışta ısıtmaya destek için tesisat suyu olmak üzere, iki farklı hacmi bulunmaktadır. Boylerin duoCLEAN kaplı kullanım suyu hacmindeki serpantin, güneş enerji devresi ile beslenmektedir. Termosifon prensibi ile üstten ısıtılmaya başlanan kullanım suyu hacmi, ısı transferi ile dışta bulunan depo hacmini de ısıtır. Depo hacmin ısıtma tesisatı dönüş hattı üzerinde HZG ısıtma destek seti bulunmaktadır. Isıtma işletiminde depo hacim sıcaklığı, tesisat dönüş suyu sıcaklığından düşük ise, dönüş suyu HZG setin üç yollu vanası üzerinden doğrudan kazana gönderilir. Eğer depo sıcaklığı, tesisat dönüş suyu sıcaklığından yüksek ise, tesisat suyu üç yollu vana tarafından depo boylerin alt taraftaki girişine yönlendirilir, bu durumda depo içindeki daha yüksek sıcaklıktaki su denge kabı üzerinden kazana gider. Kazan yüksek dönüş suyu sıcaklığından dolayı modülasyon yapmaya başlar ve enerji ekonomisi sağlanır. Depo hacim içerisindeki su sıcaklığı, tesisat dönüş suyu sıcaklığına yaklaşana kadar sirkülasyon bu hacim üzerinden devam eder. HZG ısıtma destek seti bir üç yollu vana ve duyar elemanları içermektedir. Sıcaklık farklarına göre bu üç yollu vananın kontrolü SC40 tarafından yapılmaktadır. Güneş ışınımı yeterli olmadığında kullanım sıcak suyu hazırlamak için önce üst depo hacmi kazan tarafından ısıtılır. Bu durumda depo hacimden, kullanım suyu hacmine ısı transferi ile kullanım suyu hacmi de ısınır.
Eğer termosifon tip kombi boyler istenilen sıcaklığa ulaşmış ve ısıtma desteği söz konusu değilse veya havuz ısıtmasına SC40 üzerinden öncelik tanımlanmış ise (haftasonu evleri) güneş enerji devresi, havuz ısıtmasına çalışır. Güneş devresinden beslenen eşanjörün havuz sirkülasyon devresinde, ana kazandan beslenen havuz eşanjöründen önce yerleştirilmesi daha verimli olacaktır. Havuz devresinin kumandası harici bir kumanda ile sağlanır.
Kullanılan PL../2S kombi boylerin ısıtma destek su hacmi, sistem genleşme tankı hesaplanırken dikkate alınmalıdır.

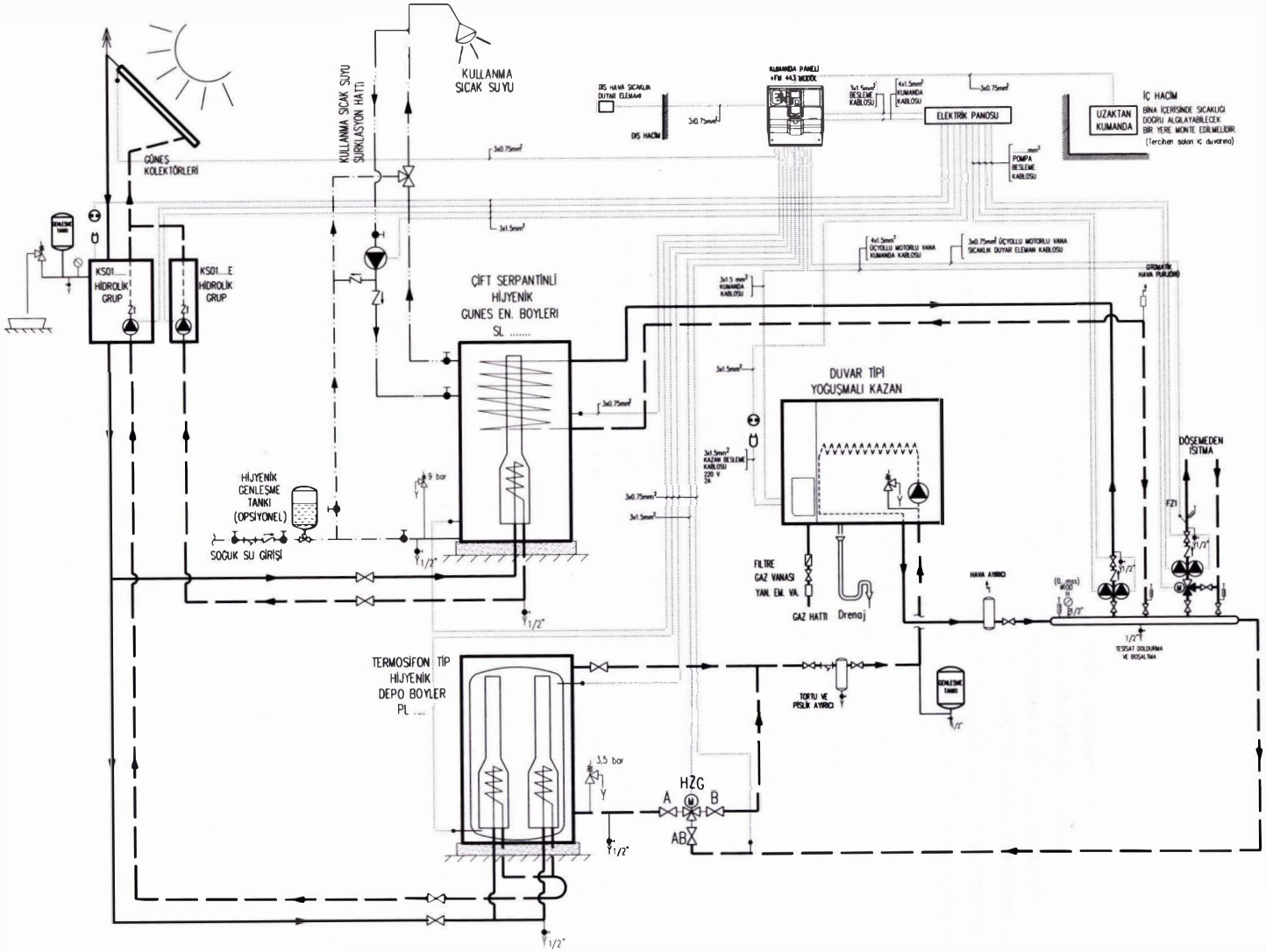


Şekil 2.317. KASKAD ISITMA SİSTEMİ VE TEK SERPANTİNLİ İKİ BOYLER İLE GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ KULLANIM SUYU ISITMASI

Şekil 2.317. KASKAD ISITMA SİSTEMİ VE TEK SERPANTİNLİ İKİ BOYLER İLE GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ KULLANIM SUYU ISITMASI

Sistem:
Logasol SKE 2.0, SKN 3.0 veya SKS 4.0 güneş kolektörleri
Logalux SU.. duoCLEAN hijyenik boylerler
Logasol KS01.. hidrolik grup
Logamatic FM443 solar fonksiyon modülü
3 adet GB162 (Logamatic HS 4121 panelli)

Çalışma prensibi:
SU.. duoCLEAN hijyenik boylerlerden biri güneş kolektörü devresi tarafından, diğeri kazan tarafından beslenmektedir. Bu tip sistemler, apartman, sosyal tesis veya fabrika gibi binalarda güneş enerjisi ile kullanım suyu ısıtmasına destek sağlanacak durumlarda tercih edilmektedir. Özellikle kaskad sistemler ile kolaylıkla uygulanabilen çatı kazan dairelerinde, sisteme güneş enerjisi eklemek çok basit ve borulama anlamında rahat olmaktadır. Güneş kolektörleri ve SU.. duoCLEAN hijyenik boyler arasındaki hidrolik grup içindeki sirkülasyon pompasının işletimi ve oransal kontrolünü FM443 solar fonksiyon modülü yapmaktadır. Güneş enerjisi boylerinin sıcaklığı, kazan boyleri sıcaklığından belirlenen değer kadar yüksek olduğunda, boylerler arası su transferini sağlayacak bir sirkülasyon pompası çalıştırılır. Bu sıcaklık farkına göre, transfer pompası FM443 solar fonksiyon modülü tarafından aç-kapa mantığı ile kontrol edilir. Bu sayede her iki boyleri de güneş enerjisi ile ısıtmak ve ışınım yeterli olduğunda kazanın boyler ısıtması için devreye girmesini engellemek mümkün olabilir. Güneş enerjisi boylerinde hazırlanan sıcak suyun, kazan boylerine aktarılması ile güneş enerjisi boyleri ortalama sıcaklığı düştüğünden, kolektör devresi bu boylerin ısıtılması için daha uzun süre devrede kalır ve güneşten alınabilecek fayda artar. İki boylerli sistemlerde, şebeke suyu bağlantısı güneş enerjisi boylerine yapılmalıdır.
Boyler çıkışında çekilebilecek en yüksek su debisine bağlı olarak uygun termostatik üç yollu vana kullanımı ile boyler su çıkış sıcaklığı 45-60°C arasında ayarlanabilir. Bu sayede boyler depolama sıcaklıkları yüksek tutulabilir ve haşlanma riski termostatik üç yollu vana ile en düşük seviyeye indirilebilir. Termostatik üç yollu vana kullanımı ile haşlanma riski azaltılsa da, daha büyük depo hacimleri ve risk oluşturmayacak sıcaklıklara kadar depolama tavsiye edilir. Kullanım suyu sirkülasyon hattı mevcut ise, sirkülasyon hatları çok iyi izole edilmeli, pompanın kesintili işletimi sağlanmalıdır.

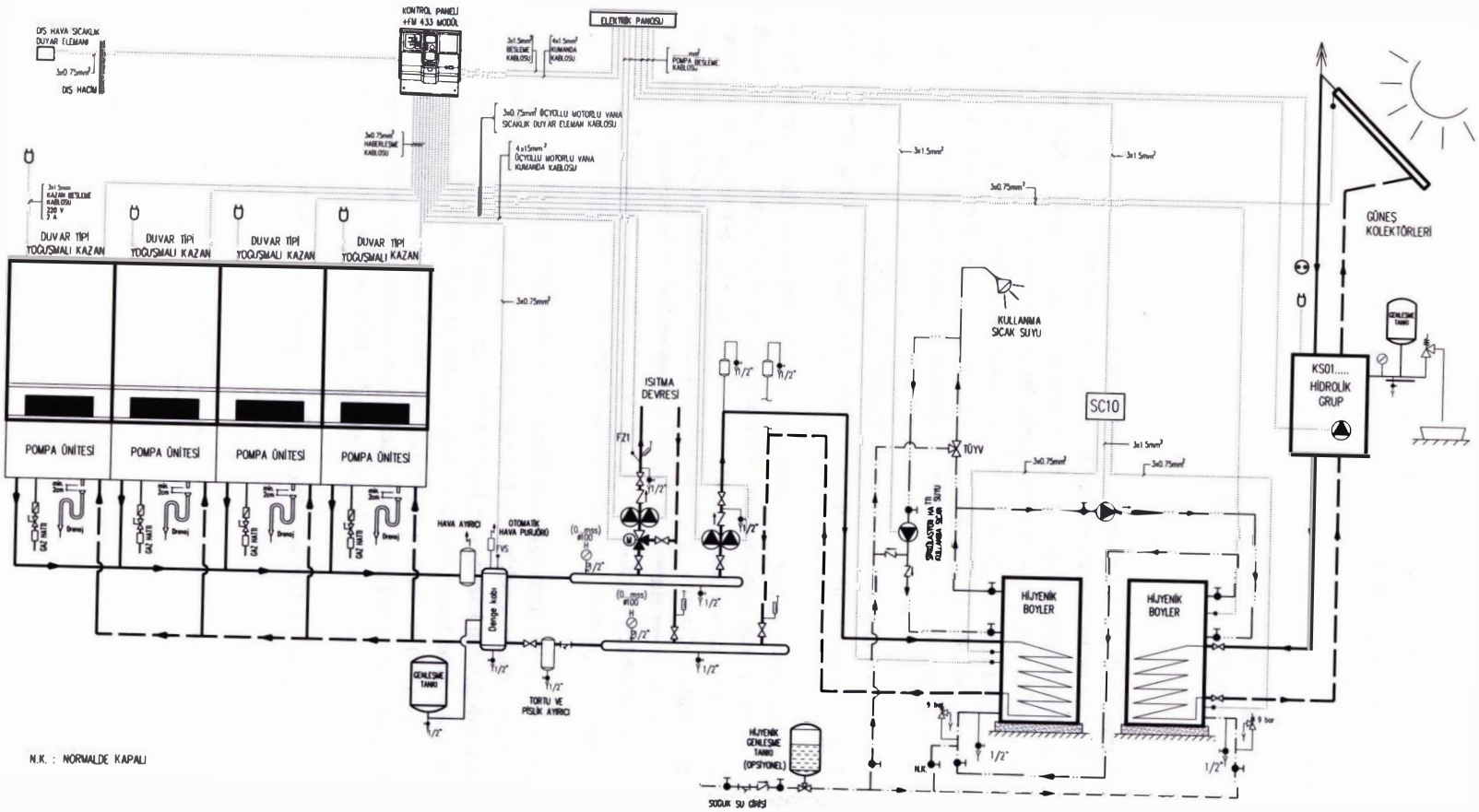


Şekil 2.318. TERMOSİFON TİP ÇİFT SERPANTİNLİ BOYLER VE DEPO BOYLERLİ GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİ İLE KULLANIM SUYU ISITMASI VE ISITMAYA DESTEK

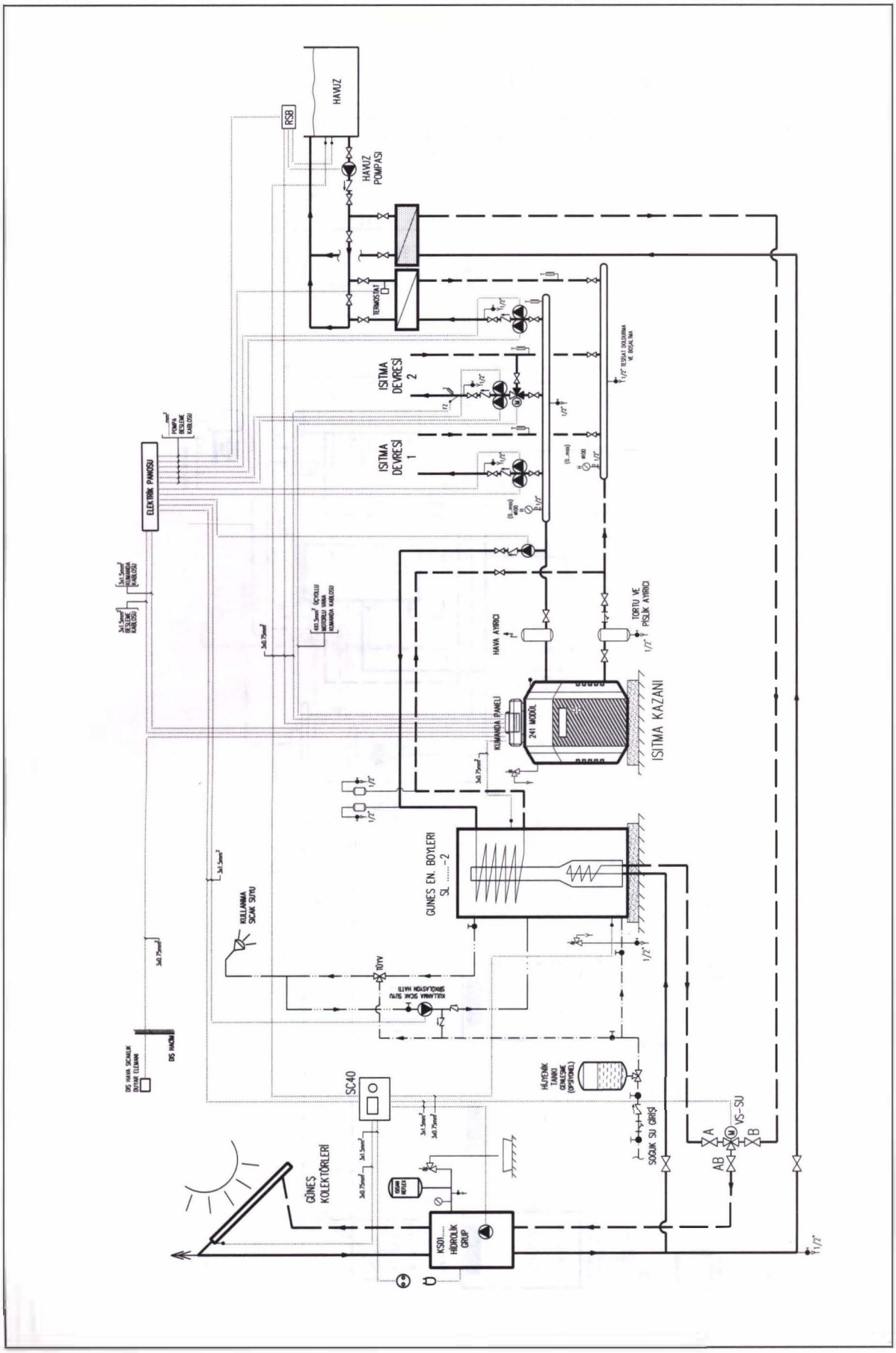
Şekil 2.318. TERMOSİFON TİP ÇİFT SERPANTİNLİ BOYLER VE DEPO BOYLERLİ GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİ İLE KULLANIM SUYU ISITMASI VE ISITMAYA DESTEK

Sistem:
Logasol SKE 2.0, SKN 3.0 veya SKS 4.0 güneş kolektörleri
Logalux SL..-2 duoCLEAN hijyenik termosifon tip çift serpantinli boyler
Logalux PL.. termosifon tip depo boyler
Logasol KS01.. hidrolik grup
Logasol KS01..E ek hidrolik grup
Logamatic FM443 solar fonksiyon modülü
GB112 duvar tipi yoğuşmalı kazan
HZG ısıtma destek seti

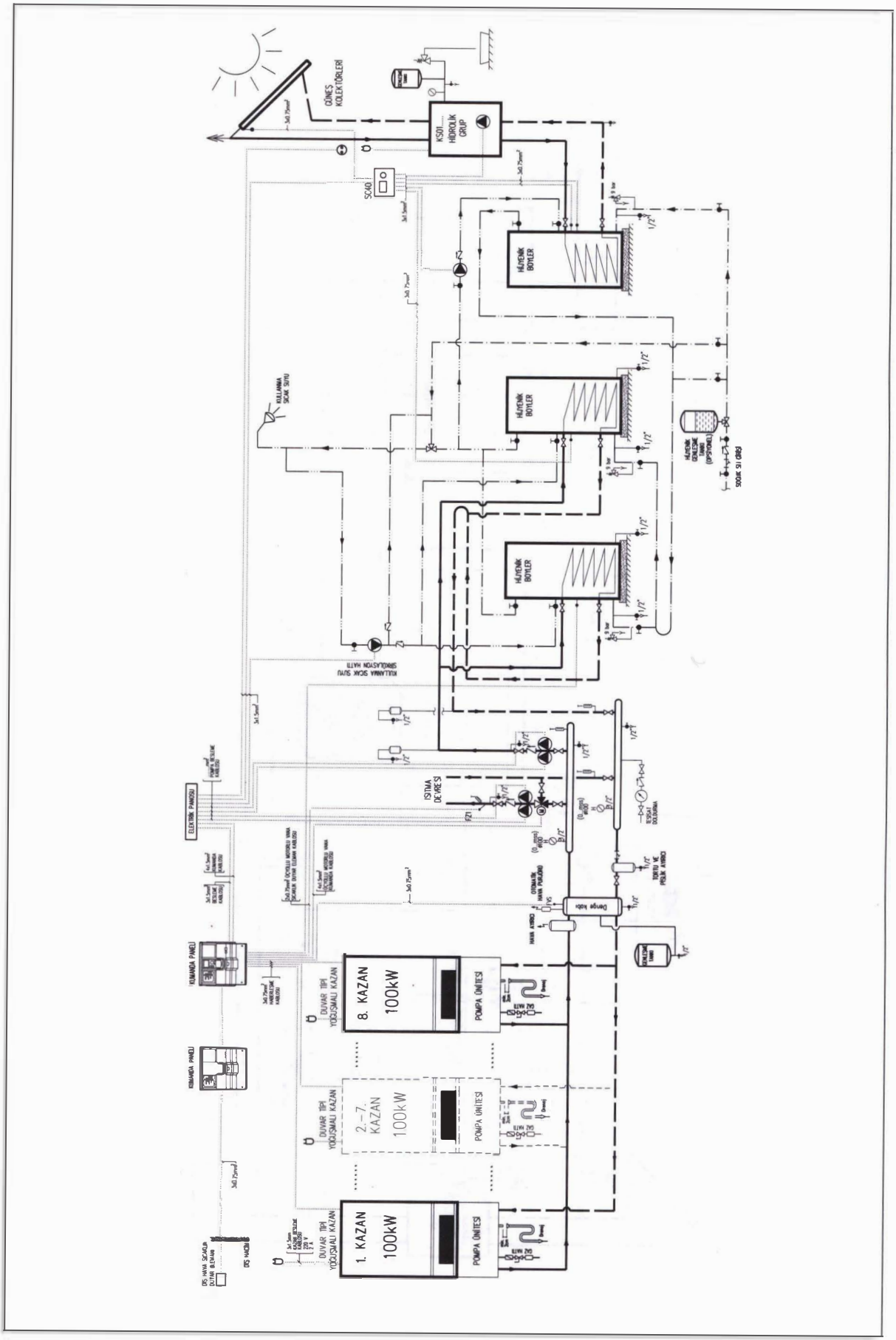
Çalışma prensibi:
Bu uygulamada ısıtma tarafında denge kabı yerine tek kolektör sistemi tercih edilmiştir.
Tüm güneş enerji sistemlerinin olabildiğince büyük depolama ile tasarımı istenir. Bu sistemde ısıtma desteğinin en yüksek düzeyde olması için büyük hacimli ayrı bir depo boyler seçilmiştir. Kazan, boyler pompası ile öncelikle SL.. boylerin üst kısmında bulunan serpantin üzerinden boyleri ısıtmaktadır. Bu tip sistemlerde artırılmış kolektör adetleri, kazanın boyler ısıtması için çok az süre çalışmasını sağlayacaktır. Güneş enerjisi sistemi, öncelikli olarak SL... boyleri ısıtmaktadır. Sistemin kullanım sıcak suyu önceliğinden dolayı ilk çalışmada, çift hatlı KS01.. hidrolik grup içindeki pompa ile SL.. boylere ısı aktarımı sağlanmaktadır. Bu pompanın kontrolü FM443 ile yapılmaktadır.
Güneş enerjisi devre kontrolünün kazan kumanda paneli tarafından yapılması sayesinde, solar optimizasyon yapılarak, kullanım suyu ısıtması için sıcak su konforu bozulmadan, kazan çalışma süresi ve şalt sayısı azaltılmış olur.
SL.. boyler ayarlanan sıcaklığa ulaştığında veya güneş ışınımı SL.. boyler sıcaklığını daha fazla artırmaya yeterli olamadığında, çift hatlı hidrolik grup içindeki pompa durur ve KS01..E ek hidrolik grup içindeki pompa çalışmaya başlar, sirkülasyon PL boyler üzerinden gerçekleştirilir. Böylece PL.. boylerde enerji depolanmaya başlanır. Güneş ışınımının yetersiz kalma durumu, geçici bulutlanma dönemleri, akşamüstü saatleri ve güneşli kış günlerinde daha fazla rastlanabilecek bir durumdur. Belirli zaman aralıkları ile sistemde, kullanım suyu boyleri ile kolektör sıcaklık farkı kontrol edilerek, kullanım suyunu ısıtmaya ihtiyaç ve uygun bir sıcaklık farkı oluştuğunda, tekrar kullanım suyu boyleri serpantini beslenir. Hidrolik grupların kumandası FM443 solar fonksiyon modülü ile sağlanmaktadır.
Depo boylerin ısıtma tesisatı dönüş hattı üzerinde FM443'ten kumanda alan HZG ısıtma destek seti bulunmaktadır. Isıtma işletiminde depo hacim sıcaklığı, tesisat dönüş suyu sıcaklığından düşük ise, dönüş suyu HZG setin üç yollu vanası üzerinden doğrudan kazana gönderilir. Eğer depo sıcaklığı, tesisat dönüş suyu sıcaklığından yüksek ise, tesisat suyu üç yollu vana tarafından depo boylerin alt taraftaki girişine yönlendirilir, bu durumda depo içindeki daha yüksek sıcaklıktaki su, kazana gider. Kazan, yüksek dönüş suyu sıcaklığından dolayı modülasyon yapmaya başlar ve enerji ekonomisi sağlanır. Depo hacim içerisindeki su sıcaklığı, tesisat dönüş suyu sıcaklığına yaklaşana kadar sirkülasyon bu hacim üzerinden devam eder. HZG ısıtma destek seti bir üç yollu vana ve duyar elemanlar içermektedir.
Kullanılan PL.. depo boylerin ısıtma destek su hacmi, sistem genleşme tankı hesaplanırken dikkate alınmalıdır.



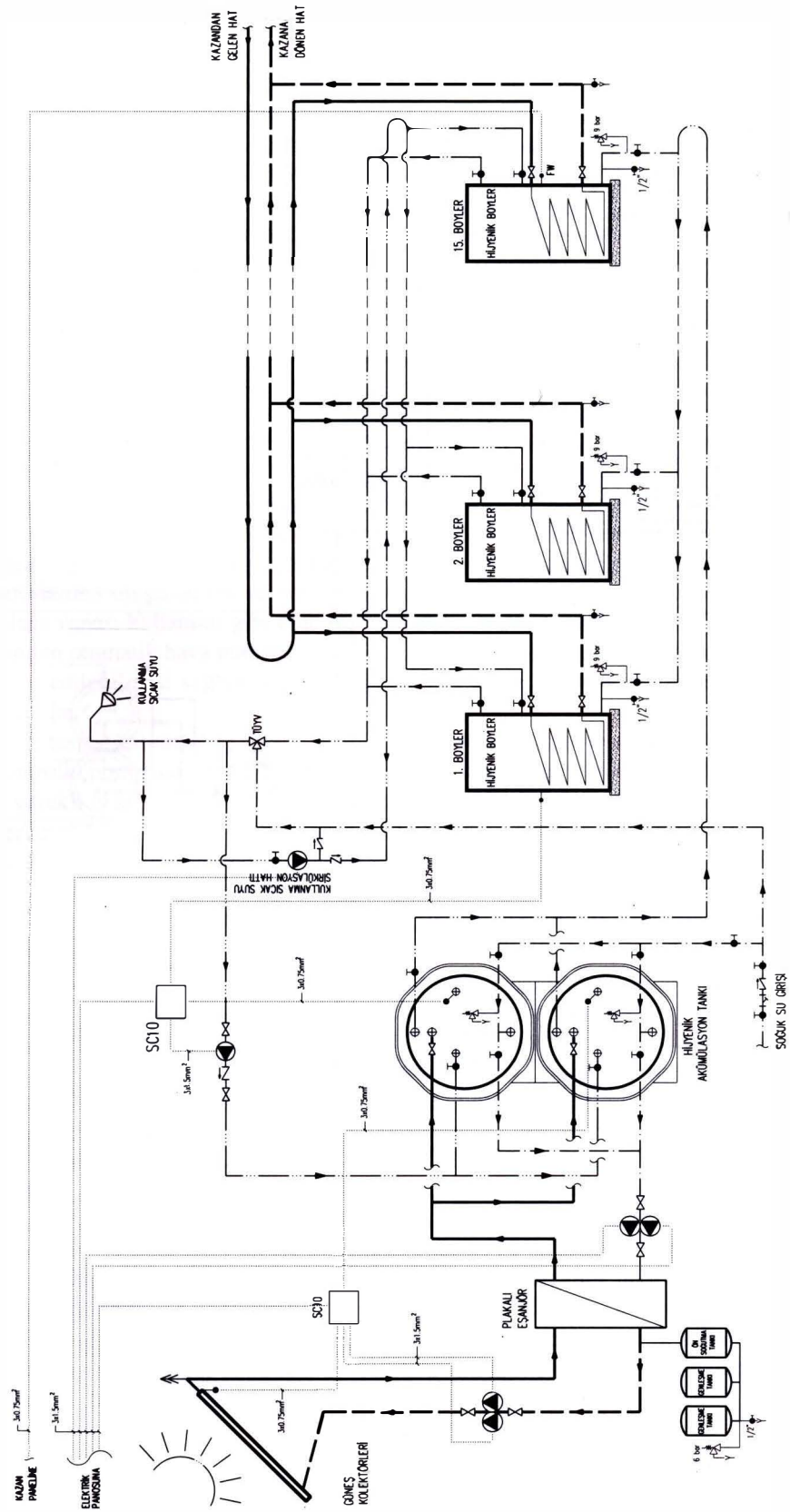
Şekil 2.319. ÖRNEK TESİSAT ŞEMASI



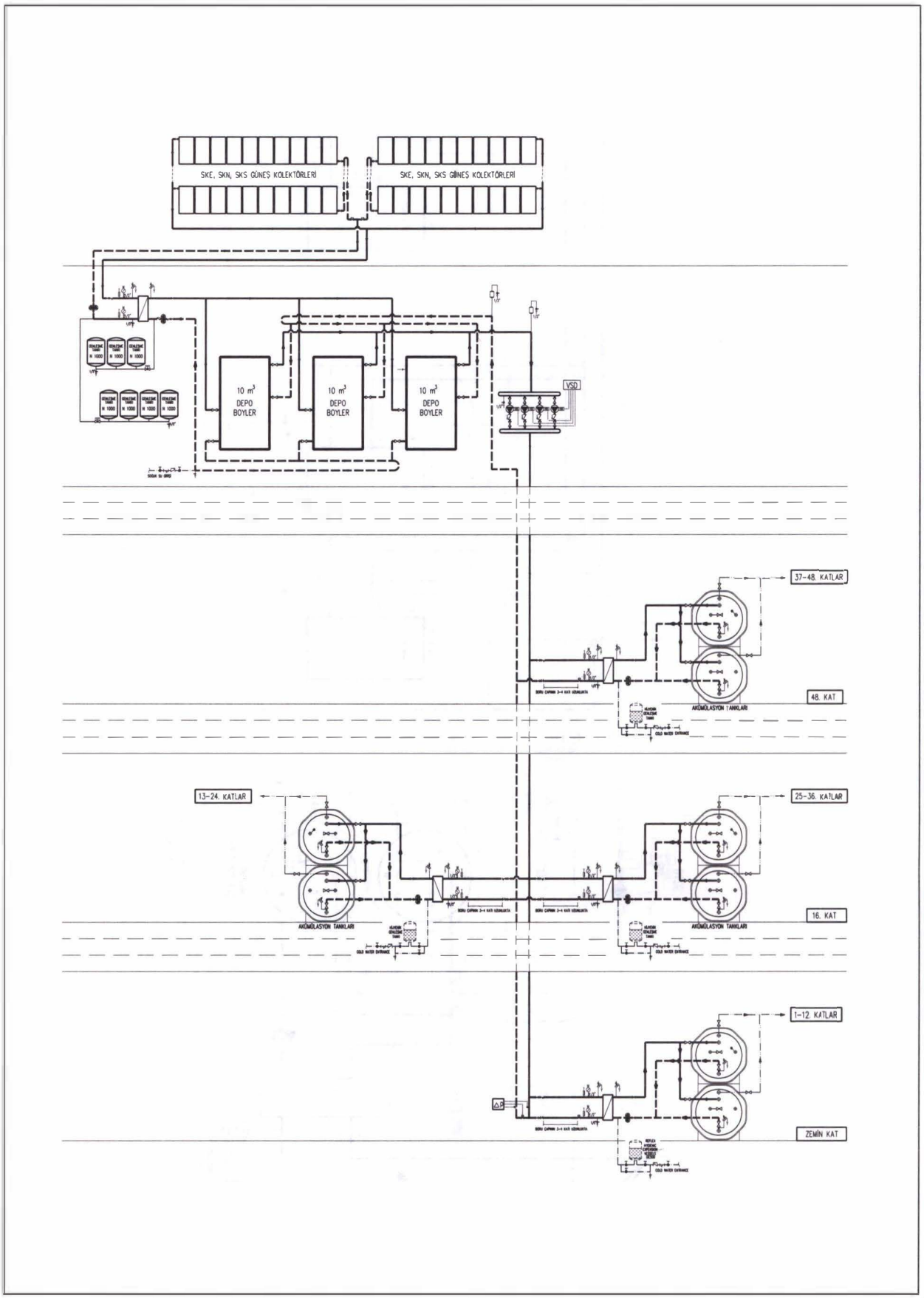
Şekil 2.320. ÖRNEK TESİSAT ŞEMASI



Şekil 2.321. ÖRNEK TESİSAT ŞEMASI



Şekil 2.322. ÖRNEK TESİSAT ŞEMASI



Şekil 2.323. YÜKSEK BLOK GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİ

Şekil 2.323. YÜKSEK BLOK GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİ

Yüksek bloklarda güneş enerjisi ile sıcak su üretimi özel sistem tasarımları gerektirmektedir. Statik yükseklik dolayısı ile artan işletim basınçları, tesisatın gerek soğuk su gerek sıcak su hatlarında farklı zonlar oluşturularak tasarlanmasını gerektirmektedir. Yüksek bloklarda ısıtma tesisatları ve sıhhi tesisatlar için geçerli olan yaklaşımlar, güneş enerjisi ile sıcak su üretiminin planlandığı sistemlerde de dikkate alınmalıdır. Sistemde kullanılacak olan ön ısıtma boylerlerinin, depo boylerlerin ve kazan boylerlerinin tasarlanması ve verimli şekilde işletimi sistem tasarımının uygunluğuna bağlıdır. Yüksek bloklarda, mekanik açıdan kullanılabilir alanların (mekanik oda, çatı vb.) çok değerli olması ve farklı amaçlar için kullanılmak istenmesi kolektörlerin çatı yerleşimlerinin de iyi planlanmasını gerektirmektedir.

Tesisat şemasında, yüksek bloklarda güneş enerjisi ile sıcak kullanım suyu üretimine örnek bir sistem gösterilmiştir. Söz konusu sistemde, kolektörler çatı alanına yerleştirilmiş olup, güneşten elde edilen ısı, bir alt kattaki ana eşanjörlerde tesisat suyuna aktarılarak yalıtımlı tanklarda (depo boyler) depolanır. Böylece solar sıvı kullanımı güneş enerjisi devresi ile sınırlı tutulur ve enerji en kısa yoldan depolanılacak hacimlere ulaştırılmış olur. Ana depolama binanın en üst noktasında yapıldığı için statik basınç, güneş enerjisi devresi, ana eşanjörler, sirkülasyon pompaları, genleşme tankları ve depo boylerlerde en düşük seviyede tutularak yatırım maliyetleri optimize edilmiş olur. Depolama tesisat suyu ile yapıldığından bu bölümde termik dezenfeksiyon gereksinimi yoktur. Depo boylerlerin birden fazla adette kullanılmasından dolayı, tüm boylerlerin aynı sıcaklıkta çalışması için, sistemde tesisat bağlantıları eş direnç sağlanarak (Tichelmann) yapılmıştır. Kolektör devresinde de gruplar aynı sayıda kolektörlerden oluşmakta ve gruplar arası dağıtım eş direnç prensibi ile yapılmaktadır. Gruplar, farklı sayıda kolektörlerden oluşacak ise ve boru hatları eşit direnç oluşturacak şekilde tasarlanmamışsa, kolektör gruplarında balans vanası kullanımı gibi önlemler alınarak dengeli su sirkülasyonu sağlanmalıdır. Her kolektör grubunda kullanılan otomatik hava pürjörleri sayesinde özellikle ilk dolum esnasında sistemde oluşacak havanın kolaylıkla tahliye edilebilmesi sağlanmaktadır. Sistemdeki güneş enerjisi devresi sirkülasyon pompaları sabit debili işletilmektedir.

Depo boylerler ile tesisat katlarındaki kullanım suyu ön ısıtma akümülasyon tankı eşanjörleri arasındaki sirkülasyon, frekans kontrollü pompalar ile sağlanmaktadır. Her bir eşanjör girişinde dinamik balans vanası kullanımı ile eşanjörler için gerekli olan su sirkülasyonu sağlanacaktır. Tesisat katlarındaki akümülasyon tanklarında ısıtılan su, kazan boylerlerine girmektedir. Kullanım suyu, güneş enerjisi ile konfor sıcaklığına ulaştırılamadığında kazan boylerlerinde gerekli sıcaklığa ısıtılmaktadır. Akümülasyon tankları ile eşanjörler arasındaki kullanım suyu sirkülasyon pompaları depolanan su sıcaklığına bağlı olarak işletilmektedir. Kullanım suyu sıcaklığı ana devredeki tesisat suyu sıcaklığından daha düşük ve istenen konfor sıcaklığının altında ise eşanjör pompası devreye girmekte ve eşanjör girişindeki iki yollu vana açık konuma gelmektedir. Böylece, tesisat devresinde dolaşan tesisat suyu, eşanjörlerde kullanım suyunu ısıtmaktadır. Ön ısıtma akümülasyon tankı eşanjör girişindeki iki yollu vanaların kısmen kapanması (kullanım suyu hacminin ısıtılması veya depo boyler hattında yeterli sıcaklıkta suyun bulunmaması) durumunda basınç farkına göre çalışan frekans kontrollü tesisat devresi pompaları sırayla devre dışı kalmaktadır. Sistemde tüm iki yollu vanaların kapalı olması (güneş ışınımının olmadığı veya yeterli depo sıcaklığına ulaşılamaması) durumunda, tesisat devresi sonundaki by-pass vanası açılarak gerekli en düşük debili sirkülasyona izin verecektir.

Ön ısıtma boylerlerinden çıkan kulanım suyu aynı kattaki kazan boylerlerine girerek, buradan binanın kullanım sıcak suyu devresine dağıtılmaktadır. Tesisat şemasında, kazan boylerleri ve bu boylerlerin tesisat bağlantıları gösterilmemiştir. Güneş ışınımı yeterli olduğunda ön ısıtma boylerleri ve kazan boylerleri arasında transfer pompası ile sağlanacak olan su dolaşımı tüm hacmin güneş enerjisi ile ısıtılmasını sağlayabilir. Bu dolaşım, hacimler arası sıcaklık fark kontrolü ile yapılır. Kazan boylerleri, gün içi kullanım suyu profili, güneş enerjisi karşılama oranı, ön ısıtma akümülasyon tankı su hacimlerine bağlı olarak pik sıcak su tüketimi karşılanacak şekilde tasarlanmalıdır. Tüketim noktalarında, basınç farklılıkları oluşmaması için sıcak ve soğuk kullanım suyu devreleri aynı katlarda basınçlandırılmalıdır. Sıhhi tesisat ve ısıtma tesisatı devrelerine ilişkin daha detaylı tasarım notları, Isısan Çalışmaları No.361 Yüksek Yapılarda Tesisat kitabında bulunmaktadır.

2.11. ÖZEL PROJELER

2.11.1. ÖZEL PROJE 1

Proje örneği, güneş enerjisinin kullanımında, sistemin yüksek verimle çalışması için tasarlanmasına rağmen, son anda yapılan proje değişikliklerinin, sistem kayıplarını ve verimini nasıl etkilediğini basit şekilde göstermek amaçlıdır.

Muğla'da gerçekleştirilen proje üç ayrı binadan (ana bina, misafirhane ve müştemilat) oluşmaktadır. Kullanım suyu ısıtmasının güneş enerjisi ile karşılanması, gerektiğinde kazandan desteklenmesi planlanmıştır. Her binada ısıtma devresi olarak, döşemeden ısıtma ve fancoil/klima santrali devreleri düşünülmüştür. Döşemeden ısıtma binaların ısı kaybını karşılayacak şekilde planlanmıştır. Fancoil devresi daimi kullanılmayan binalarda, kullanım başladığında, ısıtmada hızlı şekilde konfor sıcaklığının sağlanması amaçlı sisteme eklenmiştir. Ana bina ve misafirhane daimi kullanılmamasına rağmen, müştemilat binası kış boyunca ısıtılacaktır.

İlk düşünce, her binanın ısıtma ve kullanım suyu sisteminin bina bazında çözülmesi olmasına rağmen, daha sonra bir ısı merkezi oluşturulmasına karar verilmiştir. Projede yakıt olarak LPG kullanılacaktır. Her üç bina ısı merkezine yaklaşık 50 m uzaklıktadır. Isı merkezinde ısıtma için yoğuşmalı duvar tipi kazanlar ile bir kaskad sistem oluşturulmuştur. Her binada ısı merkezinden beslenen bir gidiş kolektörü planlanmış ve bina ısıtma devreleri ile boyleri bu kolektörden beslenmiştir. Her binanın kumanda paneli mevcuttur ve ısı merkezinde bulunan kaskad sistem kontrol paneli ile iletişim halinde çalışmaktadır. Isı merkezinde ana gidiş kolektörü üzerinden, her bina ayrı pompa ile ayrı bir zon olarak planlanmıştır. Bu şekilde ısı merkezinden her binaya gidiş ve dönüş olmak üzere iki boru, toplam altı boru çekilmesi yeterli olacaktır. Bu boruların ısı kayıplarının düşük tutulabilmesi için, yalıtımları artırılmış ve PVC kaplanmış özel siyah çelik borular (jeotermal tip) kullanılmıştır. Boruların özel teknikle birleştirilmesiyle ek noktalarında ısı kayıpları minimuma indirilmiştir.

Kullanım suyu ısıtması için planlanan güneş enerjisi devresi bileşenleri bina bazında verilmiştir;

Ana bina
- 8 adet Logasol SKN 3.0 güneş kolektörü
- 1 adet Logalux SU 1000 duoCLEAN boyler
- 1 adet Logalux SU 500 duoCLEAN boyler
- 1 adet Logasol KS01.. kumanda paneli

Misafirhane
- 3 adet Logasol SKN 3.0 güneş kolektörü
- 1 adet Logalux SL 500 termosifon tip çift serpantinli boyler
- 1 adet Logasol KS kumanda paneli

Müştemilat
- 2 adet Logasol SKN 3.0 güneş kolektörü
- 1 adet Logalux SL 500 termosifon tip çift serpantinli boyler
- 1 adet Logasol KS01.. kumanda paneli

Ana binada yüksek miktarda kullanım sıcak suyu gereksinimi SU500 boyler kullanımı ile her şartta sorunsuz olarak, gerektiğinde ısıtma sisteminden karşılanabilmektedir. 1.000 litre güneş enerji devresinden beslenen boyler de göz önüne alındığında toplam 1.500 litre depolama hacmi oluşturulduğu görülmektedir. Sistem otomasyonu, her iki boylerin güneş enerjisi devresinden optimum şekilde faydalanmasını sağlar.

Misafirhane ve müştemilatta ise termosifon tip çift serpantinli boylerler kullanılmıştır. Boyler hacimleri, ilgili binaların kullanım sıcak suyu gereksinimlerine göre seçilmiştir. Boylerlerin alt serpantini güneş enerji devresinden, üst serpantini ise gerektiğinde bina gidiş kolektöründen beslenmektedir.

Güneş enerjisi sistemleri yaz aylarında özel durumlar haricinde, ısıtma desteği olmadan bina gereksinimleri karşılayacak şekilde boyutlandırılmıştır. Amaç olabildiğince, kazan sisteminin devreye girmemesi ve enerji ekonomisi sağlanmasıdır. Yaz aylarında ısı merkezinden her binaya çekilen gidiş ve dönüş hatlarında yüksek sıcaklıkta su dolaştırmak veya bulundurmak ciddi miktarda ısı kaybı getirecektir. Bu ısı kayıplarının minimize edilmesi gereklidir.

Projede son anda mimari nedenlerden dolayı ikinci bir değişiklik gerekli hale gelmiştir. Ana bina altında planlanan ısıtma kolektör grubu (gidiş/dönüş kolektörü, pompa, üç yollu vana, kontrol ünitesi ve diğer ekipmanlar) ile güneş enerjisi sistemi (güneş kolektörleri, kumanda paneli ve diğer ekipmanlar) ısı merkezine taşınmıştır. Son durumda, normalde tek bir büyük çaplı boru devresi ile beslenecek ana binaya, iki ısıtma devresi ve kullanım suyu olmak üzere üç boru devresi çekilmiştir. Sistemin son halinde ısıtma tesisatında gerçekleşen verim düşümü incelenmeyecektir. İki ısıtma devresinde en az ısı kaybı olacak şekilde özel boru uygulaması yapılmasına rağmen, kullanım suyu devresinde özel bir uygulama yapılamamıştır.

Ana bina çatısı yerine, ısı merkezi üzerine yerleştirilen güneş kolektörleri, tam güneye bakacak şekilde yerleştirilememiş ve 30° doğuya döndürülmüştür. Güneyden 30°'lik sapma yaz şartlarında bile saat 17.00'den sonra kolektörlerin güneşten yeterince enerji almasını engellemekte ve güneş enerjisi sistemi devreden çıkmaktadır. Normal şartlar altında kolektör ve boyler su sıcaklığına göre, debi ayarı yaparak uzun süre çalışabilecek bir otomatik kontrole sahip olan sistemden yeterince fayda sağlanabilir.

Ana binanın kullanım suyu gereksinimi, son durumda, ısı merkezine alınan iki adet boylerden oluşan, güneş enerjisi devresi destekli sistem ile karşılanacaktır. Ana bina ve ısı merkezi arası 50 m ve ana bina için sirkülasyon hattı uzunluğu yaklaşık 40 m olarak ölçülmüştür. Bu durumda, ısı merkezinde bulunan boyler çıkışı ile ana binada bulunan en uzak kullanım ve sirkülasyon noktası arası yaklaşık 90 m olmaktadır. Gidiş dönüş olarak ele alınır ise 180 m hat uzunluğu düşünülmelidir. Sirkülasyon hattında gün içinde 24 saat devrede olan bir sirkülasyon pompası bulunmaktadır. Sirkülasyon hatlarının kullanımı, hattaki ılık suyu boşa akıtmadan, en hızlı şekilde ve yüksek konforla sıcak su kullanımını hedeflemektedir. Kesintisiz sirkülasyon pompası kullanımı, özellikle uzun sirkülasyon hatlarında ciddi ısı kayıplarına sebep olabilir. Sirkülasyon hattında bulunan suyun bir saatte üç defa sirküle edilmesi, kesintili sirkülasyon pompası otomasyonu, genelde konfor ve verim anlamında tavsiye edilir.
Projede Ağustos ayında ısı merkezinde bulunan boyler sisteminin çıkış ve ana binadan dönen sirkülasyon hattı su sıcaklıkları farkı incelenmiştir. Bu inceleme sırasında binada sıcak su kullanımı olmamıştır ve kazan sistemi devre dışı bırakılmıştır. Sirkülasyon pompası ise sürekli devrededir.

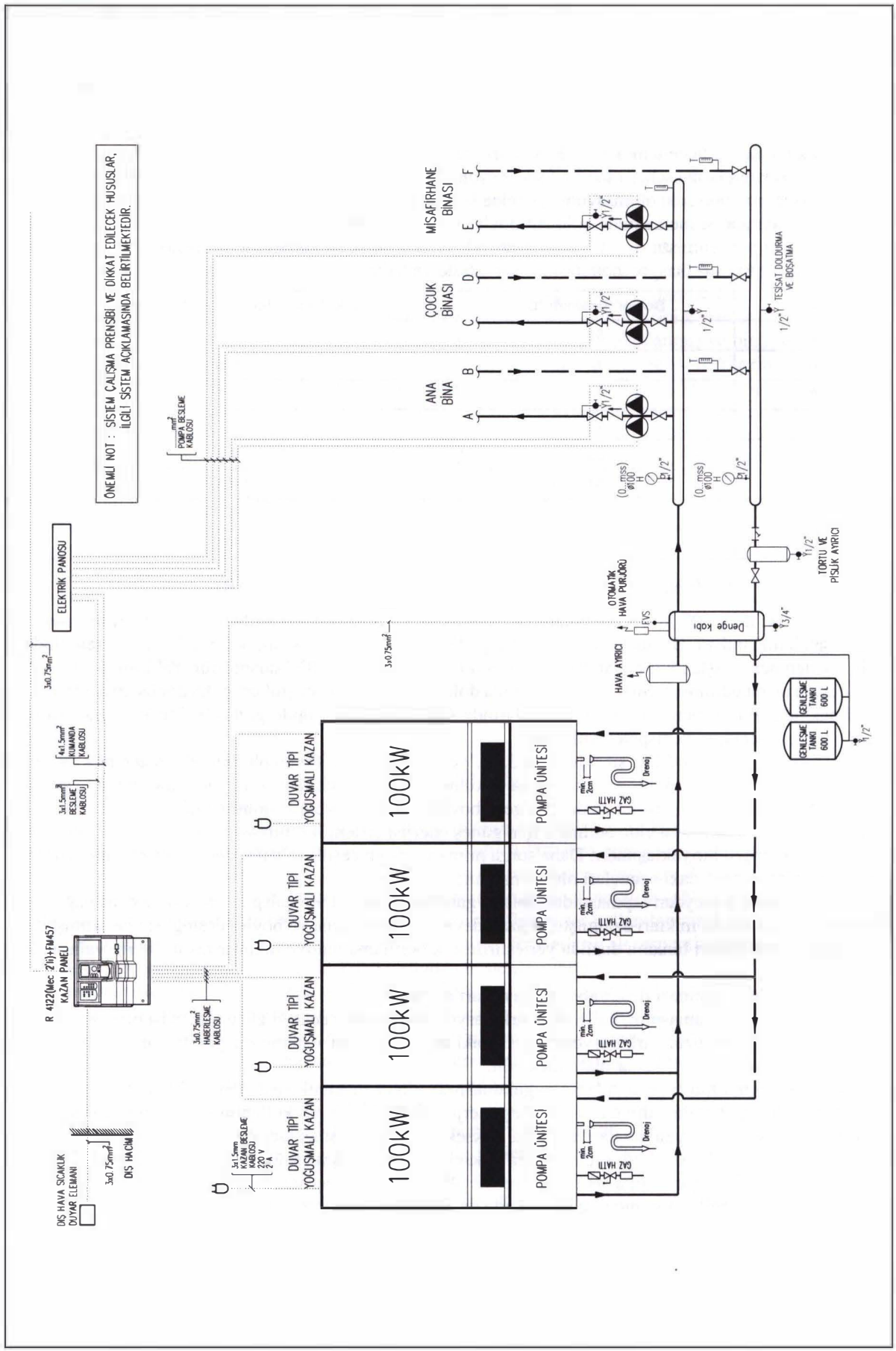
Saat	Boyler Sıcaklığı °C	Sirkülasyon hattı sıcaklık düşümü °C
18.00	51	4
19.00	47	2,5
21.00	44	1,5
23.00	41	1
01.00	39	0,8
03.00	37	0,8
05.00	36	0,7
07.00	35	0,7

Tablo 2.324. ZAMANA BAĞLI SICAKLIK FARKLARI

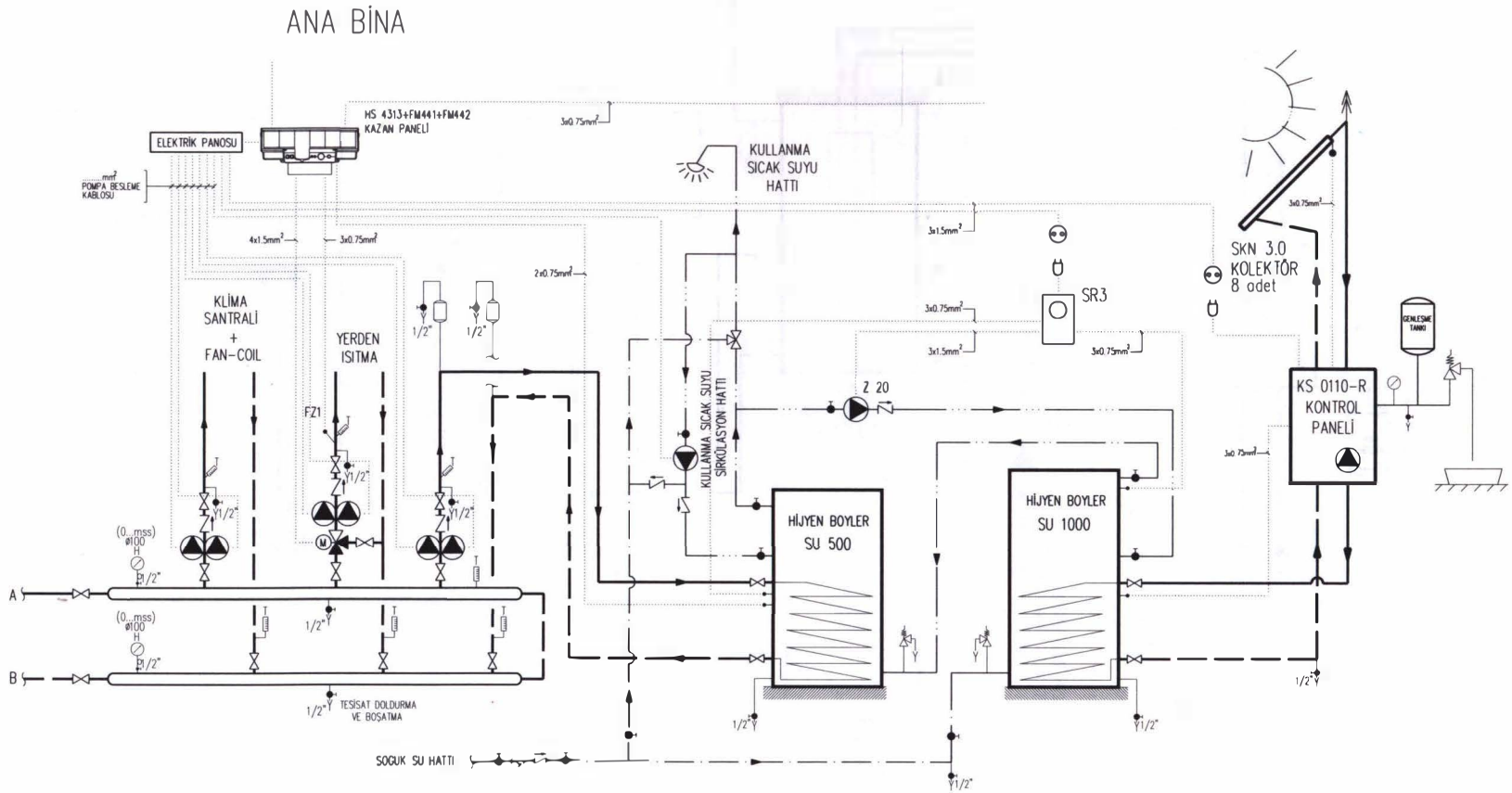
Saat 18.00'de 51°C'de 1.500 litre su depolanmış halde iken, sirkülasyon gidiş-dönüş sıcaklıkları arasında fark 4°C olarak gözlemlenmiştir. Bir saat sonra su sıcaklığı 47°C'ye düşmüş ve sıcaklık farkı 2,5°C mertebesindedir. Sistemin incelenmeye başlandığı andan beş saat sonra boyler sıcaklığı 10°C düşmüştür. Yaklaşık 12 saat sonra ise 15°C düşüm tespit edilmiştir. Sirkülasyon hattında dolaşan su sıcaklığı düştükçe, gidiş dönüş arasında sıcaklık farkı azalmaktadır. Bu incelemenin Bodrum şartlarında Ağustos ayında yapıldığı düşünülecek olursa, boruların bulunduğu toprak sıcaklığı da nispeten yüksektir.
Bir gece içerisinde 1.500 litre 51°C sıcaklıkta su 35°C'ye soğumuştur. Aslında bir gün boyunca güneş enerji sisteminin topladığı bedava enerji, bir gece boyunca sirkülasyon hattı tarafından ısı kaybı olarak toprağa atılmıştır da denebilir. Sirkülasyon pompasının az da olsa gece boyunca çektiği gücü de unutmamak gerekir.
Bu projede sıcak kullanım suyu elde edilmesi için güneş enerjisi sistemi kurulması ve sistemin kullanım olacak binada bulunması doğru bir yaklaşımdır. Daha sonra mimari, ses vb çeşitli sebeplerden güneş enerjisi sisteminin yerinin değiştirilmesi aşağıdaki sonuçları oluşturmuştur;

- Kolektör grubunun güneyden sapmasından dolayı, güneş enerjisi sistemi çalışma saatleri ve buna bağlı olarak güneşten elde edilen ısı miktarı azalmıştır. Kazan devreye girme sayısı ve boyler desteği süresi artmıştır.
- Boylerlerin, besledikleri binanın dışında yerleştirilmesi, borulama maliyetini artırmıştır. (boru, yalıtım, kazı, imalat vb)
- Sirkülasyon hattının uzaması ile beraber ısı kayıpları artmıştır.
- Sirkülasyon hattının uzamasının, kullanılan sirkülasyon pompasının çektiği gücü artırması olasıdır.
- Yalıtımın iyi olmadığı uzun sirkülasyon hatlarındaki ısı kaybı, aynı sisteme bir gün boyunca güneş enerjisi sisteminden aktarılan enerji kadar olabilmektedir.

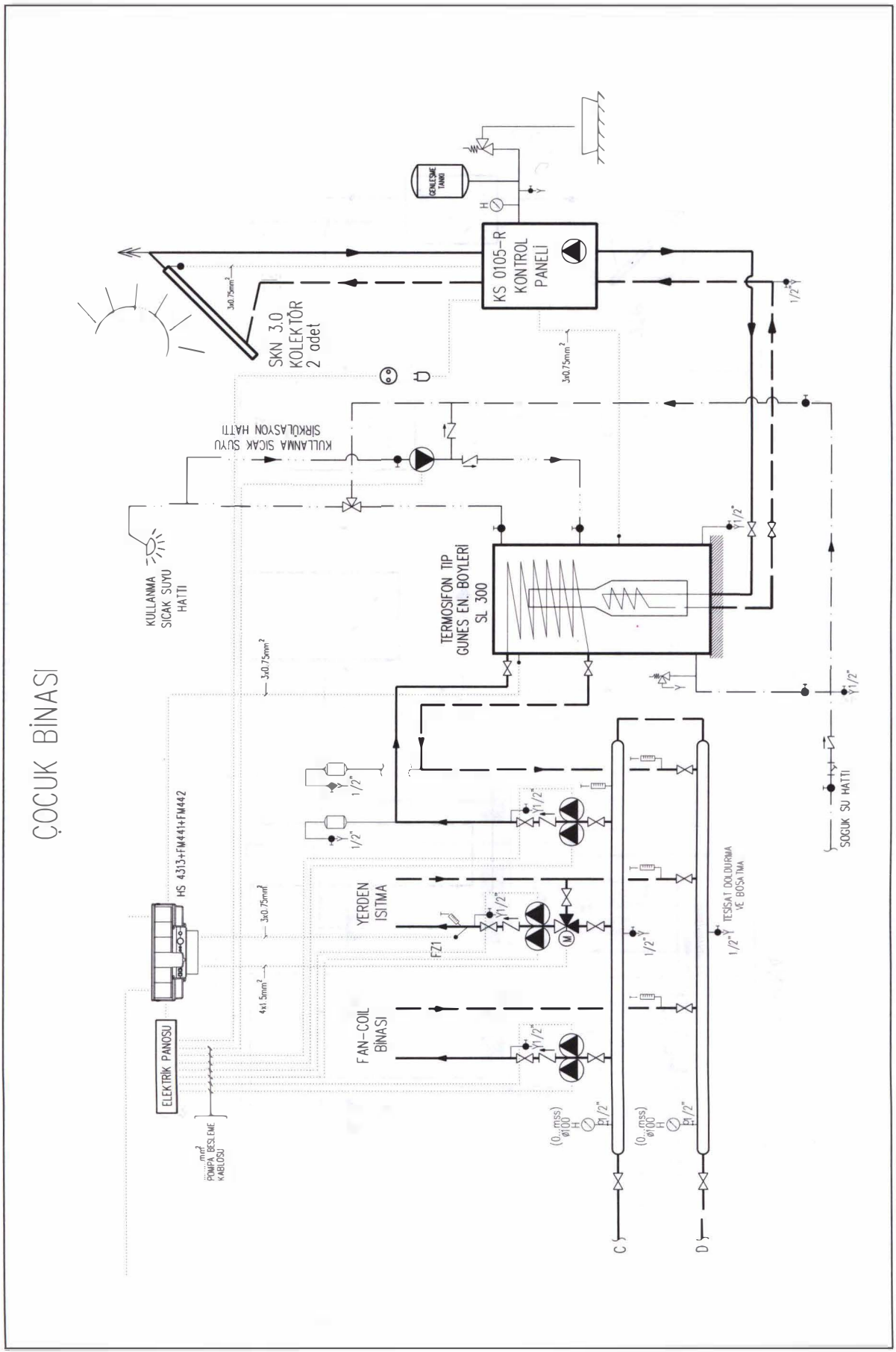
Güneş enerjisi sistemlerinin tasarımında ve uygulamasında, diğer mekanik sistemler ve bina yapısı ile uyumlu çalışması gerekliliği göz önüne alınmalıdır. Güneş enerjisi sistemleri gerek kullanım suyu, gerek ısıtma desteği anlamında, düşük sıcaklık uygulamaları ile daha yüksek verimle çalışmaktadırlar. Kullanım suyu ısıtmasında 60°C yerine 45°C'de boyler sıcaklığı seçimi, daha yüksek verimle çalışma sağlar. Isıtma desteği uygulamasında 75/60°C veya 65/50°C çalışan ısıtma sistemleri yerine 40/30°C sistemler tercih edilmelidir. Döşemeden ısıtma sadece güneş enerjisi değil, ısı pompaları anlamında da en yüksek verimin alınacağı uygulama olarak öne çıkmaktadır. Havuz ısıtması uygun eşanjör boyutları ile önemli bir uygulama alanıdır.
Güneş enerjisi sistemi tasarımında ve uygulamasında borulama uzunlukları mümkün olduğunca düşük tutulmalıdır. Güneş kolektörleri ile boylerleri arası borulamanın kısa olmasının yanında sirkülasyon hatları da kısa planlanmalıdır.
Güneş enerjisi sisteminden en yüksek katkı sadece yüksek kolektör adedi ile sağlanamaz. Sistem, kolektör adedi, boyler kapasite seçimi, kontrol mantığı ve yatırım/işletme maliyeti ile beraber düşünülmelidir.



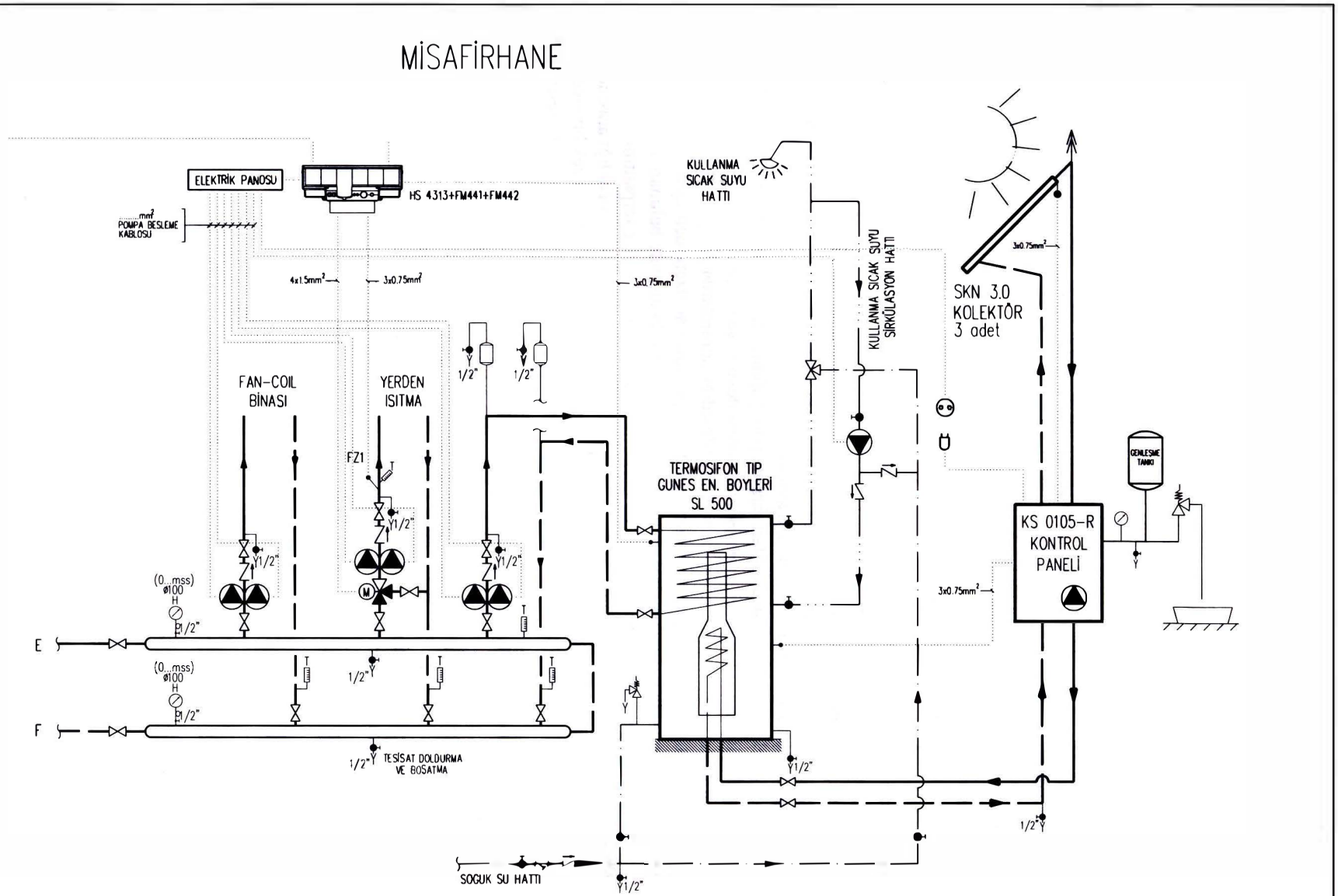
Şekil 2.325. KASKAD SİSTEM TESİSAT ŞEMASI



Şekil 2.326. ANA BİNA TESİSAT ŞEMASI



Şekil 2.327. ÇOCUK BİNASI TESİSAT ŞEMASI



Şekil 2.328. **MİSAFİRHANE** TESİSAT ŞEMASI

2.11.2. ÖZEL PROJE 2

Proje örneği, Türkiye'de çok sayıda örneği olan yazlık ve hafta sonu evlerinde, mevcut kapalı devre güneş enerjisi sistemlerinin, evin kullanılmadığı aylarda, ısıtma desteği (nem alma) sağlayabileceğini göstermek amaçlıdır.

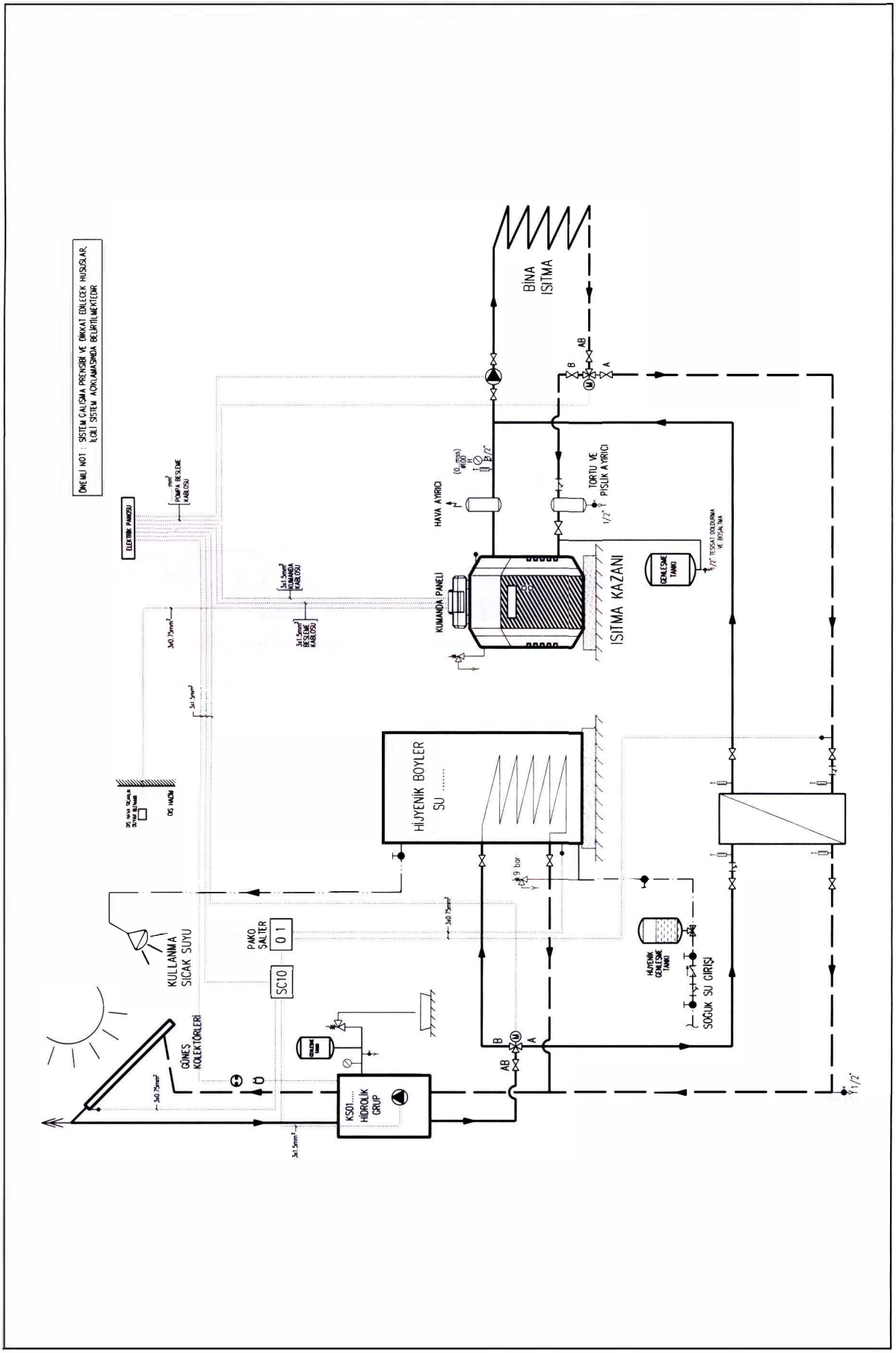
Örnek ev, esas olarak yazlık özelliğindedir. Bahar ve kış aylarında özellikle hafta sonlarında evin az da olsa kullanımı söz konusu olmaktadır. Sistemde bu tip kullanımlar için ısıtma, duvar tipi yoğuşmalı kazan ile sağlanmaktadır, denge kabı ve ek bir pompa ile sistem tamamlanmıştır.

Yaz kullanımında, sıcak su gereksinimi kapalı devre bir güneş enerji sistemi ile sorunsuz karşılanmaktadır. Yaz aylarında büyük boyler hacminden dolayı, yeterince kullanım sıcak suyu depolanmakta ve ek bir su ısıtıcısı gerekmemektedir.

Bu tip kullanıma sahip evlerde iki temel sorun ile karşılaşılmaktadır. Evlerde kullanım olmadığı hafta arası günlerde, yüksek yakıt fiyatlarından dolayı ısıtma yapılmamaktadır. Eve hafta sonu gelindiğinde, bütün hafta ısıtma yapılmamış olmasından kaynaklı, taban, tavan, yan yüzeyler ve hatta mobilyalar dahil tüm eşyalar düşük sıcaklıktadır. Hacimde hava sıcaklığı artırılabilmekte ama hacmi çevreleyen duvar sıcaklıklarının düşük olmasından dolayı, hissedilen oda sıcaklığı konfor şartlarının altında kalmaktadır. Eve gelir gelmez ısıtma sistemi çalıştırılsa bile, evin ısıl ataletinden dolayı, konfor şartlarına ulaşılması çok geç olmaktadır. Sistemde döşemeden ısıtma yapılıyorsa, ev ısıtılamadan hafta sonu geçmiş olabilir.

Aynı zamanda evin kapalı kalmasından dolayı nem oranı yükselmektedir bu, hacimde ıslaklık hissine neden olmasının yanı sıra, evin boya, badana ve mobilyalarına zarar vermektedir. Bu tip evlerde kısa periyotlarda boya ve badana yenileme gereksinimi ortaya çıkmaktadır.

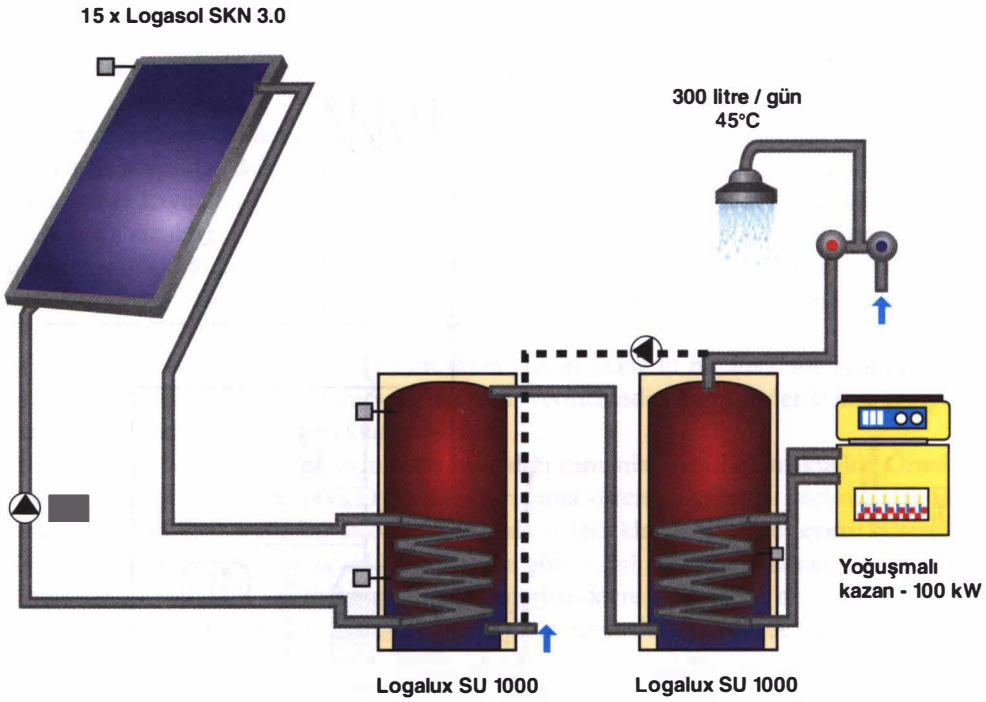
Mevcut kapalı devre güneş enerji sistemi, evin kullanılmadığı zamanlarda atıl kalmaktadır. Örnek tesisat, güneş enerji devresinin, geçiş mevsimlerinde veya kış aylarında, ısıtma sistemi üzerinden hacimlere ısı iletilmesini sağlamaktadır. Prensip basittir. Evin kullanımda olduğu aylarda sistem klasik bir güneş enerji sistemi olarak boyleri ısıtmaktadır. İşletim kolektör ve boyler sıcaklıkları farkına göre yapılmaktadır. Kumanda paneli içindeki pompa SC40 kumanda modülü ile kontrol edilmektedir. Güneş enerjisi devresi ve ısıtma devresindeki üç yollu vanalar, evin kullanıldığı durumlarda B ağızları, evin kullanımda olmadığı durumlarda A ağızları açık olacak şekilde düşünülmüştür. Evin kullanımda olmayacağı durum için bir seçici anahtar üzerinden ayarlama yapılmakta ve seçici anahtarın bu konumunda kazan kapalı durumdadır. Isıtma devresi dönüşünde bulunan üç yollu vananın A ağzı açık konumdadır. Güneş enerjisi devresi, VS-SU üç yollu vana üzerinden boyler serpantini yerine harici bir eşanjörü beslemektedir. Bu durumda sistem, kolektör sıcaklığı ile ısıtma devresi dönüş sıcaklığı arasındaki farka göre kumanda almaktadır. Eğer kolektör ve ısıtma devresi arasında, ısı transferine izin verecek bir sıcaklık farkı (8-10°C) oluşur ise, KS01.. hidrolik grupta bulunan pompa çalışmaya başlar, aynı anda ısıtma devresinde denge kabının çıkışında bulunan pompa da çalıştırılır. Bu sayede güneş enerji sistemi, sisteme ilave edilen eşanjör üzerinden ısıtma devresini ısıtmaya başlar, eğer ısıtma devresi dönüş suyu sıcaklığı ile kolektör sıcaklığı arasındaki fark kapanmaya başlar ise, güneş devresinde bulunan pompa modülasyon yaparak bu sıcaklık farkını olabildiğince yüksek tutmaya çalışır. Bu sistemdeki çalışma mantığı, güneş enerjisinden sağlanabilecek en düşük faydanın bile ısıtma devresine aktarılmasıdır. Bu şekilde evde gerçek anlamda bir ısıtma olmasa bile ılıtma ve nem alma işlemi sağlanmış olacaktır. Bu da evin kullanımının başladığı zaman kazanın evi ısıtmak için kapatması gereken sıcaklık farkını azaltarak yakıt tasarrufu sağlamaktadır.



Şekil 2.329. ÖZEL PROJE 2 TESİSAT ŞEMASI

2.12. ÖRNEK SİMÜLASYONLAR

2.12.1. KULLANIM SUYU ISITMASI İÇİN GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMİ ÖRNEK SİMÜLASYON RAPORU



YILLIK SİMÜLASYON SONUÇLARI :

Kurulu kolektör gücü	: 24,99 kW
Kolektör yüzeyine gelen ışınım	: 56,22 MWh , 1.661,34 kWh/m²
Kolektörler tarafından üretilen enerji	: 24,24 MWh , 716,20 kWh/m²
Kolektör devresi tarafından üretilen enerji	: 22,25 MWh , 657,39 kWh/m²
Toplam kullanım suyu ısıtma ihtiyacı	: 36,29 MWh
Güneş enerjisi tarafından sağlanan enerji	: 21,99 MWh
Ek ısıtma sisteminden sağlanan enerji	: 15,10 MWh
Önlenen CO_2 emisyon miktarı	: 5.721,57 kg
Kullanım sıcak suyu karşılama oranı	: %59,3
Oransal enerji kazanımı	: %60,6
Sistem verimi	: %39,1

TEMEL VERİLER:

İklim dosyası:

Yer	: İstanbul
İklim veri kayıtları	: "İstanbul "
Toplam yıllık ışınım miktarı	: 1503,26 kWh
Enlem	: 41,02 °
Boylam	: -28,97 °

Kullanım sıcak suyu:

Ortalama günlük tüketim	: 3000 l
İstenen sıcaklık değeri	: 45 °C
Tüketim profili	: Otel
Şebeke suyu sıcaklığı: Şubat	: 9 °C - Ağustos: 23 °C

SİSTEM BİLEŞENLERİ :

Kolektör devresi

Kolektörü üreticisi	: Buderus
Kolektör tipi	: Logasol SKN 3.0
Kolektör adedi	: 15
Toplam brüt kolektör alanı	: 35,7 m²
Toplam etkin kolektör alanı	: 33,84 m²
Eğim açısı	: 30°
Güney yönünden sapma	: 0°

Kazan tarafı kullanım sıcak suyu boyleri

Boyleri üreticisi	: Buderus
Boyler tipi	: Logalux SU 1000
Boyler hacmi	: 1000 l

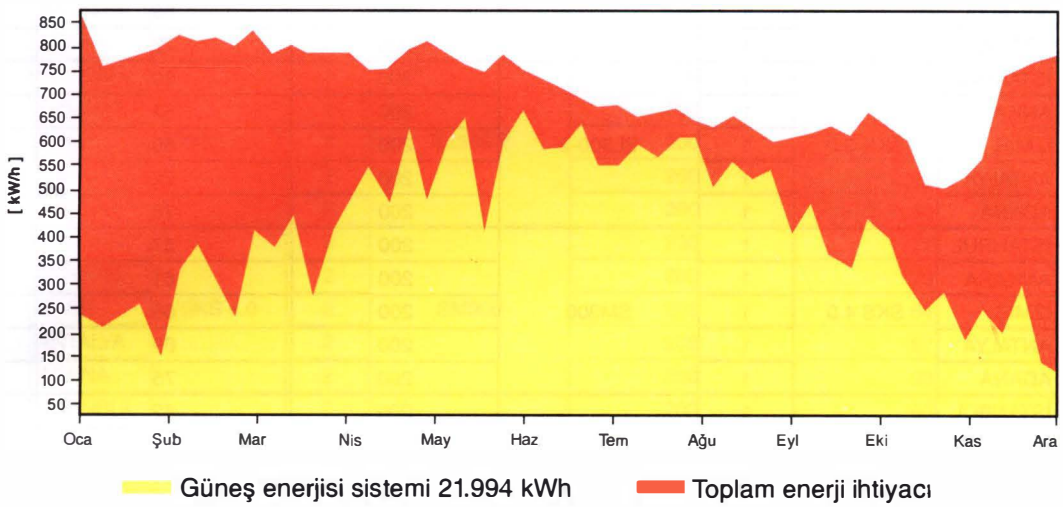
Güneş tarafı ön ısıtma boyleri

Boyleri üreticisi	: Buderus
Boyler tipi	: Logalux SU 1000
Boyler hacmi	: 1000 l

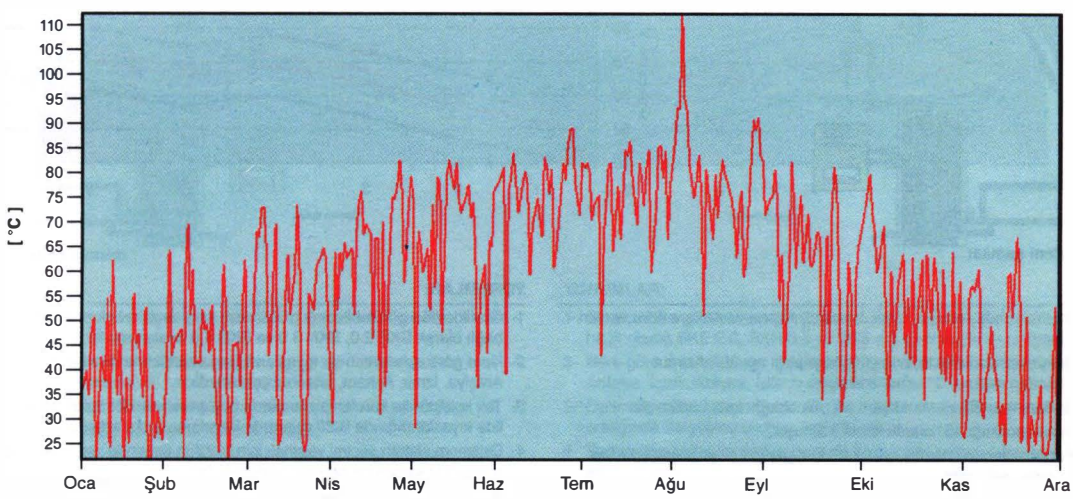
Ek ısıtma sistemi

Ek ısıtma sistemi üreticisi	: Buderus
Ek ısıtma sistemi tipi	: Yoğuşmalı Kazan
Nominal kapasite	: 100 kW

Toplam enerji ihtiyacı ve güneş enerjisi katkısı



Gün içinde gerçekleşen maksimum kolektör sıcaklığı

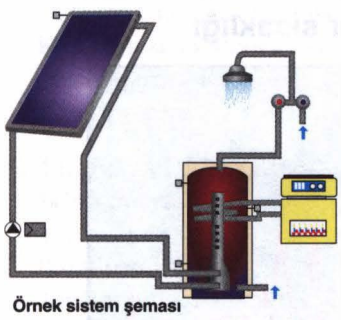


2.12.2. ÇEŞİTLİ GÜNEŞ ENERJİSİ UYGULAMALARI İÇİN İLLERE GÖRE SİMÜLASYON SONUÇLARI VE KARŞILAŞTIRMALARI

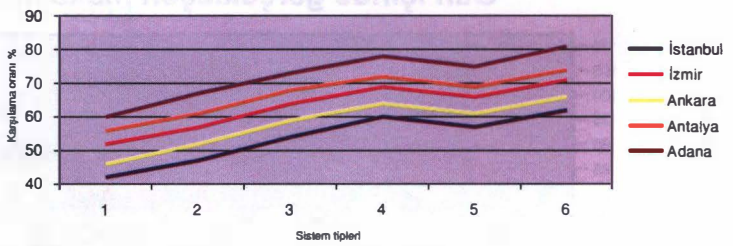
BUDERUS LOGASOL GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ İLE KULLANIM SUYU ISITMASI KARŞILAŞTIRMA TABLOSU

TABLO A

SİSTEM TİPİ	İL	KOLEKTÖR TİPİ	ADET	KULLANIM SICAK SUYU BOYLER TİPİ	SICAK SU TÜKETİMİ (l / gün)	YILLIK KULLANIM SUYU KARŞILAMA ORANI %	SİSTEM VERİMİ %
SİSTEM 1	İSTANBUL	SKE 2.0	1	SM300	200	42	31
	ANKARA		1		200	46	32
	İZMİR		1		200	52	30
	ANTALYA		1		200	56	31
	ADANA		1		200	60	32
SİSTEM 2	İSTANBUL	SKE 2.0	1	SL300-2	200	47	34
	ANKARA		1		200	52	35
	İZMİR		1		200	57	33
	ANTALYA		1		200	61	34
	ADANA		1		200	67	35
SİSTEM 3	İSTANBUL	SKN 3.0	1	SM300	200	54	41
	ANKARA		1		200	59	41
	İZMİR		1		200	64	38
	ANTALYA		1		200	68	40
	ADANA		1		200	73	40
SİSTEM 4	İSTANBUL	SKN 3.0	1	SL300-2	200	60	45
	ANKARA		1		200	64	44
	İZMİR		1		200	69	41
	ANTALYA		1		200	72	42
	ADANA		1		200	78	43
SİSTEM 5	İSTANBUL	SKS 4.0	1	SM300	200	57	46
	ANKARA		1		200	61	46
	İZMİR		1		200	66	43
	ANTALYA		1		200	69	44
	ADANA		1		200	75	45
SİSTEM 6	İSTANBUL	SKS 4.0	1	SL300-2	200	62	51
	ANKARA		1		200	66	50
	İZMİR		1		200	71	46
	ANTALYA		1		200	74	47
	ADANA		1		200	81	48



Örnek sistem şeması



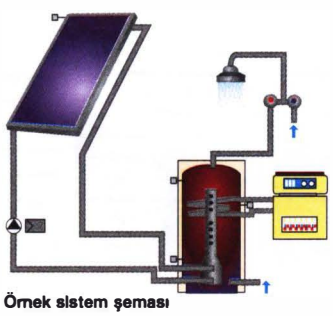
NOTLAR:

1- Sistem tasarımlannda Antalya, İzmir, İstanbul, Adana ve Ankara iklim verileri kullanılmıştır.
2- Sistem tasarımlarında kolektörlerin yatayla yaptığı açı 30°, Azimut (güney yönünden sapma) 0° kabul edilmiştir.
3- Sıcak su kullanım profili olarak akşam pik yük olduğu kabul edilmiştir.
4- Kullanım suyu sıcaklığı 45° olarak kabul edilmiştir.
5- Güneş enerjisi sistemine destek olarak 29 kW gaz yakıtlı yoğuşmalı kazan kullanıldığı kabul edilmiştir.
6- Kullanım sıcak suyu sirkülasyon hattı olmadığı kabul edilmiştir.
7- 200 l/gün 4 kişilik bir ailenin günlük kullanım sıcak suyu tüketimini yaklaşık olarak karşılayabilir.

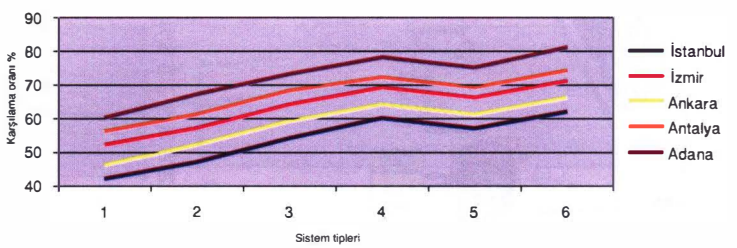
YORUMLAR:

1- Grafiklerden görülebileceği gibi sistem karşılama oranlannda kolektör tipine bağlı olarak SKE 2.0, SKN 3.0 ve SKS 4.0 sıralaması ile artışlar görülmektedir.
2- İllere göre aynı sistemler kıyaslandığında karşılama oranları sıralaması Adana, Antalya, İzmir, Ankara, İstanbul şeklindedir.
3- Tek kolektör ile kurulan sistemlerde boyler ve kolektör tipleri değiştirilerek aynı ilde kıyaslandığında %20 civarında karşılama oranı artışı elde edilebilmektedir.
4- Optimum sistem seçimi yapmak için %30'un üzerinde verim ve %65-70 aralığında karşılama oranlan hedeflenebilir.
5- Termosifon tip boyler kullanımı % 3-5 oranında verim ve karşılama oranını artırmaktadır.

BUDERUS LOGASOL GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ İLE KULLANIM SUYU ISITMASI KARŞILAŞTIRMA TABLOSU							
TABLO B							
SİSTEM TİPİ	İL	KOLEKTÖR TİPİ	ADET	KULLANIM SICAK SUYU BOYLER TİPİ	SICAK SU TÜKETİMİ (l / gün)	YILLIK KULLANIM SUYU KARŞILAMA ORANI %	SİSTEM VERİMİ %
SİSTEM 1	İSTANBUL	SKE 2.0	2	SM300	200	63	24
	ANKARA		2		200	67	24
	İZMİR		2		200	72	22
	ANTALYA		2		200	76	23
	ADANA		2		200	82	23
SİSTEM 2	İSTANBUL	SKE 2.0	2	SL300-2	200	67	26
	ANKARA		2		200	71	25
	İZMİR		2		200	75	23
	ANTALYA		2		200	79	24
	ADANA		2		200	86	24
SİSTEM 3	İSTANBUL	SKN 3.0	2	SM300	200	75	30
	ANKARA		2		200	77	29
	İZMİR		2		200	82	27
	ANTALYA		2		200	85	28
	ADANA		2		200	91	28
SİSTEM 4	İSTANBUL	SKN 3.0	2	SL300-2	200	78	31
	ANKARA		2		200	80	30
	İZMİR		2		200	84	27
	ANTALYA		2		200	88	28
	ADANA		2		200	93	28
SİSTEM 5	İSTANBUL	SKS 4.0	2	SM300	200	77	34
	ANKARA		2		200	79	33
	İZMİR		2		200	84	30
	ANTALYA		2		200	87	31
	ADANA		2		200	93	31
SİSTEM 6	İSTANBUL	SKS 4.0	2	SL300-2	200	80	35
	ANKARA		2		200	82	33
	İZMİR		2		200	86	30
	ANTALYA		2		200	89	31
	ADANA		2		200	95	31



Örnek sistem şeması



NOTLAR:

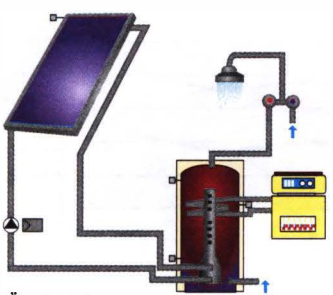
1- Sistem tasarımlarında Antalya, İzmir, İstanbul, Adana ve Ankara iklim verileri kullanılmıştır.
2- Sistem tasarımlarında kolektörlerin yatayla yaptığı açı 30°, Azimut (güney yönünden sapma) 0° kabul edilmiştir.
3- Sıcak su kullanım profili olarak akşam pik yük olduğu kabul edilmiştir.
4- Kullanım suyu sıcaklığı 45° olarak kabul edilmiştir.
5- Güneş enerjisi sistemine destek olarak 29 kW gaz yakıtlı yoğuşmalı kazan kullanıldığı kabul edilmiştir.
6- Kullanım sıcak suyu sirkülasyon hattı olmadığı kabul edilmiştir.
7- 200 l/gün 4 kişilik bir ailenin günlük kullanım sıcak suyu tüketimini yaklaşık olarak karşılayabilir.

YORUMLAR:

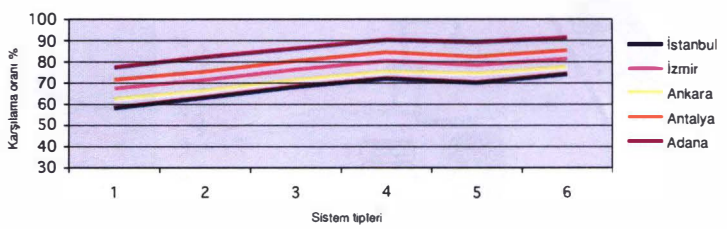
1- Grafiklerden görülebileceği gibi sistem karşılama oranlarında kolektör tipine bağlı olarak SKE 2.0, SKN 3.0 ve SKS 4.0 sıralaması ile artışlar görülmektedir.
2- İllere göre aynı sistemler kıyaslandığında karşılama oranları sıralaması Adana, Antalya, İzmir, Ankara, İstanbul şeklindedir.
3- Optimum sistem seçimi yapmak için %30'un üzerinde verim ve %65-70 aralığında karşılama oranları hedeflenebilir.
4- Termosifon tip boyler kullanımı % 3-5 oranında verim ve karşılama oranını artırmaktadır.

ISISAN

BUDERUS LOGASOL GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ İLE KULLANIM SUYU ISITMASI KARŞILAŞTIRMA TABLOSU							
TABLO C							
SİSTEM TİPİ	İL	KOLEKTÖR TİPİ	ADET	KULLANIM SICAK SUYU BOYLERTİPİ	SICAK SU TÜKETİMİ (l / gün)	YILLIK KULLANIM SUYU KARŞILAMA ORANI %	SİSTEM VERİMİ %
SİSTEM 1	İSTANBUL	SKE 2.0	3	SM500	400	58	28
	ANKARA		3		400	62	28
	İZMİR		3		400	67	25
	ANTALYA		3		400	71	26
	ADANA		3		400	77	27
SİSTEM 2	İSTANBUL	SKE 2.0	3	SL500-2	400	63	30
	ANKARA		3		400	66	30
	İZMİR		3		400	71	27
	ANTALYA		3		400	75	27
	ADANA		3		400	82	28
SİSTEM 3	İSTANBUL	SKN 3.0	3	SM500	400	68	34
	ANKARA		3		400	71	33
	İZMİR		3		400	76	30
	ANTALYA		3		400	80	30
	ADANA		3		400	86	31
SİSTEM 4	İSTANBUL	SKN 3.0	3	SL500-2	400	72	36
	ANKARA		3		400	75	35
	İZMİR		3		400	80	31
	ANTALYA		3		400	84	32
	ADANA		3		400	90	32
SİSTEM 5	İSTANBUL	SKS 4.0	3	SM500	400	70	38
	ANKARA		3		400	74	37
	İZMİR		3		400	78	33
	ANTALYA		3		400	82	34
	ADANA		3		400	89	35
SİSTEM 6	İSTANBUL	SKS 4.0	3	SL500-2	400	74	40
	ANKARA		3		400	77	38
	İZMİR		3		400	81	34
	ANTALYA		3		400	85	35
	ADANA		3		400	91	35



Örnek sistem şeması



NOTLAR:

1- Sistem tasarımlarında Antalya, İzmir, İstanbul, Adana ve Ankara iklim verileri kullanılmıştır.

2- Sistem tasarımlarında kolektörlerin yatayla yaptığı açı 30°, Azimut (güney yönünden sapma) 0° kabul edilmiştir.

3- Sıcak su kullanım profili olarak akşam pik yük olduğu kabul edilmiştir.

4- Kullanım suyu sıcaklığı 45° olarak kabul edilmiştir.

5- Güneş enerjisi sistemine destek olarak 60 kW gaz yakıtlı yoğuşmalı kazan kullanıldığı kabul edilmiştir.

6- Kullanım sıcak suyu sirkülasyon hattı olmadığı kabul edilmiştir.

7- 400 l/gün 8 kişilik bir ailenin günlük kullanım sıcak suyu tüketimini yaklaşık olarak karşılayabilir.

YORUMLAR:

1- Grafiklerden de görülebileceği gibi sistem karşılama oranlarında kolektör tipine bağlı olarak SKE 2.0, SKN 3.0 ve SKS 4.0 sıralaması ile artışlar görülmektedir.

2- İllere göre aynı sistemler kıyaslandığında karşılama oranları sıralaması Adana, Antalya, İzmir, Ankara, İstanbul şeklindedir.

3- Boyler ve kolektör tipleri değiştirilerek aynı ilde kıyaslandığında %15 civarında karşılama oranı artışı elde edilebilmektedir.

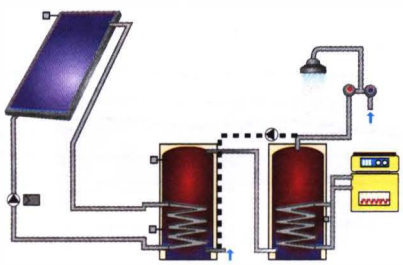
4- Optimum sistem seçimi yapmak için %30'un üzerinde verim ve %65-70 aralığında karşılama oranları hedeflenebilir.

5- Depolama hacmi günlük kullanımdan fazla ise çift serpantinli tek boyler kullanımı, aynı kapasiteyi sağlayacak iki adet tek serpantinli boyler kullanımına göre daha yüksek karşılama oranı sağlar.

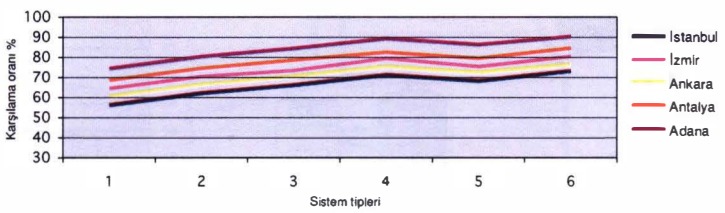
BUDERUS LOGASOL GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ İLE KULLANIM SUYU ISITMASI KARŞILAŞTIRMA TABLOSU

TABLO D

SİSTEM TİPİ	İL	KOLEKTÖR TİPİ	ADET	KULLANIM SICAK SUYU BOYLER TİPLERİ (GES tarafı + Kazan tarafı)	SICAK SU TÜKETİMİ (l / gün)	YILLIK KULLANIM SUYU KARŞILAMA ORANI %	SİSTEM VERİMİ %
SİSTEM 1	İSTANBUL	SKE 2.0	3	SU200 + SU200	400	56	27
	ANKARA		3		400	60	27
	İZMİR		3		400	64	24
	ANTALYA		3		400	68	25
	ADANA		3		400	74	26
SİSTEM 2	İSTANBUL	SKE 2.0	3	SL300-1 + SU200	400	62	31
	ANKARA		3		400	66	30
	İZMİR		3		400	70	27
	ANTALYA		3		400	74	28
	ADANA		3		400	80	28
SİSTEM 3	İSTANBUL	SKN 3.0	3	SU200 + SU200	400	66	33
	ANKARA		3		400	70	33
	İZMİR		3		400	73	29
	ANTALYA		3		400	78	30
	ADANA		3		400	84	30
SİSTEM 4	İSTANBUL	SKN 3.0	3	SL300-1 + SU200	400	71	36
	ANKARA		3		400	75	35
	İZMİR		3		400	79	31
	ANTALYA		3		400	82	32
	ADANA		3		400	89	32
SİSTEM 5	İSTANBUL	SKS 4.0	3	SU200 + SU200	400	68	37
	ANKARA		3		400	72	37
	İZMİR		3		400	75	32
	ANTALYA		3		400	79	33
	ADANA		3		400	86	34
SİSTEM 6	İSTANBUL	SKS 4.0	3	SL300-1 + SU200	400	73	40
	ANKARA		3		400	76	39
	İZMİR		3		400	80	34
	ANTALYA		3		400	84	35
	ADANA		3		400	90	35



Örnek sistem şeması



NOTLAR:

1- Sistem tasarımlarında Antalya, İzmir, İstanbul, Adana ve Ankara iklim verileri kullanılmıştır.

2- Sistem tasarımlarında kolektörlerin yatayla yaptığı açı 30°, Azimut (güney yönünden sapma) 0° kabul edilmiştir.

3- Sıcak su kullanım profili olarak akşam pik yük olduğu kabul edilmiştir.

4- Kullanım suyu sıcaklığı 45° olarak kabul edilmiştir.

5- Güneş enerjisi sistemine destek olarak 60 kW gaz yakıtlı yoğuşmalı kazan kullanıldığı kabul edilmiştir.

6- Kullanım sıcak suyu sirkülasyon hattı olmadığı kabul edilmiştir.

7- 400 l/gün 8 kişilik bir ailenin günlük kullanım sıcak suyu tüketimini yaklaşık olarak karşılayabilir.

YORUMLAR:

1- Grafiklerden de görülebileceği gibi sistem karşılama oranlarında kolektör tipine bağlı olarak SKE 2.0, SKN 3.0 ve SKS 4.0 sıralaması ile artışlar görülmektedir.

2- İllere göre aynı sistemler kıyaslandığında karşılama oranları sıralaması Adana, Antalya, İzmir, Ankara, İstanbul şeklindedir.

3- Boyler ve kolektör tipleri değiştirilerek aynı ilde kıyaslandığında %15 civarında karşılama oranı artışı elde edilebilmektedir.

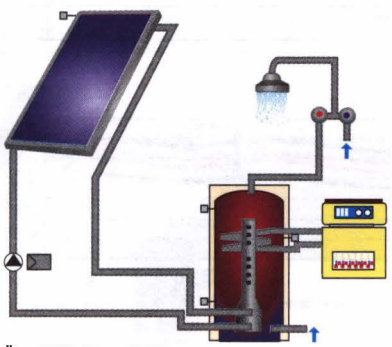
4- Optimum sistem seçimi yapmak için %30'un üzerinde verim ve %65-70 aralığında karşılama oranları hedeflenebilir.

5- Depolama hacmi günlük kullanımdan fazla ise çift serpantinli tek boyler kullanımı, aynı kapasiteyi sağlayacak iki adet tek serpantinli boyler kullanımına göre daha yüksek karşılama oranı sağlar.

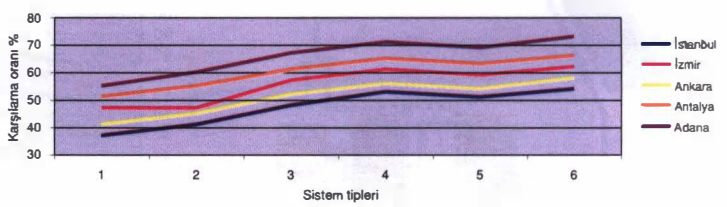
BUDERUS LOGASOL GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ İLE KULLANIM SUYU ISITMASI KARŞILAŞTIRMA TABLOSU

TABLO E

SİSTEM TİPİ	İL	KOLEKTÖR TİPİ	ADET	KULLANIM SICAK SUYU BOYLER TİPİ	SICAK SU TÜKETİMİ (l / gün)	YILLIK KULLANIM SUYU KARŞILAMA ORANI %	SİSTEM VERİMİ %
SİSTEM 1	İSTANBUL	SKE 2.0	4	SM500	1.000	37	32
	ANKARA		4		1.000	41	32
	İZMİR		4		1.000	47	30
	ANTALYA		4		1.000	51	31
	ADANA		4		1.000	55	32
SİSTEM 2	İSTANBUL	SKE 2.0	4	SL500-2	1.000	41	35
	ANKARA		4		1.000	45	35
	İZMİR		4		1.000	47	32
	ANTALYA		4		1.000	55	34
	ADANA		4		1.000	60	35
SİSTEM 3	İSTANBUL	SKN 3.0	4	SM500	1.000	48	41
	ANKARA		4		1.000	52	41
	İZMİR		4		1.000	57	37
	ANTALYA		4		1.000	61	39
	ADANA		4		1.000	67	40
SİSTEM 4	İSTANBUL	SKN 3.0	4	SL500-2	1.000	53	45
	ANKARA		4		1.000	56	45
	İZMİR		4		1.000	61	39
	ANTALYA		4		1.000	65	41
	ADANA		4		1.000	71	42
SİSTEM 5	İSTANBUL	SKS 4.0	4	SM500	1.000	51	47
	ANKARA		4		1.000	54	47
	İZMİR		4		1.000	59	41
	ANTALYA		4		1.000	63	43
	ADANA		4		1.000	69	44
SİSTEM 6	İSTANBUL	SKS 4.0	4	SL500-2	1.000	54	50
	ANKARA		4		1.000	58	50
	İZMİR		4		1.000	62	43
	ANTALYA		4		1.000	66	45
	ADANA		4		1.000	73	46



Örnek sistem şeması



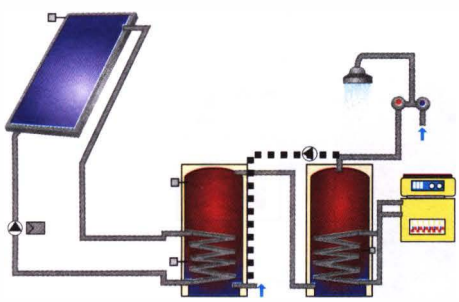
NOTLAR:

1- Sistem tasarımlarında Antalya, İzmir, İstanbul, Adana ve Ankara iklim verileri kullanılmıştır.
2- Sistem tasarımlarında kolektörlerin yatayla yaptığı açı 30°, Azimut (güney yönünden sapma) 0° kabul edilmiştir.
3- Sıcak su kullanım profili olarak akşam pik yük olduğu kabul edilmiştir.
4- Kullanım suyu sıcaklığı 45° olarak kabul edilmiştir.
5- Güneş enerjisi sistemine destek olarak 100 kW gaz yakıtlı yoğuşmalı kazan kullanıldığı kabul edilmiştir.
6- Kullanım suyu sirkülasyon hattı olmadığı kabul edilmiştir.
7- 1.000 l/gün 5 daireli bir apartmanın günlük kullanım sıcak suyu tüketimini yaklaşık olarak karşılayabilir.

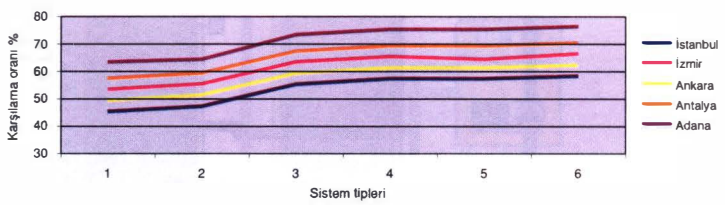
YORUMLAR:

1- Grafiklerden de görülebileceği gibi sistem karşılama oranlarında kolektör tipine bağlı olarak SKE 2.0, SKN 3.0 ve SKS 4.0 sıralaması ile artışlar görülmektedir.
2- İllere göre aynı sistemler kıyaslandığında karşılama oranları sıralaması Adana, Antalya, İzmir, Ankara, İstanbul şeklindedir.
3- Boyler ve kolektör tipleri değiştirilerek aynı ilde kıyaslandığında %18 civarında karşılama oranı artışı elde edilebilmektedir.
4- Optimum sistem seçimi yapmak için %30'un üzerinde verim ve %55-60 aralığında karşılama oranları hedeflenebilir.
5- Depolama hacmi günlük kullanımdan daha az ise iki adet tek serpantinli boyler kullanımı, bir adet çift serpantinli boyler kullanımına göre daha yüksek verim ve karşılama oranı sağlamaktadır.

BUDERUS LOGASOL GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ İLE KULLANIM SUYU ISITMASI KARŞILAŞTIRMA TABLOSU							
TABLO F							
SİSTEM TİPİ	İL	KOLEKTÖR TİPİ	ADET	KULLANIM SICAK SUYU BOYLER TİPLERİ (GES tarafı + Kazan tarafı)	SICAK SU TÜKETİMİ (l / gün)	YILLIK KULLANIM SUYU KARŞILAMA ORANI %	SİSTEM VERİMİ %
SİSTEM 1	İSTANBUL	SKE 2.0	5	SU 300+ SU200	1.000	45	31
	ANKARA		5		1.000	49	31
	İZMİR		5		1.000	53	28
	ANTALYA		5		1.000	57	29
	ADANA		5		1.000	63	29
SİSTEM 2	İSTANBUL	SKE 2.0	5	SL 300-1 + SU200	1.000	47	32
	ANKARA		5		1.000	51	32
	İZMİR		5		1.000	55	29
	ANTALYA		5		1.000	59	30
	ADANA		5		1.000	64	30
SİSTEM 3	İSTANBUL	SKN 3.0	5	SU 300 + SU200	1.000	55	38
	ANKARA		5		1.000	59	38
	İZMİR		5		1.000	63	33
	ANTALYA		5		1.000	67	35
	ADANA		5		1.000	73	35
SİSTEM 4	İSTANBUL	SKN 3.0	5	SL 300-1 + SU200	1.000	57	39
	ANKARA		5		1.000	61	39
	İZMİR		5		1.000	65	34
	ANTALYA		5		1.000	69	35
	ADANA		5		1.000	75	36
SİSTEM 5	İSTANBUL	SKS 4.0	5	SU 300 + SU200	1.000	57	43
	ANKARA		5		1.000	61	42
	İZMİR		5		1.000	64	37
	ANTALYA		5		1.000	69	38
	ADANA		5		1.000	75	39
SİSTEM 6	İSTANBUL	SKS 4.0	5	SL 300-1 + SU200	1.000	58	44
	ANKARA		5		1.000	62	43
	İZMİR		5		1.000	66	37
	ANTALYA		5		1.000	70	39
	ADANA		5		1.000	76	39



Örnek sistem şeması



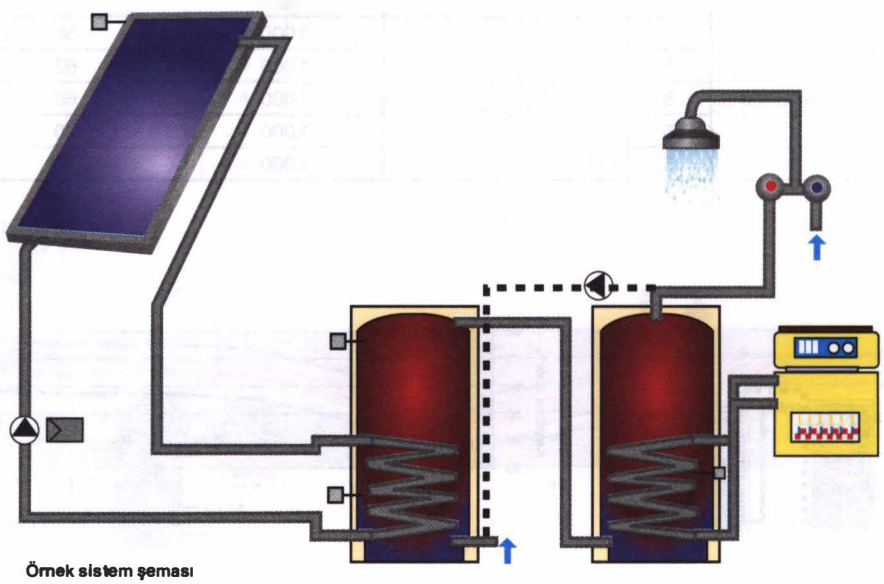
NOTLAR:

1- Sistem tasarımlarında Antalya, İzmir, İstanbul, Adana ve Ankara iklim verileri kullanılmıştır.
2- Sistem tasarımlarında kolektörlerin yatayla yaptığı açı 30°, Azimut (güney yönünden sapma) 0° kabul edilmiştir.
3- Sıcak su kullanım profili olarak akşam pik yük olduğu kabul edilmiştir.
4- Kullanım suyu sıcaklığı 45° olarak kabul edilmiştir.
5- Güneş enerjisi sistemine destek olarak 100 kW gaz yakıtlı yoğuşmalı kazan kullanıldığı kabul edilmiştir.
6- Kullanım suyu sirkülasyon hattı olmadığı kabul edilmiştir.
7- 1.000 l/gün 5 daireli bir apartmanın günlük kullanım sıcak suyu tüketimini yaklaşık olarak karşılayabilir.

YORUMLAR:

1- Grafiklerden de görülebileceği gibi sistem karşılama oranlarında kolektör tipine bağlı olarak SKE 2.0, SKN 3.0 ve SKS 4.0 sıralaması ile artışlar görülmektedir.
2- İllere göre aynı sistemler kıyaslandığında karşılama oranları sıralaması Adana, Antalya, İzmir, Ankara, İstanbul şeklindedir.
3- Boyler ve kolektör tipleri değiştirilerek aynı ilde kıyaslandığında %18 civarında karşılama oranı artışı elde edilebilmektedir.
4- Optimum sistem seçimi yapmak için %30'un üzerinde verim ve %55-60 aralığında karşılama oranları hedeflenebilir.
5- Depolama hacmi günlük kullanımdan daha az ise iki adet tek serpantinli boyler kullanımı, bir adet çift serpantinli boyler kullanımına göre daha yüksek karşılama oranı sağlamaktadır.

BUDERUS LOGASOL GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ İLE KULLANIM SUYU ISITMASI KARŞILAŞTIRMA TABLOSU							
TABLO G							
SİSTEM TİPİ	İL	KOLEKTÖR TİPİ	ADET	KULLANIM SICAK SUYU BOYLER TİPLERİ (GES tarafı + Kazan tarafı)	SICAK SU TÜKETİMİ (l / gün)	YILLIK KULLANIM SUYU KARŞILAMA ORANI %	SİSTEM VERİMİ %
SİSTEM 1	İSTANBUL	SKN 3.0	15	1xSU1000 + 1xSU1000	3.000	56	38
	ANKARA		15		3.000	59	37
	İZMİR		15		3.000	63	32
	ANTALYA		15		3.000	68	34
	ADANA		15		3.000	74	34
SİSTEM 2	İSTANBUL	SKN 3.0	20	1xSU1000 + 1xSU1000	3.000	62	32
	ANKARA		20		3.000	65	31
	İZMİR		20		3.000	69	26
	ANTALYA		20		3.000	73	27
	ADANA		20		3.000	80	28
SİSTEM 3	İSTANBUL	SKN 3.0	20	2xSU1000 + 1xSU1000	5.000	52	44
	ANKARA		20		5.000	56	43
	İZMİR		20		5.000	60	37
	ANTALYA		20		5.000	64	39
	ADANA		20		5.000	70	40
SİSTEM 4	İSTANBUL	SKN 3.0	25	2xSU1000 + 1xSU1000	5.000	58	39
	ANKARA		25		5.000	61	38
	İZMİR		25		5.000	65	33
	ANTALYA		25		5.000	69	34
	ADANA		25		5.000	76	35



Örnek sistem şeması

NOTLAR:

1- Sistem tasarımlannda Antalya, İzmir, İstanbul, Adana ve Ankara iklim verileri kullanılmıştır.

2- Sistem tasarımlannda kolektörlerin yatayla yaptığı açı 30°, Azimut (güney yönünden sapma) 0° kabul edilmiştir.

3- Sıcak su kullanım profili olarak sabah ve akşam pik yükler olduğu kabul edilmiştir.

4- Kullanım suyu sıcaklığı 45° olarak kabul edilmiştir.

5- Güneş enerjisi sistemine destek olarak 120 kW gaz yakıtlı yoğuşmalı kazan kullanıldığı kabul edilmiştir.

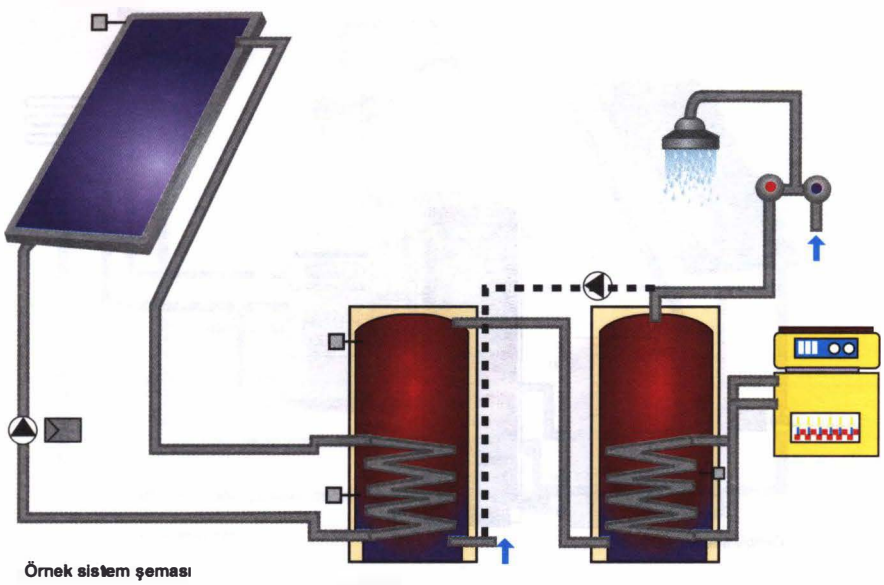
6- Kullanım suyu sirkülasyon hattı olmadığı kabul edilmiştir.

YORUMLAR:

1- İllere göre aynı sistemler kıyaslandığında karşılama oranlan sıralaması Adana, Antalya, İzmir, Ankara, İstanbul şeklindedir.

2- Optimum sistem seçimi yapmak için %30'un üzerinde verimler ve %50-55 aralığında karşılama oranları hedeflenebilir.

BUDERUS LOGASOL GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ İLE KULLANIM SUYU ISITMASI KARŞILAŞTIRMA TABLOSU							
TABLO H							
SİSTEM TİPİ	İL	KOLEKTÖR TİPİ	ADET	KULLANIM SICAK SUYU BOYLER TİPLERİ (GES tarafı + Kazan tarafı)	SICAK SU TÜKETİMİ (l / gün)	YILLIK KULLANIM SUYU KARŞILAMA ORANI %	SİSTEM VERİMİ %
SİSTEM 1	İSTANBUL	SKN 3.0	50	3xSU1000 + 2xSU1000	10.000	56	38
	ANKARA		50		10.000	59	37
	İZMİR		50		10.000	63	31
	ANTALYA		50		10.000	67	33
	ADANA		50		10.000	74	33
SİSTEM 2	İSTANBUL	SKN 3.0	70	3xSU1000 + 2xSU1000	10.000	62	30
	ANKARA		70		10.000	65	29
	İZMİR		70		10.000	69	25
	ANTALYA		70		10.000	73	26
	ADANA		70		10.000	80	26
SİSTEM 3	İSTANBUL	SKN 3.0	100	10xSU1000 + 8xSU1000	30.000	47	48
	ANKARA		100		30.000	50	47
	İZMİR		100		30.000	55	42
	ANTALYA		100		30.000	59	44
	ADANA		100		30.000	65	44
SİSTEM 4	İSTANBUL	SKN 3.0	120	10xSU1000 + 8xSU1000	30.000	52	44
	ANKARA		120		30.000	55	43
	İZMİR		120		30.000	59	37
	ANTALYA		120		30.000	64	39
	ADANA		120		30.000	69	40



Örnek sistem şeması

NOTLAR:

1- Sistem tasarımlarında Antalya, İzmir, İstanbul, Adana ve Ankara iklim verileri kullanılmıştır.
2- Sistem tasarımlarında kolektörlerin yatayla yaptığı açı 30°, Azimut (güney yönünden sapma) 0° kabul edilmiştir.
3- Sıcak su kullanım profili olarak sabah ve akşam pik yükler olduğu kabul edilmiştir.
4- Kullanım suyu sıcaklığı 45° olarak kabul edilmiştir.
5- Güneş enerjisi sistemine destek olarak 120 kW gaz yakıtlı yoğuşmalı kazan kullanıldığı kabul edilmiştir.
6- Kullanım suyu sirkülasyon hattı olmadığı kabul edilmiştir.

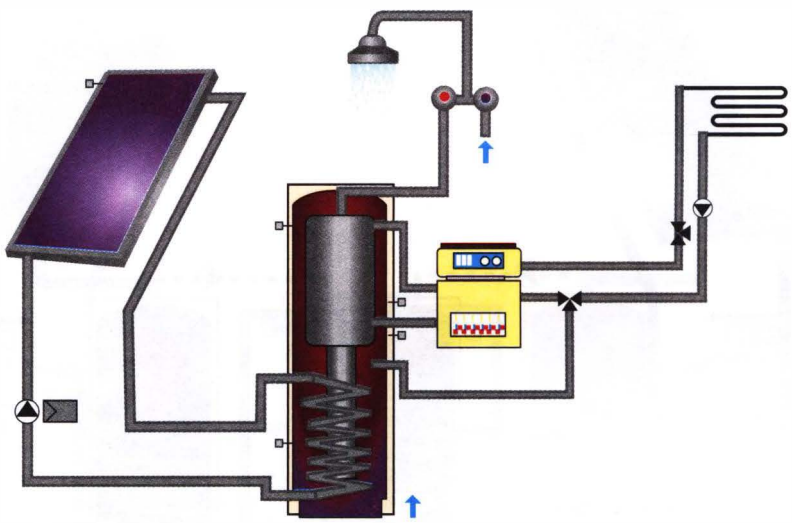
YORUMLAR:

1- İllere göre aynı sistemler kıyaslandığında karşılama oranları sıralaması Adana, Antalya, İzmir, Ankara, İstanbul şeklindedir.
2- Optimum sistem seçimi yapmak için %30'un üzerinde verimler ve %50-55 aralığında karşılama oranları hedeflenebilir.

BUDERUS LOGASOL GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ İLE KULLANIM SUYU ISITMASI VE ISITMAYA DESTEK KARŞILAŞTIRMA TABLOSU

TABLO I

SİSTEM TİPİ	İL	KOLEKTÖR TİPİ	ADET	BOYLER TİPİ	SICAK SU TÜKETİMİ (l / gün)	YILLIK KARŞILAMA ORANI KULLANIM SUYU %	YILLIK KARŞILAMA ORANI ISITMAYA DESTEK %	SİSTEM VERİMİ %
SİSTEM 1	İSTANBUL	SKN 3.0	5	PL750/2S	300	70	8,3	26
	ANKARA		5		300	72	9,5	26
	İZMİR		5		300	78	11,4	24
	ANTALYA		5		300	81	13	25
	ADANA		5		300	86	14,3	25
SİSTEM 2	İSTANBUL	SKN 3.0	10	PL750/2S	300	80	15,2	17,7
	ANKARA		10		300	80	16,7	17,7
	İZMİR		10		300	87	19,3	15,8
	ANTALYA		10		300	90	22	16
	ADANA		10		300	94	24	16,1
SİSTEM 3	İSTANBUL	SKN 3.0	5	PL1000/2S	300	69	9,3	27
	ANKARA		5		300	72	10,5	28
	İZMİR		5		300	77	13,1	26
	ANTALYA		5		300	80	15	26
	ADANA		5		300	85	16,5	27
SİSTEM 4	İSTANBUL	SKN 3.0	10	PL1000/2S	300	81	17,3	19
	ANKARA		10		300	81	18,9	19
	İZMİR		10		300	87	22	17,1
	ANTALYA		10		300	90	26	17,4
	ADANA		10		300	94	28	17,6



Örnek sistem şeması

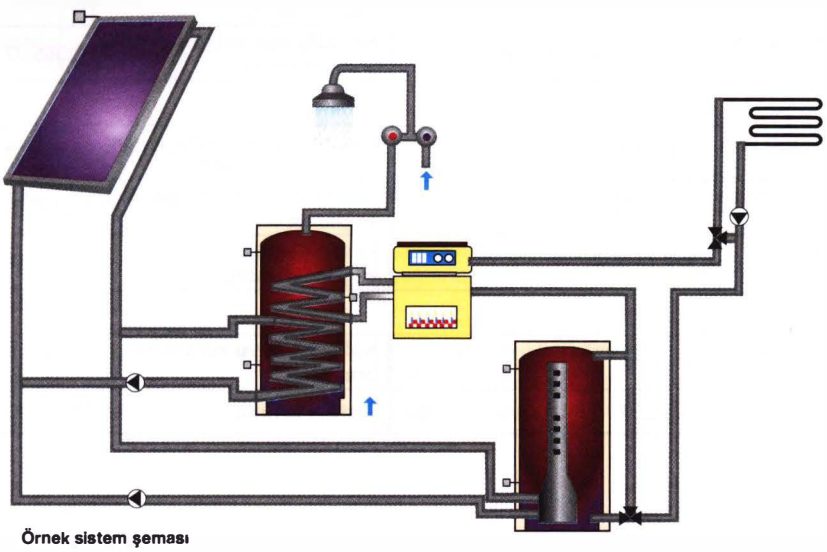
NOTLAR:

1- Sistem tasarımlarında Antalya, İzmir, İstanbul, Adana ve Ankara iklim verileri kullanılmıştır.
2- Sistem tasarımlarında kolektörlerin yatayla yaptığı açı 30°, Azimut (güney yönünden sapma) 0° kabul edilmiştir.
3- Sıcak su kullanım profili olarak akşam pik yük olduğu kabul edilmiştir.
4- Kullanım suyu sıcaklığı 45° olarak kabul edilmiştir.
5- 300 l/gün kullanım sıcak suyu tüketimi 6 kişilik bir ailenin ihtiyacını yaklaşık olarak karşılayabilir.
6- Güneş enerjisi sistemine destek olarak 29 kW gaz yakıtlı yoğuşmalı kazan kullanıldığı kabul edilmiştir.
7- Mahal ısı kaybı 12 kW ve ısıtma sistemi giriş-çıkış suyu sıcaklıkları 40-25°C kabul edilmiştir.

YORUMLAR:

1- Kullanım suyu ve ısıtma destek için depolama hacmi ve kolektör adetlerinin birlikte artırılması durumunda karşılama oranları artmakta ve verim azalmaktadır.
2- Kolektör sayısı sabit tutulup depo boyler hacmi artırıldığında kullanım suyu karşılama oranı çoğunlukla aynı kalır, ısıtmaya destek karşılama oranı artar.
3- Sistemlerde kolektör sayısı sabit tutulup depolama hacmi artırıldığında ısıtmaya destek karşılama oranları artarken verimler de artmaktadır.

BUDERUS LOGASOL GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ İLE KULLANIM SUYU ISITMASI VE ISITMAYA DESTEK KARŞILAŞTIRMA TABLOSU								
TABLO J								
SİSTEM TİPİ	İL	KOLEKTÖR TİPİ	ADET	BOYLER TİPLERİ	SICAK SU TÜKETİMİ (l / gün)	YILLIK KARŞILAMA ORANI KULLANIM SUYU %	YILLIK KARŞILAMA ORANI ISITMAYA DESTEK %	SİSTEM VERİMİ %
SİSTEM 1	İSTANBUL	SKN 3.0	5	SM300 + PL750	300	78	5,1	22
	ANKARA		5		300	79	7	23
	İZMİR		5		300	84	7,9	19,9
	ANTALYA		5		300	87	10,7	21
	ADANA		5		300	93	10,7	21
SİSTEM 2	İSTANBUL	SKN 3.0	10	SM300 + PL750	300	86	15,2	16,1
	ANKARA		10		300	86	16,9	16,2
	İZMİR		10		300	89	22	14,3
	ANTALYA		10		300	93	26	14,7
	ADANA		10		300	96	28	14,6
SİSTEM 3	İSTANBUL	SKN 3.0	5	SM300 + PL1000	300	78	5,3	22
	ANKARA		5		300	79	7,3	23
	İZMİR		5		300	84	8,2	20
	ANTALYA		5		300	87	11,1	21
	ADANA		5		300	93	11	21
SİSTEM 4	İSTANBUL	SKN 3.0	10	SM300 + PL1000	300	86	16,3	16,4
	ANKARA		10		300	86	17,8	16,5
	İZMİR		10		300	89	24	14,7
	ANTALYA		10		300	93	27	15
	ADANA		10		300	96	30	15



Örnek sistem şeması

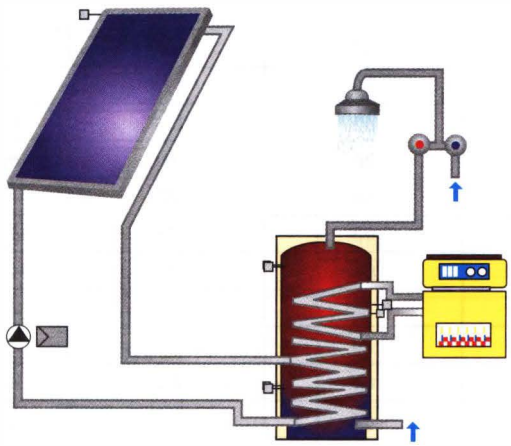
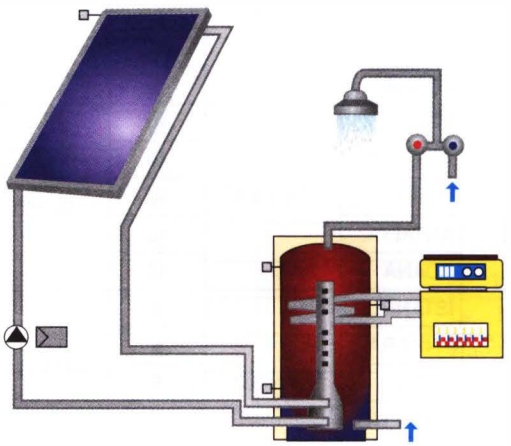
NOTLAR:

1- Sistem tasarımlarında Antalya, İzmir, İstanbul, Adana ve Ankara iklim verileri kullanılmıştır.
2- Sistem tasarımlarında kolektörlerin yatayla yaptığı açı 30°, Azimut (güney yönünden sapma) 0° kabul edilmiştir.
3- Sıcak su kullanım profili olarak akşam pik yük olduğu kabul edilmiştir.
4- Kullanım suyu sıcaklığı 45° olarak kabul edilmiştir.
5- 300 l/gün kullanım sıcak suyu tüketimi 6 kişilik bir ailenin ihtiyacını yaklaşık olarak karşılayabilir.
6- Güneş enerjisi sistemine destek olarak 29 kW gaz yakıtlı yoğuşmalı kazan kullanıldığı kabul edilmiştir.
7- Mahal ısı kaybı 12 kW ve ısıtma sistemi giriş-çıkış suyu sıcaklıkları 40-25°C kabul edilmiştir.

YORUMLAR:

1- Kullanım suyu ve ısıtma destek için depolama hacmi ve kolektör adetlerinin birlikte artırılması durumunda karşılama oranları artmakta ve verim azalmaktadır.
2- Kolektör sayısı sabit tutulup depo boyler hacmi artırıldığında kullanım suyu karşılama oranı çoğunlukla aynı kalır, ısıtmaya destek karşılama oranı artar.
3- Sistemlerde kolektör sayısı sabit tutulup depolama hacmi artırıldığında ısıtmaya destek karşılama oranları artarken verimler de artmaktadır.

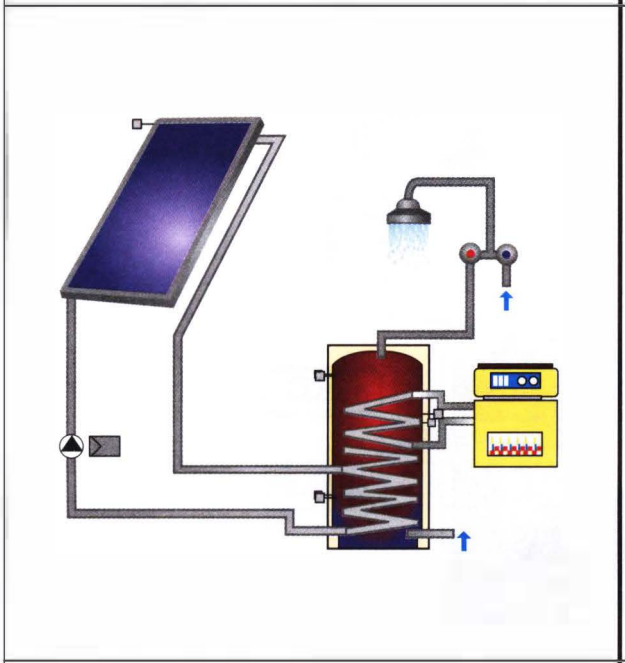
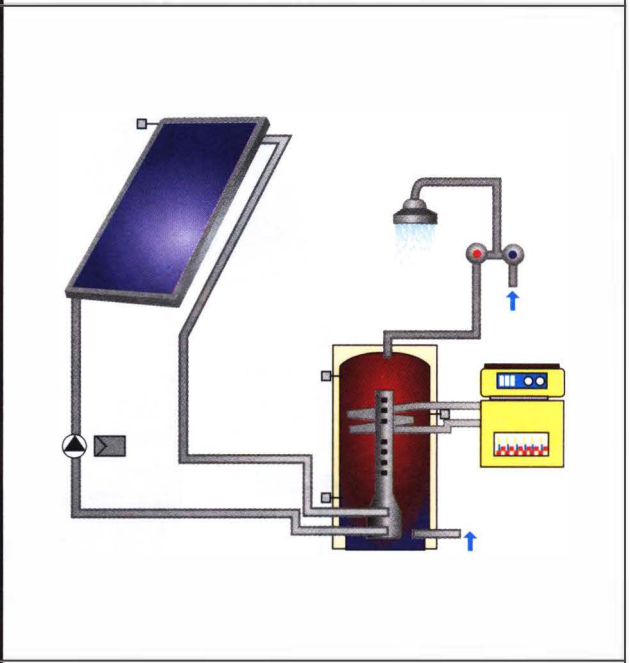
BUDERUS LOGASOL GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ İLE KULLANIM SUYU ISITMASI KARŞILAŞTIRMA TABLOSU

4 kişilik aile			4 kişilik aile		
2xSKN 3.0 / SM300 - İSTANBUL			**2xSKN 3.0 / SL300-2 - İSTANBUL**		
					
YILLIK SİMÜLASYON SONUÇLARI			**YILLIK SİMÜLASYON SONUÇLARI**		
Kolektör alanına gelen ışınım	7,50 MWh	1.661,34 kWh/m²	**Kolektör alanına gelen ışınım**	7,50 MWh	1.661,34 kWh/m²
Kolektörler tarafından üretilen enerji	2.824,47 kWh	625,99 kWh/m²	**Kolektörler tarafından üretilen enerji**	2.878,60 kWh	637,99 kWh/m²
Kolektör devresi tarafından üretilen enerji	2.288,50 kWh	507,20 kWh/m²	**Kolektör devresi tarafından üretilen enerji**	2.355,37 kWh	522,02 kWh/m²
Kullanım suyu ısıtması için gerekli olan enerji	2.491,31 kWh		**Kullanım suyu ısıtması için gerekli olan enerji**	2.491,31 kWh	
Güneş enerjisi sisteminden sağlanan enerji	2.288,5 kWh		**Güneş enerjisi sisteminden sağlanan enerji**	2,355,37 kWh	
Kazan desteğinden sağlanan enerji	772,12 kWh		**Kazan desteğinden sağlanan enerji**	657,92 kWh	
Kullanım suyu karşılama oranı:	% 74,80		**Kullanım suyu karşılama oranı:**	% 78,20	
Sistem verimi:	% 30,50		**Sistem verimi:**	% 31,40	

NOTLAR:

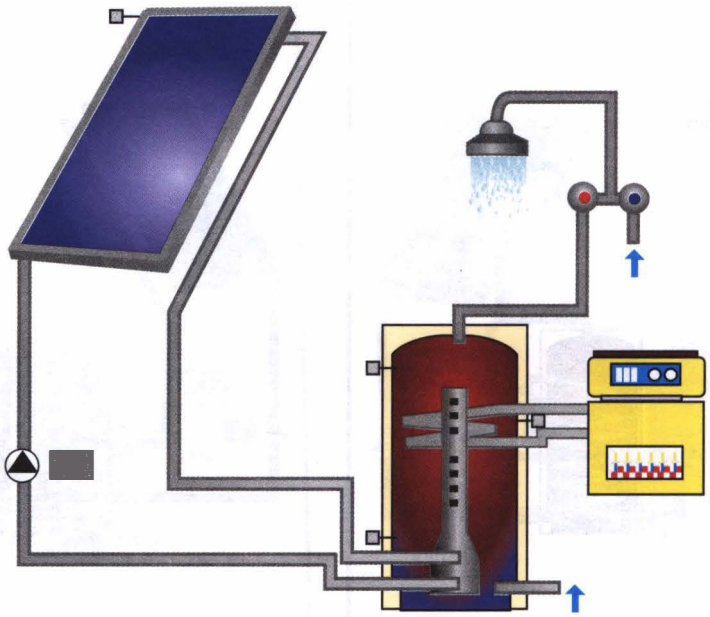
1- Sistem tasarımında İstanbul iklim verileri kullanılmıştır.
2- 4 kişilik ailenin kullanım sıcak su ihtiyacı 200 l/gün kabul edilmiştir.
3- Sistem tasarımlarında kolektörlerin yatayla yaptığı açı 30°, Azimut (güney yönünden sapma) 0° kabul edilmiştir.
4- Sıcak su kullanım profili olarak akşam pik yük olduğu kabul edilmiştir.
5- Kullanım suyu sıcaklığı 45° olarak kabul edilmiştir.
6- Güneş enerjisi sistemine destek olarak 29 kW gaz yakıtlı yoğuşmalı kazan kullanıldığı kabul edilmiştir.
7- Güneş enerjisinden sağlanan enerji ve kazandan sağlanan enerji toplamlarının gerekli olan enerjiden fazla olmasının nedeni sistemde gerçekleşen kayıplardır.

BUDERUS LOGASOL GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ İLE KULLANIM SUYU ISITMASI KARŞILAŞTIRMA TABLOSU

4 kişilik aile			4 kişilik aile		
2xSKS 4.0 / SM300 - İSTANBUL			**2xSKS 4.0 / SL300-2 - İSTANBUL**		
					
YILLIK SİMÜLASYON SONUÇLARI			**YILLIK SİMÜLASYON SONUÇLARI**		
Kolektör alanına gelen ışınım	6,94 MWh	1.661,34 kWh/m²	**Kolektör alanına gelen ışınım**	6,94 MWh	1.661,34 kWh/m²
Kolektörler tarafından üretilen enerji	2.996,62 kWh	716,89 kWh/m²	**Kolektörler tarafından üretilen enerji**	3.026,64 kWh	724,08 kWh/m²
Kolektör devresi tarafından üretilen enerji	2.402,19 kWh	574,69 kWh/m²	**Kolektör devresi tarafından üretilen enerji**	2.440,82 kWh	583,93 kWh/m²
Kullanım suyu ısıtması için gerekli olan enerji	2.491,31 kWh		**Kullanım suyu ısıtması için gerekli olan enerji**	2.491,31 kWh	
Güneş enerjisi sisteminden sağlanan enerji	2.402,19 kWh		**Güneş enerjisi sisteminden sağlanan enerji**	2.440,82 kWh	
Kazan desteğinden sağlanan enerji	707,91 kWh		**Kazan desteğinden sağlanan enerji**	605,61 kWh	
Kullanım suyu karşılama oranı:	% 77,20		**Kullanım suyu karşılama oranı:**	% 80,10	
Sistem verimi:	% 34,60		**Sistem verimi:**	% 35,10	

NOTLAR:

1- Sistem tasarımında İstanbul iklim verileri kullanılmıştır.
2- 4 kişilik ailenin kullanım sıcak su ihtiyacı 200 l/gün kabul edilmiştir.
3- Sistem tasarımlarında kolektörlerin yatayla yaptığı açı 30°, Azimut (güney yönünden sapma) 0° kabul edilmiştir.
4- Sıcak su kullanım profili olarak akşam pik yük olduğu kabul edilmiştir.
5- Kullanım suyu sıcaklığı 45° olarak kabul edilmiştir.
6- Güneş enerjisi sistemine destek olarak 29 kW gaz yakıtlı yoğuşmalı kazan kullanıldığı kabul edilmiştir.
7- Güneş enerjisinden sağlanan enerji ve kazandan sağlanan enerji toplamlarının gerekli olan enerjiden fazla olmasının nedeni sistemde gerçekleşen kayıplardır.

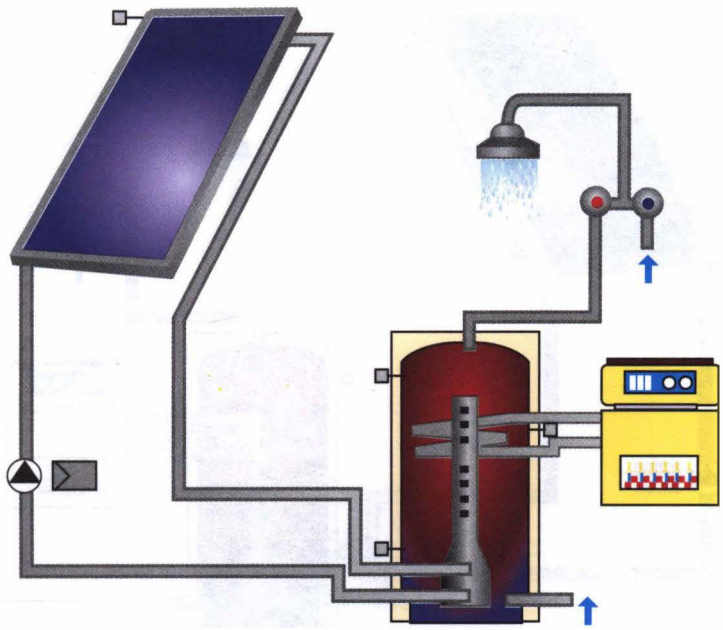
4 kişilik aile		
1xSKS 4.0 / SL300-2 - ANKARA		
		
YILLIK SİMÜLASYON SONUÇLARI		
Kolektör alanına gelen ışınım	3,94 MWh	1.886,48 kWh/m²
Kolektörler tarafından üretilen enerji	2.281,75 kWh	1.091,75 kWh/m²
Kolektör devresi tarafından üretilen enerji	1.981,99 kWh	948,32 kWh/m²
Kullanım suyu ısıtması için gerekli olan enerji	2.606,72 kWh	
Güneş enerjisi sisteminden sağlanan enerji	1.981,99 kWh	
Kazan desteğinden sağlanan enerji	998,65 kWh	
Kullanım suyu karşılama oranı:	% 66,50	
Sistem verimi:	% 50,30	

NOTLAR:

1- Sistem tasarımında Ankara iklim verileri kullanılmıştır.
2- 4 kişilik ailenin kullanım sıcak su ihtiyacı 200 l/gün kabul edilmiştir.
3- Sistem tasarımlannda kolektörlerin yatayla yaptığı açı 30°, Azimut (güney yönünden sapma) 0° kabul edilmiştir.
4- Sıcak su kullanım profili olarak akşam pik yük olduğu kabul edilmiştir.
5- Kullanım suyu sıcaklığı 45° olarak kabul edilmiştir.
6- Güneş enerjisi sistemine destek olarak 29 kW gaz yakıtlı yoğuşmalı kazan kullanıldığı kabul edilmiştir.
7- Güneş enerjisinden sağlanan enerji ve kazandan sağlanan enerji toplamlannın gerekli olan enerjiden fazla olmasının nedeni sistemde gerçekleşen kayıplardır.

4 kişilik aile

1xSKS 4.0 / SL300-2 - İZMİR

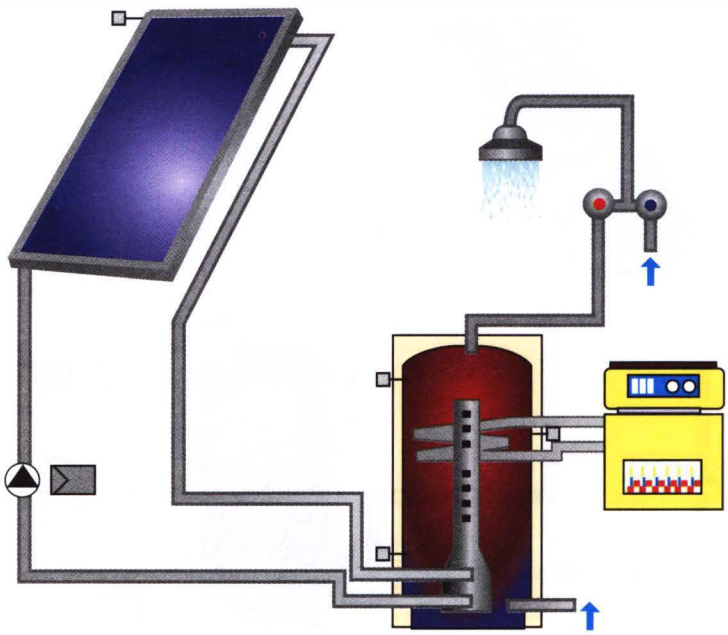


YILLIK SİMÜLASYON SONUÇLARI

Kolektör alanına gelen ışınım	3,92 MWh	1.875,51 kWh/m²
Kolektörler tarafından üretilen enerji	2.213,98 kWh	1.059,32 kWh/m²
Kolektör devresi tarafından üretilen enerji	1.816,48 kWh	869,13 kWh/m²
Kullanım suyu ısıtması için gerekli olan enerji	2.059,36 kWh	
Güneş enerjisi sisteminden sağlanan enerji	1.816,48 kWh	
Kazan desteğinden sağlanan enerji	742,16 kWh	
Kullanım suyu karşılama oranı:	% 71,00	
Sistem verimi:	% 46,30	

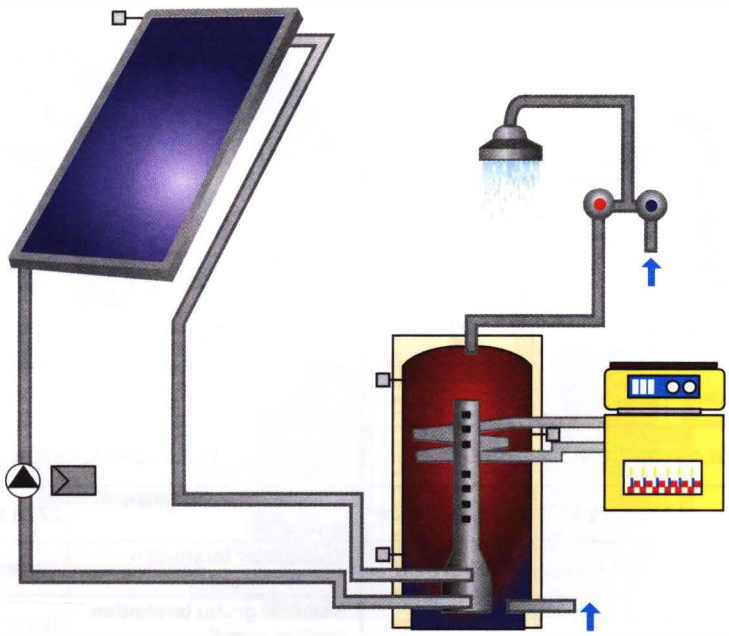
NOTLAR:

1- Sistem tasarımında İzmir iklim verileri kullanılmıştır.
2- 4 kişilik ailenin kullanım sıcak su ihtiyacı 200 l/gün kabul edilmiştir.
3- Sistem tasarımlannda kolektörlerin yatayla yaptığı açı 30°, Azimut (güney yönünden sapma) 0° kabul edilmiştir.
4- Sıcak su kullanım profili olarak akşam pik yük olduğu kabul edilmiştir.
5- Kullanım suyu sıcaklığı 45° olarak kabul edilmiştir.
6- Güneş enerjisi sistemine destek olarak 29 kW gaz yakıtlı yoğuşmalı kazan kullanıldığı kabul edilmiştir.
7- Güneş enerjisinden sağlanan enerji ve kazandan sağlanan enerji toplamlannın gerekli olan enerjiden fazla olmasının nedeni sistemde gerçekleşen kayıplardır.

4 kişilik aile		
1xSKS 4.0 / SL300-2 - ANTALYA		
		
YILLIK SİMÜLASYON SONUÇLARI		
Kolektör alanına gelen ışınım	4,09 MWh	1.958,21 kWh/m²
Kolektörler tarafından üretilen enerji	2.355,03 kWh	1.126,81 kWh/m²
Kolektör devresi tarafından üretilen enerji	1.945,60 kWh	930,91 kWh/m²
Kullanım suyu ısıtması için gerekli olan enerji	2.105,68 kWh	
Güneş enerjisi sisteminden sağlanan enerji	1.945,6 kWh	
Kazan desteğinden sağlanan enerji	662,67 kWh	
Kullanım suyu karşılama oranı:	% 74,60	
Sistem verimi:	% 47,50	

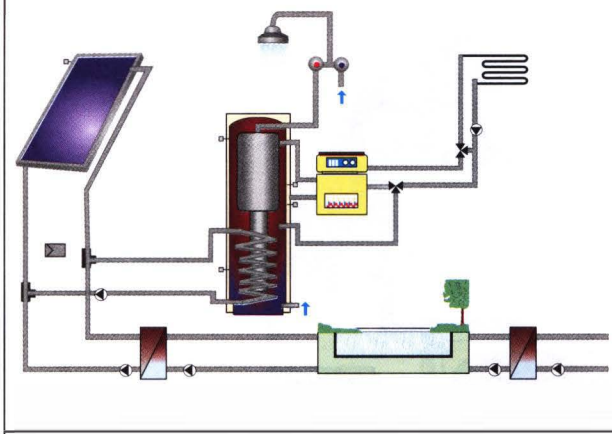
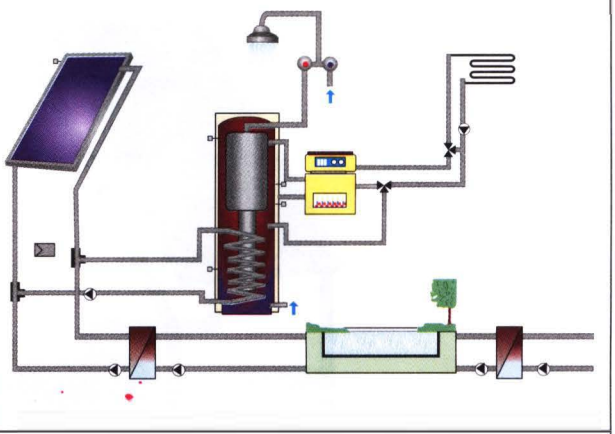
NOTLAR:

1- Sistem tasarımında Antalya iklim verileri kullanılmıştır.
2- 4 kişilik ailenin kullanım sıcak su ihtiyacı 200 l /gün kabul edilmiştir.
3- Sistem tasarımlarında kolektörlerin yatayla yaptığı açı 30°, Azimut (güney yönünden sapma) 0° kabul edilmiştir.
4- Sıcak su kullanım profili olarak akşam pik yük olduğu kabul edilmiştir.
5- Kullanım suyu sıcaklığı 45° olarak kabul edilmiştir.
6- Güneş enerjisi sistemine destek olarak 29 kW gaz yakıtlı yoğuşmalı kazan kullanıldığı kabul edilmiştir.
7- Güneş enerjisinden sağlanan enerji ve kazandan sağlanan enerji toplamlarının gerekli olan enerjiden fazla olmasının nedeni sistemde gerçekleşen kayıplardır.

4 kişilik aile		
1xSKS 4.0 / SL300-2 - ADANA		
		
YILLIK SİMÜLASYON SONUÇLARI		
Kolektör alanına gelen ışınım	4,30 MWh	2.058,38 kWh/m²
Kolektörler tarafından üretilen enerji	2.511,96 kWh	1.201,90 kWh/m²
Kolektör devresi tarafından üretilen enerji	2.081,93 kWh	996,14 kWh/m²
Kullanım suyu ısıtması için gerekli olan enerji	2.054,35 kWh	
Güneş enerjisi sisteminden sağlanan enerji	2.081,93 kWh	
Kazan desteğinden sağlanan enerji	492,12 kWh	
Kullanım suyu karşılama oranı:	% 80,90	
Sistem verimi:	% 48,40	

NOTLAR:

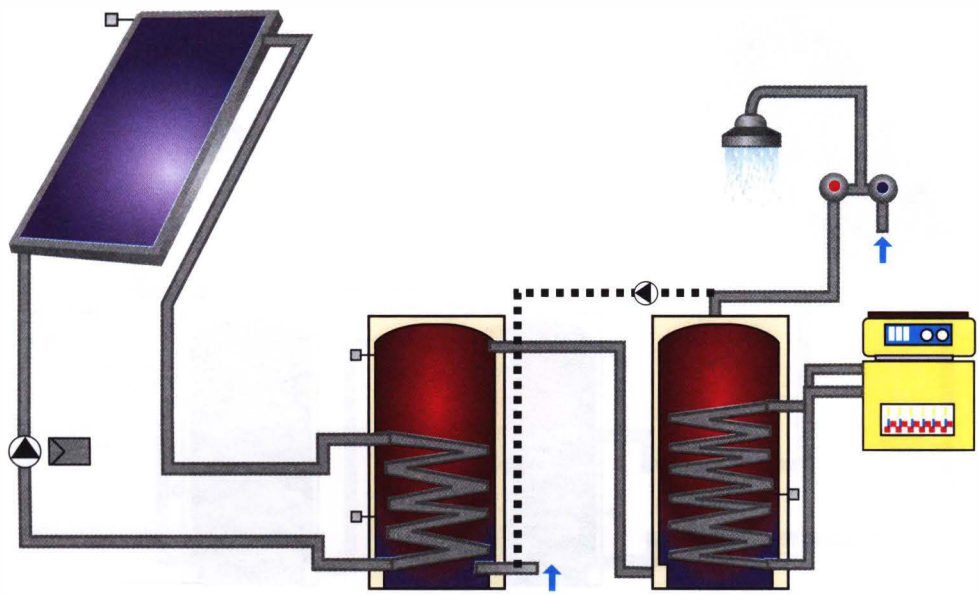
1- Sistem tasarımında Adana iklim verileri kullanılmıştır.
2- 4 kişilik ailenin kullanım sıcak su ihtiyacı 200 l /gün kabul edilmiştir.
3- Sistem tasarımlarında kolektörlerin yatayla yaptığı açı 30°, Azimut (güney yönünden sapma) 0° kabul edilmiştir.
4- Sıcak su kullanım profili olarak akşam pik yük olduğu kabul edilmiştir.
5- Kullanım suyu sıcaklığı 45° olarak kabul edilmiştir.
6- Güneş enerjisi sistemine destek olarak 29 kW gaz yakıtlı yoğuşmalı kazan kullanıldığı kabul edilmiştir.
7- Güneş enerjisinden sağlanan enerji ve kazandan sağlanan enerji toplamlarının gerekli olan enerjiden fazla olmasının nedeni sistemde gerçekleşen kayıplardır.

4 kişilik aile			4 kişilik aile		
8xSKS 4.0 / PL1000 / 2S - İZMİR			8xSKS 4.0 / PL1000 / 2S - İSTANBUL		
					
YILLIK SİMÜLASYON SONUÇLARI			**YILLIK SİMÜLASYON SONUÇLARI**		
Kolektör alanına gelen ışınım	31,36 MWh	1.875,51 kWh/m²	**Kolektör alanına gelen ışınım**	27,78 MWh	1.661,34 kWh/m²
Kolektörler tarafından üretilen enerji	15,50 MWh	927,00 kWh/m²	**Kolektörler tarafından üretilen enerji**	13,59 MWh	813,05 kWh/m²
Kolektör grubu tarafından üretilen enerji	13,66 MWh	817,06 kWh/m²	**Kolektör grubu tarafından üretilen enerji**	12,08 MWh	722,44 kWh/m²
Kullanım suyu ısıtması için gerekli olan enerji	2.059,37 kWh		**Kullanım suyu ısıtması için gerekli olan enerji**	2.491,31 kWh	
Mahal ısıtması için gerekli olan enerji	15,10 MWh		**Mahal ısıtması için gerekli olan enerji**	19,67 MWh	
Güneş enerjisi sisteminden kullanım suyu ısıtmasına sağlanan enerji	3,33 MWh		**Güneş enerjisi sisteminden kullanım suyu ısıtmasına sağlanan enerji**	3089,64 kWh	
Güneş enerjisi sisteminden ısıtma desteğine sağlanan enerji	3,32 MWh		**Güneş enerjisi sisteminden ısıtma desteğine sağlanan enerji**	3,45 MWh	
Güneş enerjisi sisteminden yüzme havuzu ısıtmasına sağlanan enerji	7,01 MWh		**Güneş enerjisi sisteminden yüzme havuzu ısıtmasına sağlanan enerji**	5,54 MWh	
Kazan desteğinden sağlanan enerji	13,57 MWh		**Kazan desteğinden sağlanan enerji**	19,25 MWh	
Kullanım suyu karşılama oranı	% 82,20		**Kullanım suyu karşılama oranı:**	% 74,50	
Yüzme havuzu ısıtması karşılama oranı	% 86,70		**Yüzme havuzu ısıtması karşılama oranı**	% 73,70	
Toplam karşılama oranı	% 50,20		**Toplam karşılama oranı**	% 38,60	
Sistem verimi	% 43,60		**Sistem verimi:**	% 43,50	

NOTLAR:

1- Sistem tasarımında İstanbul ve İzmir iklim verileri kullanılmıştır.
2- 4 kişilik ailenin kullanım sıcak su ihtiyacı 200 l/gün kabul edilmiştir.
3- Sistem tasarımlarında kolektörlerin yatayla yaptığı açı 30°, Azimut (güney yönünden sapma) 0° kabul edilmiştir.
4- Sıcak su kullanım profili olarak akşam pik yük olduğu kabul edilmiştir.
5- Kullanım suyu sıcaklığı 45° olarak kabul edilmiştir.
6- Güneş enerjisi sistemine destek olarak 29 kW gaz yakıtlı yoğuşmalı kazan kullanıldığı kabul edilmiştir.
7- Evin ısı kaybının 12 kW olduğu ve ısıtmanın döşemeden ısıtma ile 40/25°C sıcaklıklarla yapıldığı kabul edilmiştir.
8- Havuzun açık ve yüzeyinin 20 m² olduğu ve havuz ısıtmasının 20.05 ile 01.09 tarihleri arasında yapılacağı kabul edilmiştir.
9- Güneş enerjisinden sağlanan enerji ve kazandan sağlanan enerji toplamlarının gerekli olan enerjiden fazla olmasının nedeni sistemde gerçekleşen kayıplardır.

OTEL - İSTANBUL
50xSKN 3.0 / Güneş enerjisi tarafı 3xSU1000 + Kazan tarafı 2 ton depolama



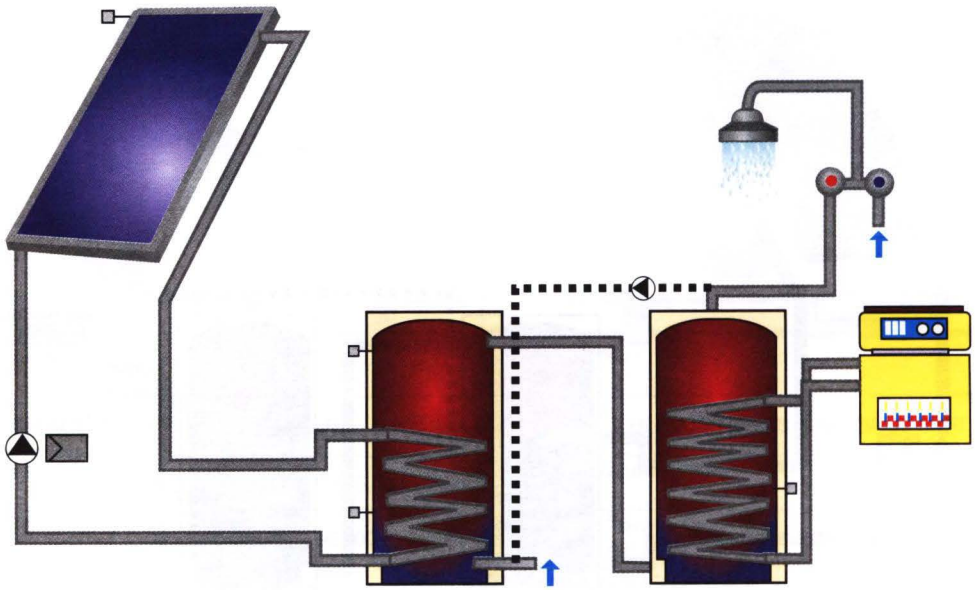
YILLIK SİMÜLASYON SONUÇLARI		
Kolektör alanına gelen ışınım	187,40 MWh	1.661,34 kWh/m²
Kolektörler tarafından üretilen enerji	75,62 MWh	670,36 kWh/m²
Kolektör devresi tarafından üretilen enerji	70,49 MWh	624,88 kWh/m²
Kullanım suyu ısıtması için gerekli olan enerji	113,84 MWh	
Güneş enerjisi sisteminden sağlanan enerji	69,83 MWh	
Kazan desteğinden sağlanan enerji	45,72 MWh	
Kullanım suyu karşılama oranı:	% 60,40	
Sistem verimi:	% 37,30	

NOTLAR:

1- Değerler 10 ton/gün sıcak kullanım suyu tüketimi için verilmiştir.
2- Sistem tasarımında İstanbul iklim verileri kullanılmıştır.
3- Sistem tasarımlarında kolektörlerin yatayla yaptığı açı 30°, Azimut (güney yönünden sapma) 0° kabul edilmiştir.
4- Sıcak su kullanım profili olarak akşam pik yük ve yaz kullanımının yoğun olduğu kabul edilmiştir.
5- Kullanım suyu sıcaklığı 45° olarak kabul edilmiştir.
6- Güneş enerjisi sistemine destek olarak 200 kW gaz yakıtlı yoğuşmalı kazan kullanıldığı kabul edilmiştir.
7- Güneş enerjisinden sağlanan enerji ve kazandan sağlanan enerji toplamlarının gerekli olan enerjiden fazla olmasının nedeni sistemde gerçekleşen kayıplardır.

OTEL - ANKARA

50xSKN 3.0 / Güneş tarafı 3xSU1000 + Kazan tarafı 2 ton depolama



YILLIK SİMÜLASYON SONUÇLARI

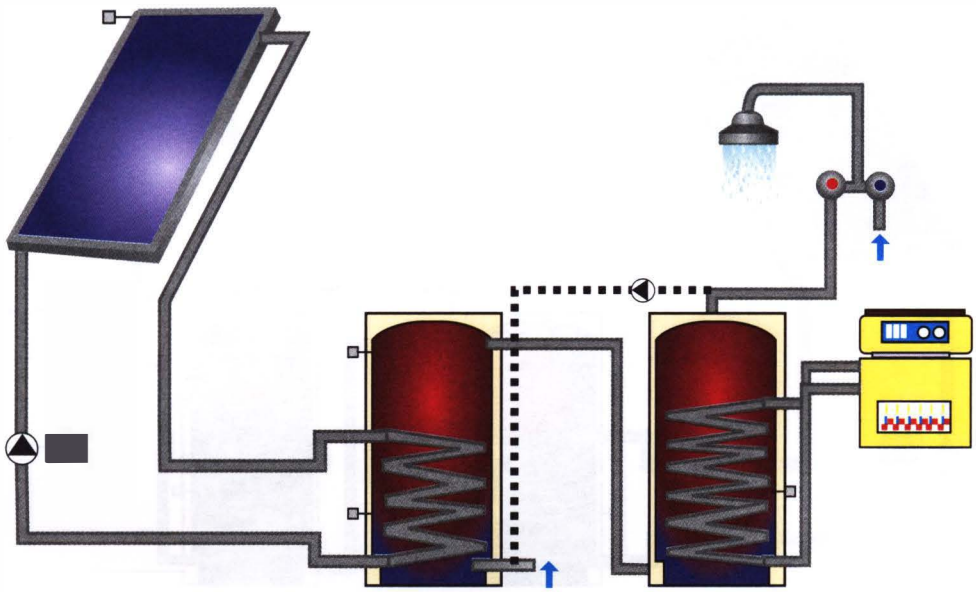
Kolektör alanına gelen ışınım	212,79 MWh	1.886,48 kWh/m²
Kolektörler tarafından üretilen enerji	86,55 MWh	767,31 kWh/m²
Kolektör devresi tarafından üretilen enerji	80,83 MWh	716,57 kWh/m²
Kullanım suyu ısıtması için gerekli olan enerji	118,11 MWh	
Güneş enerjisi sisteminden sağlanan enerji	80,1 MWh	
Kazan desteğinden sağlanan enerji	39,83 MWh	
Kullanım suyu karşılama oranı:	% 66,80	
Sistem verimi:	% 37,60	

NOTLAR:

1- Değerler 10 ton/gün sıcak kullanım suyu tüketimi için verilmiştir.
2- Sistem tasarımında Ankara iklim verileri kullanılmıştır.
3- Sistem tasarımlarında kolektörlerin yatayla yaptığı açı 30°, Azimut (güney yönünden sapma) 0° kabul edilmiştir.
4- Sıcak su kullanım profili olarak akşam pik yük ve yaz kullanımının yoğun olduğu kabul edilmiştir.
5- Kullanım suyu sıcaklığı 45° olarak kabul edilmiştir.
6- Güneş enerjisi sistemine destek olarak 200 kW gaz yakıtlı yoğuşmalı kazan kullanıldığı kabul edilmiştir.
7- Güneş enerjisinden sağlanan enerji ve kazandan sağlanan enerji toplamlarının gerekli olan enerjiden fazla olmasının nedeni sistemde gerçekleşen kayıplardır.

OTEL- ADANA

30xSKN 3.0 / Güneş enerjisi tarafı 3xSU1000 + Kazan tarafı 2 ton depolama



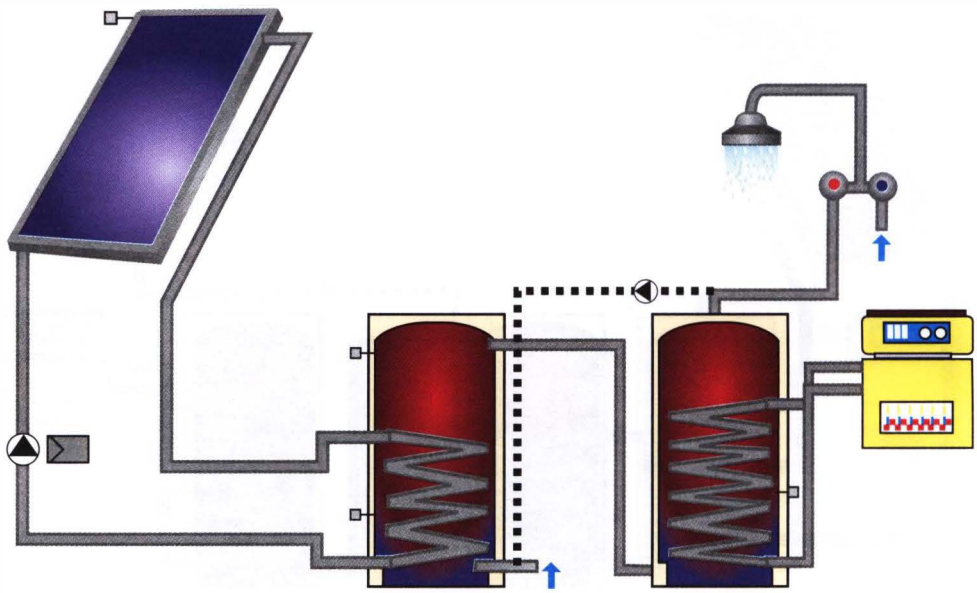
YILLIK SİMÜLASYON SONUÇLARI

Kolektör alanına gelen ışınım	139,31 MWh	2.058,38 kWh/m²
Kolektörler tarafından üretilen enerji	69,05 MWh	1.020,19 kWh/m²
Kolektör devresi tarafından üretilen enerji	64,63 MWh	954,93 kWh/m²
Kullanım suyu ısıtması için gerekli olan enerji	90,99 MWh	
Güneş enerjisi sisteminden sağlanan enerji	63,59 MWh	
Kazan desteğinden sağlanan enerji	29,15 MWh	
Kullanım suyu karşılama oranı:	% 68,60	
Sistem verimi:	% 45,60	

NOTLAR:

1- Değerler 10 ton/gün sıcak kullanım suyu tüketimi için verilmiştir.
2- Sistem tasarımında Adana iklim verileri kullanılmıştır.
3- Sistem tasarımlannda kolektörlerin yatayla yaptığı açı 30°, Azimut (güney yönünden sapma) 0° kabul edilmiştir.
4- Sıcak su kullanım profili olarak akşam pik yük ve yaz kullanımının yoğun olduğu kabul edilmiştir.
5- Kullanım suyu sıcaklığı 45° olarak kabul edilmiştir.
6- Güneş enerjisi sistemine destek olarak 200kW gaz yakıtlı yoğuşmalı kazan kullanıldığı kabul edilmiştir.
7- Güneş enerjisinden sağlanan enerji ve kazandan sağlanan enerji toplamlarının gerekli olan enerjiden fazla olmasının nedeni sistemde gerçekleşen kayıplardır.

OTEL - İZMİR
30xSKN 3.0 / Güneş enerjisi tarafı 3xSU1000 + Kazan tarafı 2 ton depolama



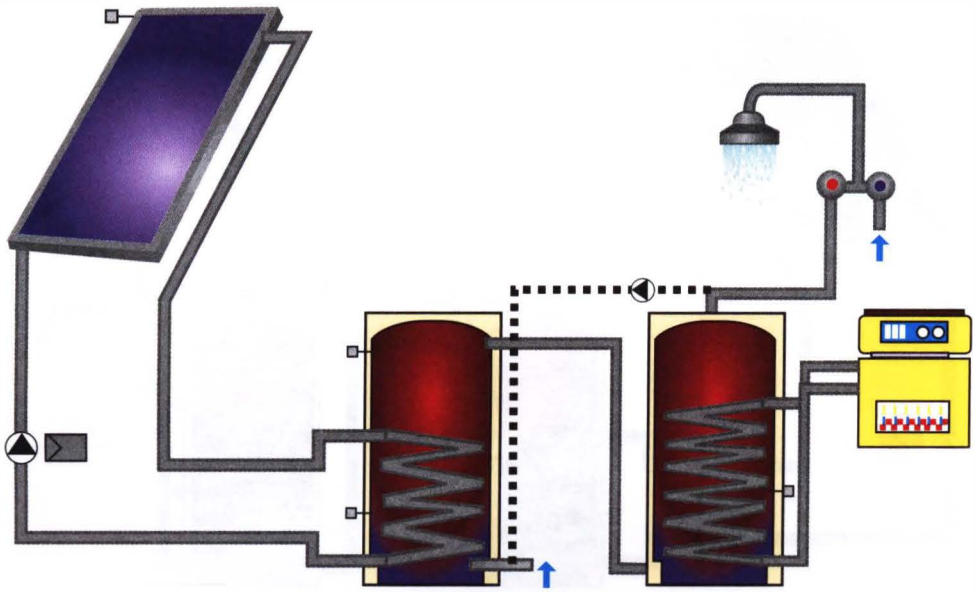
YILLIK SİMÜLASYON SONUÇLARI		
Kolektör alanına gelen ışınım	126,93 MWh	1.875,51 kWh/m²
Kolektörler tarafından üretilen enerji	61,00 MWh	901,27 kWh/m²
Kolektör devresi tarafından üretilen enerji	56,88 MWh	840,38 kWh/m²
Kullanım suyu ısıtması için gerekli olan enerji	88,23 MWh	
Güneş enerjisi sisteminden sağlanan enerji	55,97 MWh	
Kazan desteğinden sağlanan enerji	33,98 MWh	
Kullanım suyu karşılama oranı:	% 62,20	
Sistem verimi:	% 44,10	

NOTLAR:

1- Değerler 10 ton/gün sıcak kullanım suyu tüketimi için verilmiştir.
2- Sistem tasarımında İzmir iklim verileri kullanılmıştır.
3- Sistem tasarımlarında kolektörlerin yatayla yaptığı açı 30°, Azimut (güney yönünden sapma) 0° kabul edilmiştir.
4- Sıcak su kullanım profili olarak akşam pik yük ve yaz kullanımının yoğun olduğu kabul edilmiştir.
5- Kullanım sıcak suyu sıcaklığı 45° olarak kabul edilmiştir.
6- Güneş enerjisi sistemine destek olarak 200 kW gaz yakıtlı yoğuşmalı kazan kullanıldığı kabul edilmiştir.
7- Güneş enerjisinden sağlanan enerji ve kazandan sağlanan enerji toplamlarının gerekli olan enerjiden fazla olmasının nedeni sistemde gerçekleşen kayıplardır.

OTEL - ANTALYA

30 SKN 3.0 / Güneş enerjisi tarafı 3XSU1000 + Kazan tarafı 2 ton depolama



YILLIK SİMÜLASYON SONUÇLARI

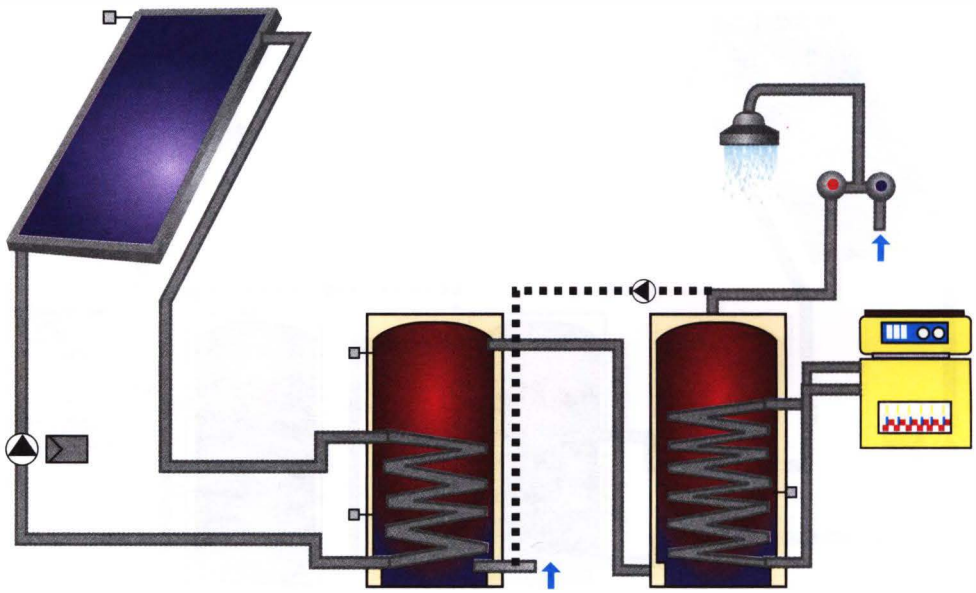
Kolektör alanına gelen ışınım	132,53 MWh	1.958,21 kWh/m²
Kolektörler tarafından üretilen enerji	65,16 MWh	962,78 kWh/m²
Kolektör devresi tarafından üretilen enerji	61,00 MWh	901,34 kWh/m²
Kullanım suyu ısıtması için gerekli olan enerji	93,35 MWh	
Güneş enerjisi sisteminden sağlanan enerji	60,11 MWh	
Kazan desteğinden sağlanan enerji	34,94 MWh	
Kullanım suyu karşılama oranı:	% 63,20	
Sistem verimi:	% 45,40	

NOTLAR:

1- Değerler 10 ton/gün sıcak kullanım suyu tüketimi için verilmiştir.
2- Sistem tasarımında Antalya iklim verileri kullanılmıştır.
3- Sistem tasarımlarında kolektörlerin yatayla yaptığı açı 30°, Azimut (güney yönünden sapma) 0° kabul edilmiştir.
4- Sıcak su kullanım profili olarak akşam pik yük ve yaz kullanımının yoğun olduğu kabul edilmiştir.
5- Kullanım suyu sıcaklığı 45° olarak kabul edilmiştir.
6- Güneş enerjisi sistemine destek olarak 200 kW gaz yakıtlı yoğuşmalı kazan kullanıldığı kabul edilmiştir.
7- Güneş enerjisinden sağlanan enerji ve kazandan sağlanan enerji toplamlarının gerekli olan enerjiden fazla olmasının nedeni sistemde gerçekleşen kayıplardır.

OTEL - ANTALYA

150xSKN 3.0 / Güneş enerjisi tarafı 10xSU1000 + Kazan tarafı 15 ton depolama



YILLIK SİMÜLASYON SONUÇLARI

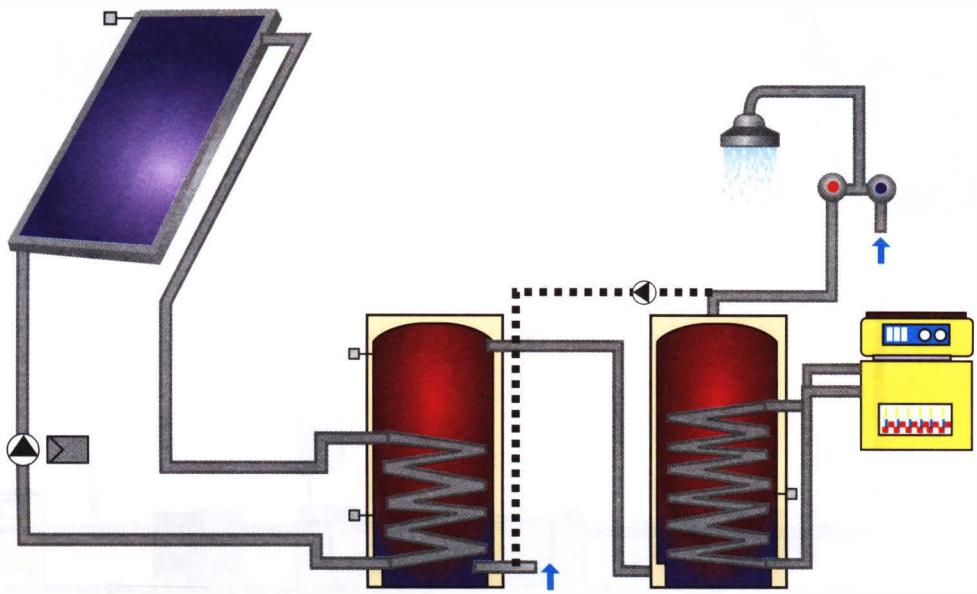
Kolektör alanına gelen ışınım	662,66 MWh	1.958,21 kWh/m²
Kolektörler tarafından üretilen enerji	301,33 MWh	890,45 kWh/m²
Kolektör devresi tarafından üretilen enerji	291,94 MWh	862,72 kWh/m²
Kullanım suyu ısıtması için gerekli olan enerji	465,27 MWh	
Güneş enerjisi sisteminden sağlanan enerji	288,82 MWh	
Kazan desteğinden sağlanan enerji	194,02 MWh	
Kullanım suyu karşılama oranı:	% 59,80	
Sistem verimi:	% 43,60	

NOTLAR:

1- Değerler 50 ton/gün sıcak kullanım suyu tüketimi için verilmiştir.
2- Sistem tasarımında Antalya iklim verileri kullanılmıştır.
3- Sistem tasarımlarında kolektörlerin yatayla yaptığı açı 30°, Azimut (güney yönünden sapma) 0° kabul edilmiştir.
4- Sıcak su kullanım profili olarak akşam pik yük ve yaz kullanımının yoğun olduğu kabul edilmiştir.
5- Kullanım suyu sıcaklığı 45° olarak kabul edilmiştir.
6- Güneş enerjisi sistemine destek olarak 500 kW gaz yakıtlı yoğuşmalı kazan kullanıldığı kabul edilmiştir.
7- Güneş enerjisinden sağlanan enerji ve kazandan sağlanan enerji toplamlarının gerekli olan enerjiden fazla olmasının nedeni sistemde gerçekleşen kayıplardır.

FABRİKA 2 VARDİYA - İSTANBUL

30xSKN 3.0 / Güneş enerjisi tarafı 4xSU1000 + Kazan tarafı 3xSU1000

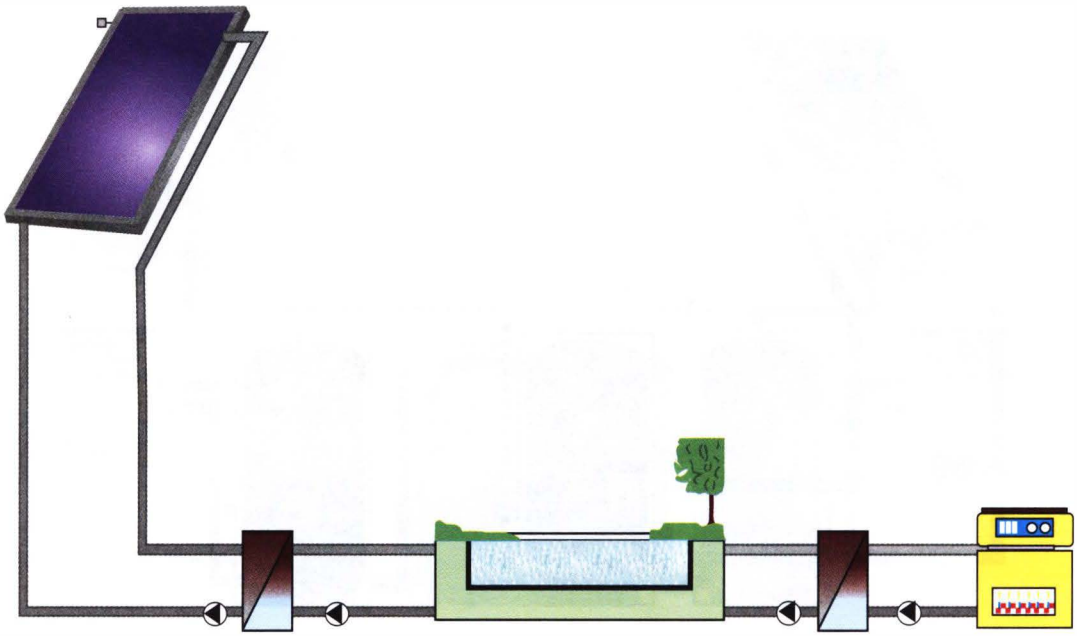


YILLIK SİMÜLASYON SONUÇLARI

Kolektör alanına gelen ışınım	112,44 MWh	1.661,34 kWh/m²
Kolektörler tarafından üretilen enerji	59,60 MWh	880,60 kWh/m²
Kolektör devresi tarafından üretilen enerji	56,38 MWh	833,02 kWh/m²
Kullanım suyu ısıtması için gerekli olan enerji	96,95 MWh	
Güneş enerjisi sisteminden sağlanan enerji	55,87 MWh	
Kazan desteğinden sağlanan enerji	43,23 MWh	
Kullanım suyu karşılama oranı:	% 56,40	
Sistem verimi:	% 49,70	

NOTLAR:

1- Değerler 8 ton/gün sıcak kullanım suyu tüketimi için verilmiştir.
2- Sistem tasarımında İstanbul iklim verileri kullanılmıştır.
3- Sistem tasarımlarında kolektörlerin yatayla yaptığı açı 30°, Azimut (güney yönünden sapma) 0° kabul edilmiştir.
4- Sıcak su kullanım profili olarak saat 14:00 ve 20:00'da iki vardiya çıkışı ve öğlen yoğun kullanım olduğu varsayılmıştır.
5- Kullanım suyu sıcaklığı 45° olarak kabul edilmiştir.
6- Güneş enerjisi sistemine destek olarak 100 kW gaz yakıtlı yoğuşmalı kazan kullanıldığı kabul edilmiştir.
7- Güneş enerjisinden sağlanan enerji ve kazandan sağlanan enerji toplamlarının gerekli olan enerjiden fazla olmasının nedeni sistemde gerçekleşen kayıplardır.

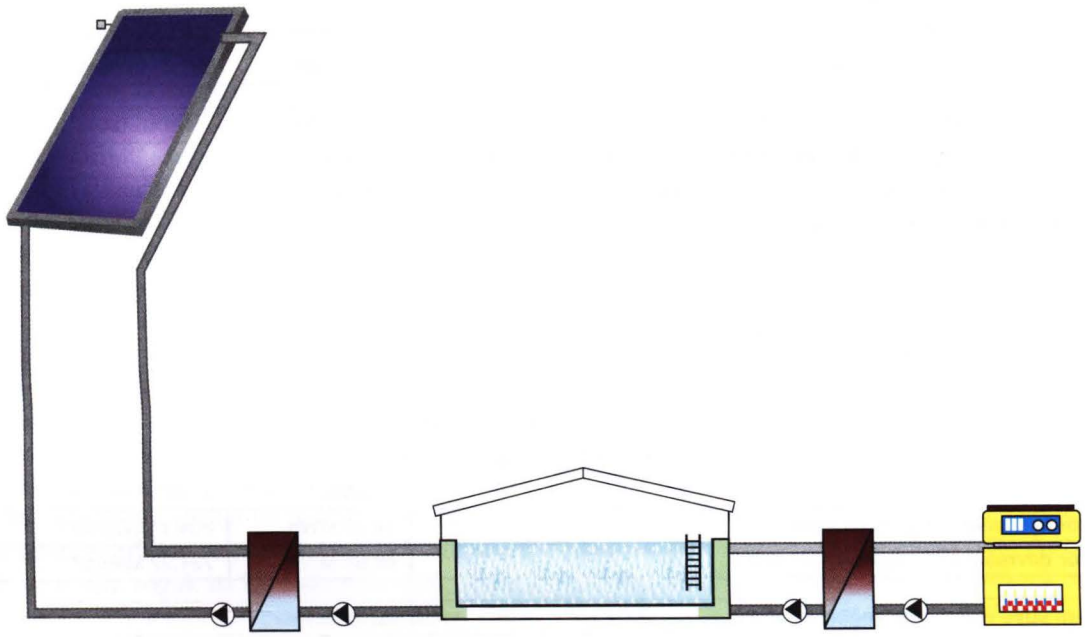
AÇIK HAVUZ - İZMİR		
10xSKN 3.0		
		
YILLIK SİMÜLASYON SONUÇLARI		
Kolektör alanına gelen ışınım	42,31 MWh	1.875,51 kWh/m²
Kolektörler tarafından üretilen enerji	13,23 MWh	586,54 kWh/m²
Kolektör devresi tarafından üretilen enerji	10,33 MWh	457,79 kWh/m²
Güneş enerjisi sisteminden sağlanan enerji	10,33 MWh	
Kazan desteğinden sağlanan enerji	5,6 MWh	
Kullanım suyu karşılama oranı:	% 64,8	
Sistem verimi:	% 24,4	

NOTLAR:

1- Sistem tasarımında İzmir iklim verileri kullanılmıştır.
2- Sistem tasarımlarında kolektörlerin yatayla yaptığı açı 30°, Azimut (güney yönünden sapma) 0° kabul edilmiştir.
3- Havuz yüzey alanının 30 m² ve ortalama derinliğinin 1,5 m olduğu varsayılmıştır.
4- Havuz kullanımının 20.05 - 01.09 döneminde olduğu kabul edilmiştir.
5- Güneş enerjisi sistemine destek olarak 200 kW gaz yakıtlı yoğuşmalı kazan kullanıldığı kabul edilmiştir.
6- Güneş enerjisinden sağlanan enerji ve kazandan sağlanan enerji toplamlarının gerekli olan enerjiden fazla olmasının nedeni sistemde gerçekleşen kayıplardır.

KAPALI HAVUZ- İZMİR

10xSKN 3.0



YILLIK SİMÜLASYON SONUÇLARI

Kolektör alanına gelen ışınım	42,31 MWh	1.875,51 kWh/m²
Kolektörler tarafından üretilen enerji	10,80 MWh	478,71 kWh/m²
Kolektör devresi tarafından üretilen enerji	7,52 MWh	333,15 kWh/m²
Güneş enerjisi sisteminden sağlanan enerji	7,52 MWh	
Kazan desteğinden sağlanan enerji	395,92 kWh	
Kullanım suyu karşılama oranı:	% 95	
Sistem verimi:	% 17,8	

NOTLAR:

1- Sistem tasarımında İzmir iklim verileri kullanılmıştır.

2- Sistem tasarımlannda kolektörlerin yatayla yaptığı açı 30°, Azimut (güney yönünden sapma) 0° kabul edilmiştir.

3- Havuz yüzey alanının 30 m² ve ortalama derinliğinin 1,5 m olduğu varsayılmıştır.

4- Havuz kullanımının 20.05 - 01.09 döneminde olduğu kabul edilmiştir.

5- Güneş enerjisi sistemine destek olarak 200 kW gaz yakıtlı yoğuşmalı kazan kullanıldığı kabul edilmiştir.

6- Güneş enerjisinden sağlanan enerji ve kazandan sağlanan enerji toplamlarının gerekli olan enerjiden fazla olmasının nedeni sistemde gerçekleşen kayıplardır.

BUDERUS LOGASOL GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ İLE KULLANIM SUYU ISITMASI KARŞILAŞTIRMA TABLOSU		
SOSYAL TESİS- İSTANBUL		
40xSKN 3.0 / 3 ton depolama		
Kolektör alanına gelen ışınım	149,92 MWh	1.661,34 kWh/m²
Kolektörler tarafından üretilen enerji	55,93 MWh	619,83 kWh/m²
Kolektör devresi tarafından üretilen enerji	50,21 MWh	556,41 kWh/m²
Kullanım suyu ısıtmasına sağlanan enerji	57,19 MWh	
Güneş enerjisi sisteminden kullanım suyu ısıtmasına sağlanan enerji	45,08 MWh	
Güneş enerjisi sisteminden havuz ısıtmasına sağlanan enerji	5,13 MWh	
Kazan desteğinden sağlanan enerji	33,31 MWh	
Kullanım suyu ısıtması karşılama oranı	% 74,80	
Yüzme havuzu karşılama oranı:	% 22,10	
Toplam karşılama oranı	% 60,10	
Sistem verimi:	% 33,50	
SOSYAL TESİS - ANTALYA		
30xSKN 3.0 / 3 ton depolama		
Kolektör alanına gelen ışınım	132,53 MWh	1.958,21 kWh/m²
Kolektörler tarafından üretilen enerji	54,42 MWh	804,13 kWh/m²
Kolektör devresi tarafından üretilen enerji	49,54 MWh	731,92 kWh/m²
Kullanım suyu ısıtmasına sağlanan enerji	46,74 MWh	
Güneş enerjisi sisteminden kullanım suyu ısıtmasına sağlanan enerji	44,81 MWh	
Güneş enerjisi sisteminden havuz ısıtmasına sağlanan enerji	4,72 MWh	
Kazan desteğinden sağlanan enerji	15,82 MWh	
Kullanım suyu ısıtması karşılama oranı	% 88,10	
Yüzme havuzu karşılama oranı:	% 32,60	
Toplam karşılama oranı	% 75,80	
Sistem verimi:	% 37,40	
SOSYAL TESİS- İZMİR		
30xSKN 3.0 / 3 ton depolama		
Kolektör alanına gelen ışınım	126,93 MWh	1.875,51 kWh/m²
Kolektörler tarafından üretilen enerji	51,68 MWh	763,56 kWh/m²
Kolektör devresi tarafından üretilen enerji	47,00 MWh	694,40 kWh/m²
Kullanım suyu ısıtmasına sağlanan enerji	44,19 MWh	
Güneş enerjisi sisteminden kullanım suyu ısıtmasına sağlanan enerji	41,08 MWh	
Güneş enerjisi sisteminden havuz ısıtmasına sağlanan enerji	5,91 MWh	
Kazan desteğinden sağlanan enerji	20,15 MWh	
Kullanım suyu ısıtması karşılama oranı	% 85,00	
Yüzme havuzu karşılama oranı:	% 31,40	
Toplam karşılama oranı	% 70,00	
Sistem verimi:	% 37,00	

NOTLAR:

1- Günlük kullanım suyu tüketim 45 °C'de 5 ton/gün, sabah ve akşam pik yükler olduğu kabul edilmiştir.

2- Sistem tasarımında İstanbul, Antalya, İzmir iklim verileri kullanılmıştır.

3- Sistem tasarımlarında kolektörlerin yatayla yaptığı açı 30°, Azimut (güney yönünden sapma) 0° kabul edilmiştir.

4- Havuz yüzey alanının 50 m² ve ortalama derinliğinin 1,5 m, istenen havuz suyu sıcaklığı 27°C olduğu varsayılmıştır.

5- Havuz kullanımının 20.05 - 01.09 tarihleri arasında olduğu kabul edilmiştir.

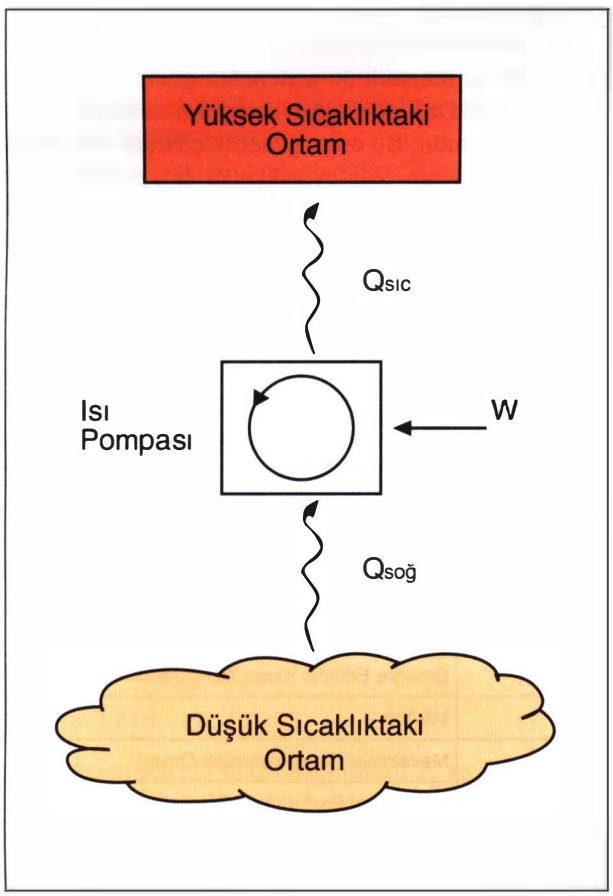
6- Güneş enerjisi sistemine destek olarak 200 kW gaz yakıtlı yoğuşmalı kazan kullanıldığı kabul edilmiştir.

7- Güneş enerjisinden sağlanan enerji ve kazandan sağlanan enerji toplamlarının gerekli olan enerjiden fazla olmasının nedeni sistemde gerçekleşen kayıplardır.

III. BÖLÜM
ÇEVRE ENERJİSİ

3.1. TEMEL KAVRAMLAR VE BİLGİLER

Isı pompaları, düşük sıcaklıktaki bir ısı kaynağından, daha yüksek sıcaklıktaki bir ısı kaynağına ısı geçişinin gerçekleştirildiği termodinamik sistemlerdir. *Şekil 3.1*'de ısı pompalarının genel çalışma prensibi gösterilmektedir. Isı pompaları, tek bir cihaz olarak hem ısıtma, hem de soğutma amaçlı kullanılabilirliği, geleneksel yöntemlere göre daha işlevsel oluşu, enerji tüketiminde önemli ölçüde tasarruf sağlaması, kompakt yapıya sahip olması, yüksek kontrol teknolojisine uyum göstermesi ve benzeri avantajlarından ötürü son yıllarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Termodinamiğin II. yasasından da bilindiği gibi düşük sıcaklık kaynağından yüksek sıcaklıktaki ortama ısı geçişi ancak ikinci bir enerji kaynağının varlığı ile mümkün olabilmektedir. Bu ikinci enerji kaynağı termal ve mekanik enerji olabilir ve ısının, soğuk ısı kaynağından sıcak ortama aktarılması çeşitli şekillerde gerçekleştirilebilir. Buna göre ısı pompası çeşitleri aşağıdaki gibidir:



Şekil 3.1. ISI POMPASI GENEL ÇALIŞMA PRENSİBİ

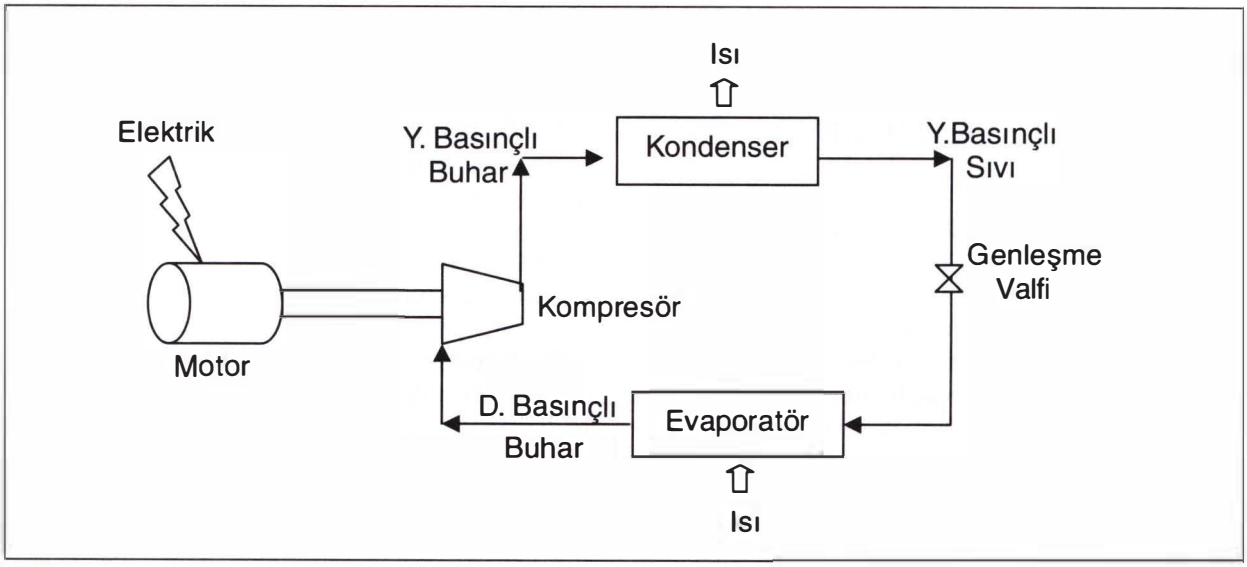
- Buhar sıkıştırmalı çevrimli ısı pompası
- Absorbsiyonlu ısı pompası
- Adsorbsiyonlu ısı pompası
- Gaz çevrimli ısı pompası
- Jet buhar püskürtmeli ısı pompası
- Stirling çevrimli ısı pompası
- Resorbsiyonlu ısı pompası
- Rankine/Buhar sıkıştırmalı çevrimli ısı pompası
- Termoelektrik ısı pompası

Bunlardan yaygın olarak kullanılanları mekanik enerji ile çalışan "Buhar sıkıştırmalı çevrimli" ısı pompaları ve termal enerji ile çalışan "Absorbsyonlu ve Adsorbsyonlu" ısı pompalarıdır.

3.1.1. MEKANİK ENERJİ İLE ÇALIŞAN ISI POMPALARI

Klasik buhar sıkıştırmalı sistemlerde enerji kaynağı olarak elektrik enerjisi kullanılmaktadır. Ancak elektrik motorlarında verimin oldukça yüksek olmasına karşılık (%75-95) elektrik enerjisi üretiminde verimin düşük (%35 civarında) oluşu birincil enerjinin ancak %33 kadarının ısı pompasında değerlendirilebilmesine imkan vermektedir. Etkinlik katsayısının (COP) 3'ün altında olduğu durumda, birincil enerji kaynağı yakıtın elektrik enerjisine dönüşüm veriminin (%25-33) dikkate alınması halinde, birincil enerji oranı (PER: üretilen faydalı ısı / yakıt enerjisi) 1'in altına düşecektir. Isı pompası kompresörü çalıştırılmasında elektrik motorlarına alternatif yöntem, klasik içten yanmalı motorlar olmaktadır, ancak bunlarda da şaft gücü ortalama üretim verimi %20-30 olup, bu değer elektrik motorundaki nihai verim değeri ile benzerlik göstermektedir. Atık ısı enerjisinin değerlendirilebilme imkanı diesel, LPG ve doğalgaz ile çalışabilen motorlara avantaj sağlamaktadır. Isının geri kazanıldığı ısı makinelerinin kullanımı, bu tip ısı pompalarının ekonomikliğini arttıracaktır.

Buhar sıkıştırmalı ısı pompası, ana hatları ile evaporatör, kompresör, kondenser, genleşme valfi veya kapilar (kılcal) borudan oluşmaktadır. Uygulamada bunlara ilave olarak akümülatör, toplayıcı kontrol elemanları gibi diğer elemanlar bulunmaktadır. *Şekil 3.2*'de buhar sıkıştırmalı ısı pompasının ana elemanları gösterilmektedir. Çalışma akışkanı veya bilindiği adıyla soğutucu akışkan bu dört parça içinde çevrim yapar. Evaporatörde, soğutucu akışkanın sıcaklığı ısı kaynağının sıcaklığının altında tutulur. Böylece evaporatördeki soğutucu akışkanın ısı kaynağından ısı alarak buharlaşması sağlanır. Buhar, kompresörde yüksek basınca ve sıcaklığa sıkıştırılır. Sıcak buhar, kondensere girer ve yoğuşarak ısısını dışarı verir. Son olarak yüksek basınçlı soğutucu akışkan genleşme vanasında genleştirilerek evaporatör



Şekil 3.2. BUHAR SIKIŞTIRMALI ISI POMPASI ANA ELEMANLARI

basınç ve sıcaklığına getirilir. Soğutucu akışkan ilk haline dönmüş olur ve tekrar evaporatöre girer. Kompresör genellikle elektrik motoru veya bazen de yanmalı motorlar ile çalışır.

3.1.2. TERMAL ENERJİ İLE ÇALIŞAN ISI POMPALARI

Termal enerji ile çalışan "Absorbsyonlu ve Adsorbsyonlu" ısı pompaları bu kitapta ele alınmamıştır.

3.1.3. ETKİNLİK VE VERİMLİLİK TANIMLARI

Enerji fiyatlarının günden güne artması, tüketicilerin bilinçlenmesi ve çıkarılan yasal yönetmelikler, enerjinin daha verimli ve etkin bir biçimde kullanımını zorunlu kılmaktadır. Bu çerçevede, enerjinin ne kadar verimli kullanıldığının belirlenmesinde, verimlilik (veya etkinlik) ile ilgili kavramların ve bunların standart değerlerinin bilinmesi büyük önem taşır. Isıtma, iklimlendirme ve soğutma endüstrisinde, sırasıyla, etkinlik katsayısı (COP) ve yanma verimi gibi, etkinlik ve verimi açıklayan birçok terim kullanılır.

Genelde, bu terimlerin birçoğu eş anlamlıdır. Değişik HVAC (Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme) sistemleri kıyaslandığı zaman, bu terimlerin nasıl belirlendiğini ve ilişkisini anlamak çok önemlidir.

Genel anlamda verim, aynı periyot veya işletme çevrimi boyunca, dinamik bir sistemden (makina veya motor gibi) elde edilen faydalı enerjinin sisteme verilen enerjiye oranıdır. Bu oran, genellikle belirli test koşullarında belirlenir. Konfor sağlayan ekipmanın verimi (veya etkinliği) arabalarda kullanılan litre başına km yakıt tüketimiyle benzerdir. Oran ne kadar yüksek ise, sistem o kadar fazla verimlidir ve böylece yakıt tüketimi daha az olacaktır. *Tablo 3.3*'de belirtilen terimlerden COP ve EER'den özet olarak bahsedilecektir.

Sıra No	Gösterim	Açıklama (İngilizce)	Açıklama (Türkçe)
1	EK (COP)	Coefficient of Performance	Etkinlik Katsayısı
2	SEK	Coefficient of Performance for Heating	Soğutma Etkinlik Katsayısı
3	IEK	Coefficient of Performance for Cooling	Isıtma Etki Katsayısı
4	EVO (EER)	Energy Efficiency Ratio	Enerji Verimlilik (Etkinlik) Oranı
5	IMPF (HSPF)	Heating Seasonal Performance Factor	Isıtma Mevsimsel Performans Faktörü
6	EKYD (IPLV)	Integrated Part Load Value	Entegre Edilmiş Kısmi Yük Değeri
7	KWT	kW/ton	kW/ton
8	MEVO (SEER)	Seasonal Energy Efficiency Ratio	Mevsimsel Enerji Verimlilik Oranı
9	MPF (SPF)	Seasonal Performance Factor	Mevsimsel Performans Faktörü
10	MEK (SCOP)	Seasonal Coefficient of Performance	Mevsimsel Etkinlik Katsayısı
11	KMPF (CSPF)	Combined Seasonal Performance Factor	Kombine Mevsimsel Performans Faktörü

Tablo 3.3. ISI POMPALARINDA KULLANILAN ETKİNLİK VE VERİM TANIMLARININ LİSTESİ

3.1.3.1. Etkinlik Katsayısı (EK veya COP)

EK, soğutucu akışkan kullanılan sistemlerin verimini belirlemek için kullanılan temel bir parametredir. Bu terim, ısı pompası gibi, ısıtma verimi veya soğutma verimlerinin her ikisinide belirtmek için kullanılır. Soğutma için, soğutma etkinlik katsayısı (SEK) adını alır ve birbirine uygun birimlerde, çekilen ısı miktarının kompresöre verilen enerji miktarına oranı olarak tanımlanır. Başka bir deyişle, cihazın kW soğutma başına ürettiği enerjinin, toplam çektiği enerjiye (kW) oranıdır.

$$SEK = \text{Soğutma Etkisi} / \text{İş Girişi} = Q_L / W_{net,g} \quad (1a)$$

Isıtma için ise, ısıtma etkinlik katsayısı (IEK) adını alır ve uygun birimlerde, elde edilen ısı miktarının, kompresöre verilen enerji miktarına oranı olarak açıklanır.

$$IEK = \text{Isıtma Etkisi} / \text{İş Girişi} = Q_H / W_{net,g} \quad (1b)$$

(1a) ve (1b) denklemleri karşılaştırıldığı zaman, belirli Q_L ve Q_H değerleri için,

$$IEK = SEK + 1 \text{ olduğu görülür.} \quad (1c)$$

EK, aynı zamanda anlık (standart veya standart dışı) değerde veya ağırlıklı ortalama (mevsimsel) koşulunda verimi belirlemek için kullanılabilir. Kullanımına bağlı olarak, bu terim; iç ve dış ünite fanları, soğutulmuş su pompaları veya soğutma kuleleri gibi, yardımcı sistemlerin enerji tüketimlerini içerebilir yada içermez. Kıyaslama amaçlı kullanıldığı zaman, EK ne kadar büyükse, sistem o kadar fazla verimlidir. Elektrikli ısıtıcı için EK = 1 olduğundan, 1' den daha yüksek değerler, aynı miktarda elektrik enerjisi verilirken, daha fazla ısının elde edildiğini gösterir.

EK, dış hava sıcaklığıyla değişir, sıcaklık düştükçe, EK da düşer. Çünkü ısı pompası daha düşük sıcaklıklarda daha az verimlidir. EK, kompakt ısı pompalarında, ARI (Air-Conditioning and Refrigeration Institute, İklimlendirme ve Soğutma Enstitüsü) standartlarına göre, 17°F (- 8,3°C) ve 47°F (8,3°C)'lık iki standart dış hava sıcaklığı için tipik olarak belirtilir. ARI, Amerika' da, ısıtma, iklimlendirme ve soğutma imalatçılarını içine alan, kar amacı gütmeyen, gönüllülerden oluşan bir organizasyondur. Bu kuruluş, kullanıcılara standart kıyaslama değerini sunmak amacıyla, ısı pompaları ve iklimlendirme cihazlarının testi ve kapasitelerinin belirlenmesi için standartlar yayınlar.

Tersinir soğutma makinası ve ısı pompasının, SEK ve IEK değerleri şu bağıntılarla hesaplanabilir:

$$SEK_{SM,tr} = 1 / [(T_H / T_L) - 1] \quad (2)$$

$$IEK_{IP,tr} = 1 / [1 - (T_L / T_H)] \quad (3)$$

Yukarıda verilen (2) ve (3) bağıntıları, T_L ve T_H sıcaklık sınırları arasında çalışan bir soğutma makinesinin veya bir ısı pompasının sahip olabileceği en yüksek etkinlik katsayılarını gösterir.

Bu kitapta etkinlik katsayılarından COP olarak bahsedilecektir.

3.1.3.2. Enerji Verimlilik Oranı (EER)

EER'nin hesaplanmasında kullanılan terimlerin ikisi, EK'de kullanılan iki terimle aynı olup, sadece farklı birimlerde belirtilir. EER, kullanıcılar tarafından daha kolay kullanılması ve anlaşılması amacıyla geliştirilmiştir. Cihazın belirli değerleri için EER'yi etikete yazmak imalatçılar tarafından yasal bir gereklilik olmuştur. Bu EER'ler, belirli bir dizi standart sıcaklıklarda, ARI tarafından belirlenen test koşullarında ölçülür.

EER, ünite şeklinde klima cihazlarının ve ısı pompası sistemlerinin soğutma verimini belirlemek için genellikle kullanılan bir terimdir. Bu terim, verimin, uygun ekipman standardıyla, belirli tek kapasite koşulunda belirlendiğini açıklar ve net soğutma kapasitesinin, Q_{ns} (kW olarak çekilen ısı) verilen toplam elektrik enerjisine, W_{te} (kW) oranı olarak tanımlanır.

$$EER = Q_{ns} \text{ (kW)} / W_{te} \text{ (kW)} \quad (4)$$

Bu terimin, iç ve dış ünite fanları gibi yardımcı sistemlerin enerjilerini de içerdiği göz ardı edilmemelidir. Kıyaslama amaçları için, EER ne kadar yüksek ise, sistem o kadar verimlidir.

3.2. TERMODİNAMİK AÇIDAN ISI POMPALARI

3.2.1. TERS CARNOT ÇEVRİMİ

Carnot çevrimi gerçekte varolmamakla birlikte tamamen tersinir bir çevrimdir. Bu nedenle, güç çevrimlerinin karşılaştırılmasında kullanılır. Carnot çevrimi, verilen bir sıcaklık aralığında en yüksek ısıl verime sahip çevrimdir.

Carnot, tersinir bir çevrim olduğu için, çevrimi oluşturan hal değişimleri ısı ve iş etkileşimleri ters yönde de gerçekleşebilir. Bu çevrime de "Ters Carnot Çevrimi" denir. Isı pompaları ve soğutma makineleri de bu çevrime göre çalışır.

Isı pompalarında, düşük sıcaklıktan ısı çekilir ve iş, bu ısıyı yüksek sıcaklıktaki ısı kaynağına ileten soğutucu akışkanda yapılır. Buhar sıkıştırmalı çevrimlerde soğutucu akışkan olarak sıvı-buhar karışımı kullanılmaktadır.

- 1-2 hal değişimi sırasında buharlaştırıcı, T_L sıcaklığında düşük sıcaklıktaki ısı kaynağından, sabit sıcaklıkta Q_L miktarında ısı çeker.
- 2-3 arasında akışkan, izentropik olarak kompresör tarafından sıkıştırılır ve sıcaklığı T_H'ye yükselir.
- Depolanmış ısı, sabit sıcaklıkta soğutucu akışkandan T_H sıcaklığındaki ortama geçer ve 3-4 hal değişimi gerçekleşmiş olur.
- Daha sonra basınç, buharlaştırıcı basıncına düşürülmek üzere soğutucu akışkan izentropik hal değişimini gerçekleştirir ve akışkanın sıcaklığı T_L olur.

Carnot ısı pompası için;

$$COP_{IP\_CARNOT} = \frac{1}{1 - \frac{T_L}{T_H}}$$

Carnot soğutma makinesi için;

$$COP_{SM\_CARNOT} = \frac{1}{1 - \frac{T_H}{T_L}}$$

Carnot çevriminin uygulamadaki zorluğu:

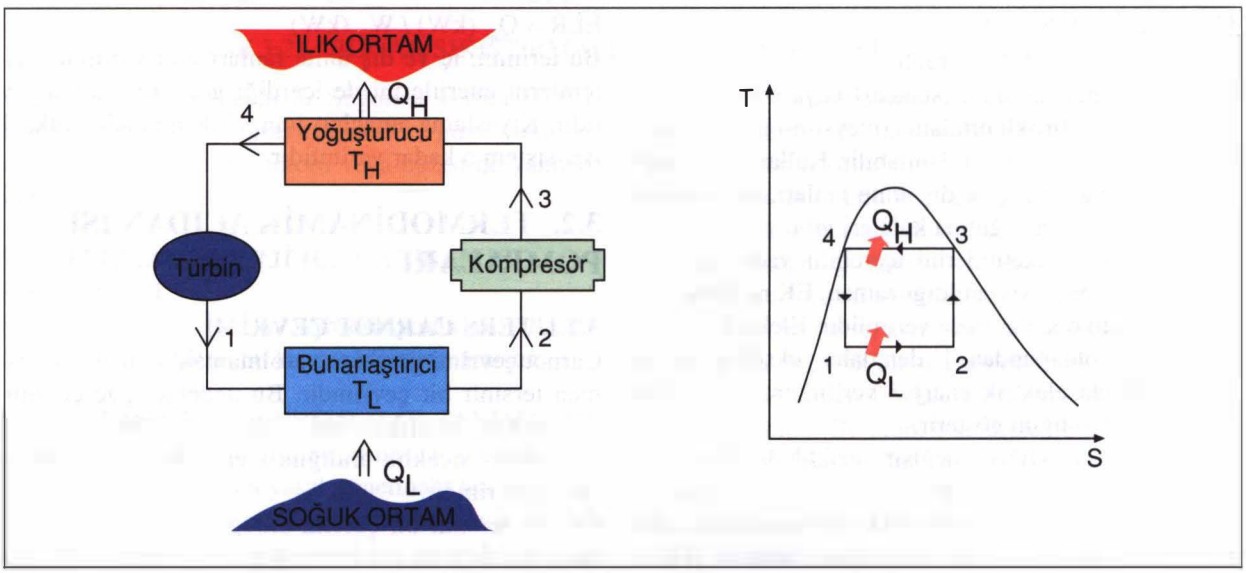
- 2-3 hal değişimi: Sıvı-buhar karışımının sıkıştırılması gereksinimi ortaya çıkar, bu da iki fazlı akışkanla çalışan kompresör gerektirir.
- 4-1 hal değişimi: Sıvı oranı yüksek bir karışımın genleşmesi.

3.2.2. İDEAL BUHAR SIKIŞTIRMALI SOĞUTMA ÇEVRİMİ

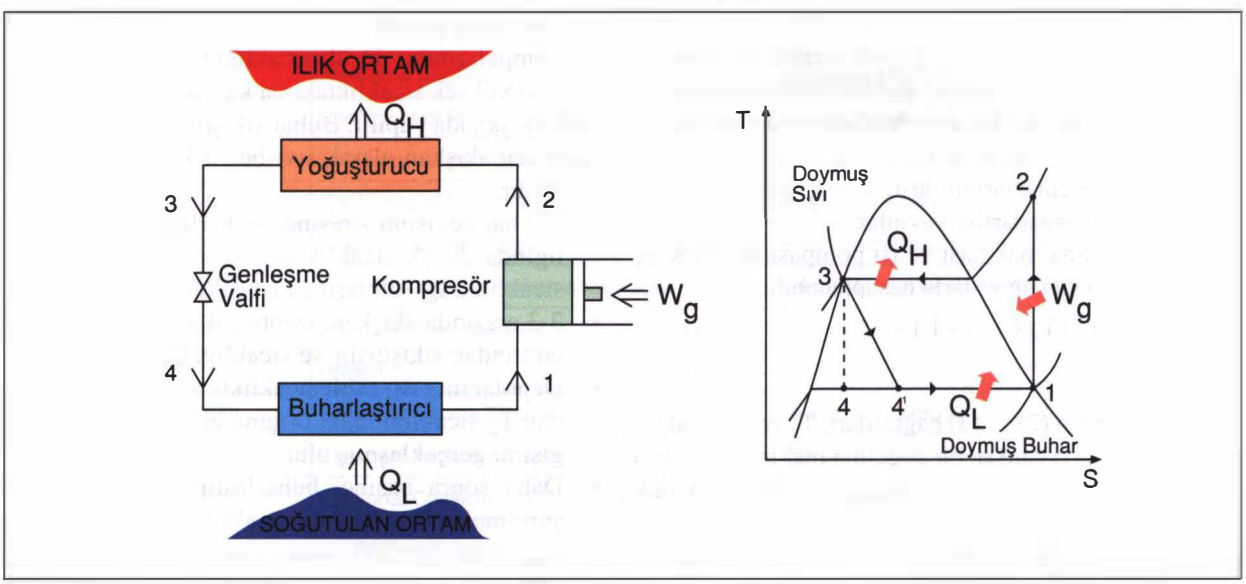
Uygulamadaki teorik çevrim Rankine çevrimidir. Ters Carnot çevriminde karşılaştığımız buhar – sıvı karışımını kompresörde sıkıştırma sorunu Rankine çevriminde çözülmüştür. Burada buhar sıkıştırılmadan önce tümüyle buharlaşmaktadır ve 4^1-1 hal değişimindeki genleşme bir genleşme valfi veya kılcal boru aracılığı ile sağlanmaktadır.

- 1-2 Kompresörde izentropik sıkıştırma
- 2-3 Yoğuşturucuda sabit basınçta çevreye ısı geçişi
- 3-4^1 Genleşme
- 4^1-5 Buharlaştırıcıda sabit basınçta akışkana ısı geçişi

Bu çevrimde genleşme esnasında (3-4) meydana gelen işten türbin aracılığı ile fazla yarar sağlanamayacağı



Şekil 3.4. TERS CARNOT ÇEVRİMİ



Şekil 3.5. İDEAL BUHAR SIKIŞTIRMALI ÇEVRİM

gibi, türbin yüksek maliyete sahiptir ve sistemi daha karmaşık hale getirir.

İdeal buhar sıkıştırmalı çevrim (Rankine), Carnot çevriminden farklı olarak tersinmezdir. Tersinmezliği bozan iki husus vardır:

- Genleşme : Genleşme valfi ile sağlanmaktadır. Genleşme (3-4) adyabatik olarak gerçekleşmektedir.
- Yoğuşturucuda kızgın buharın doymuş buhar haline gelmesi esnasında, ısı transferi sonlu sıcaklık farkında gerçekleşmektedir.

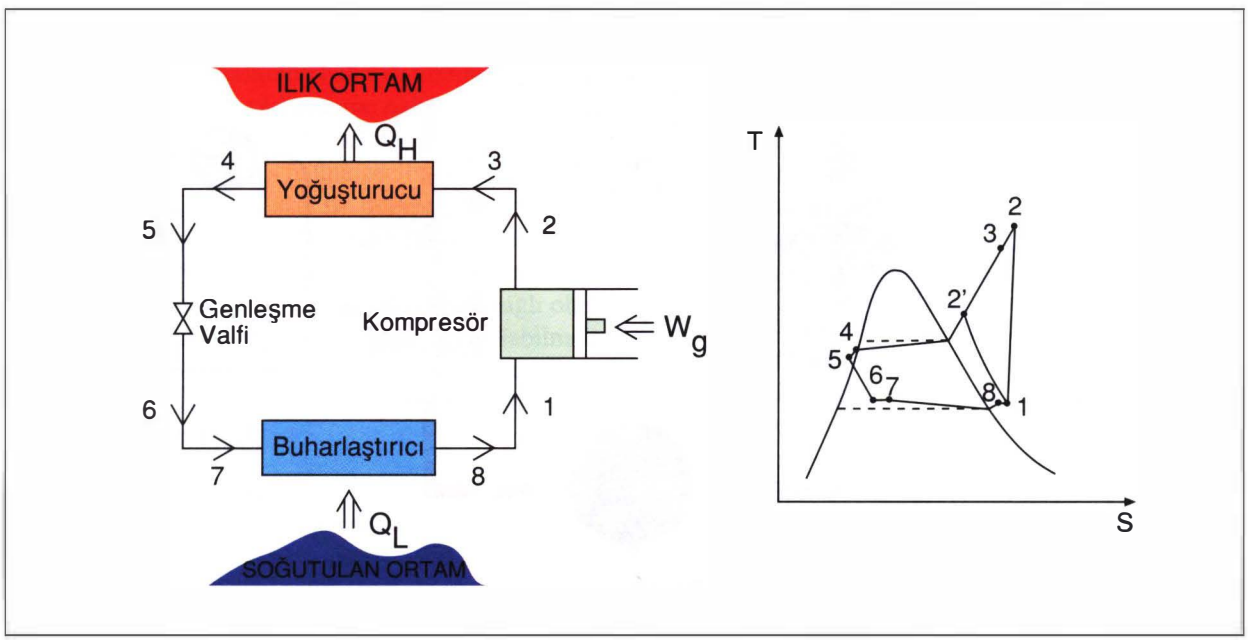
3.2.3. GERÇEK BUHAR SIKIŞTIRMALI SOĞUTMA ÇEVRİMİ

Gerçek buhar sıkıştırmalı soğutma çevrimi, ideal çevrimden birkaç açıdan farklıdır. Bu faklılık daha çok, gerçek çevrimi oluşturan elemanlardaki tersinmezliklerden kaynaklanır. Tersinmezliğin iki ana kaynağı, basıncın düşmesine neden olan akış sürtünmesi ve çevre ile olan ısı alışverişidir. Gerçek bir buhar sıkıştırmalı soğutma çevriminin T-s diyagramı *Şekil 3.6*'da gösterilmiştir.

İdeal çevrimde, buharlaştırıcıdan çıkan soğutucu akışkan kompresöre doymuş buhar halinde girer. Bu koşul uygulamada gerçekleştirilemez, çünkü soğutucu akışkanın hal değişimlerini hassas bir biçimde kontrol etmek olanaksızdır. Bunun yerine sistem, soğutucu akışkanın kompresör girişinde biraz kızgın buhar olmasını sağlayacak biçimde tasarlanır. Burada amaç, akışkanın kompresöre girişinde tümüyle buhar olmasını güvenceye almaktır. Ayrıca, buharlaştırıcı ile kompresör arasındaki bağlantı genellikle uzundur, böylece akış sürtünmesinin yol açtığı basınç düşmesi ve çevreden soğutucu akışkana olan ısı geçişi önem kazanabilir. Yukarıda sıralanan etkilerin toplam sonucu, soğutucu akışkanın özgül hacminin ve buna bağlı olarak kompresör işinin artmasıdır, çünkü sürekli akış işi, özgül hacimle doğru orantılıdır.

İdeal çevrimde sıkıştırma işlemi, içten tersinir adyabatiktir, başka bir değişle izentropiktir. Gerçek sıkıştırma işleminde ise, entropiyi etkileyen akış sürtünmesi ve ısı geçişi vardır. Sürtünme entropiyi artırır, ısı geçişi ise hangi yönde olduğuna bağlı olarak entropiyi artırır veya azaltır. Bu iki etkiye bağlı olarak, soğutucu akışkanın entropisi sıkıştırma işlemi sırasında artabilir (1-2 hal değişimi) veya azalabilir (1-2 hal değişimi). Sıkıştırmanın izentropik olması yerine, 1-2 hal değişimine göre olması tercih edilir, çünkü kompresör işi bu durumda daha az olacaktır. Bu bakımdan soğutucu akışkanın sıkıştırma işlemi sırasında soğutulması, ekonomik ve uygulanabilir olduğu sürece yararlıdır.

İdeal çevrimde, soğutucu akışkanın yoğuşturucudan çıkış hali, kompresör çıkış basıncında doymuş sıvıdır. Gerçek çevrimde ise kompresör çıkışıyla genleşme valfi girişi arasında bir basınç düşmesi vardır. Akışkanın genleşme valfine girmeden önce tümüyle sıvı halde olması istenir. Doymuş sıvı halini, uygulamada tam bir hassaslıkla gerçekleştirmek zor olduğundan, yoğuşturucudan çıkış hali genellikle sıkıştırılmış sıvı bölgesindedir. Soğutucu akışkan, doyma sıcaklığından daha düşük bir sıcaklığa soğutulur, başka bir deyişle aşırı soğutulur. Bunun bir sakıncası yoktur, çünkü bu durumda soğutucu akışkan buharlaştırıcıya daha düşük bir entalpide girer ve buna bağlı olarak ortamdan daha çok ısı çekebilir. Genleşme valfi ile buharlaştırıcı birbirine çok yakındır, bu nedenle aradaki basınç düşümü küçüktür.



Şekil 3.6. GERÇEK BUHAR SIKIŞTIRMALI ÇEVRİM

3.3. ISI POMPASI ÇALIŞMA PRENSİBİ

Isı pompası dört ana parçadan oluşur:

- **Evaporatör:** Soğutucu akışkanı buharlaştırır ve ısıyı, ısı taşıyıcı akışkandan soğutucu akışkan çevrimine aktarır.
- **Kondenser:** Gaz fazındaki soğutucu akışkanı yeniden sıvı hale yoğuşturur ve ısıyı ısıtma tesisatına aktarır.
- **Genleşme Valfi:** Soğutucu akışkanın basıncını düşürür.
- **Kompresör:** Soğutucu akışkanın basıncını ve sıcaklığını arttırır.

Kaynama noktasının basınç ile ilişkisi : Farklı akışkanların kaynama noktaları basınç ile değişir, basınç arttıkça kaynama noktası sıcaklığı yükselir. Örneğin su normal şartlarda +100°C'de kaynar. Basıncı iki katına çıkarırsak su +120°C'de kaynar. Yarısı kadar bir basınçta su, +80°C'de kaynamaya başlayacaktır. Isı pompasının içindeki soğutucu akışkan da aynı şekilde davranır, basınç değişirse kaynama noktası değişir. Fakat soğutucu akışkanın kaynama noktası oldukça düşüktür, atmosferik basınçta yaklaşık olarak -40°C'dir. Sonuç olarak düşük sıcaklıktaki ısı kaynaklarından faydalanmada elverişlidir.

3.3.1. ISI POMPALARINDA KULLANILAN ISI KAYNAKLARI

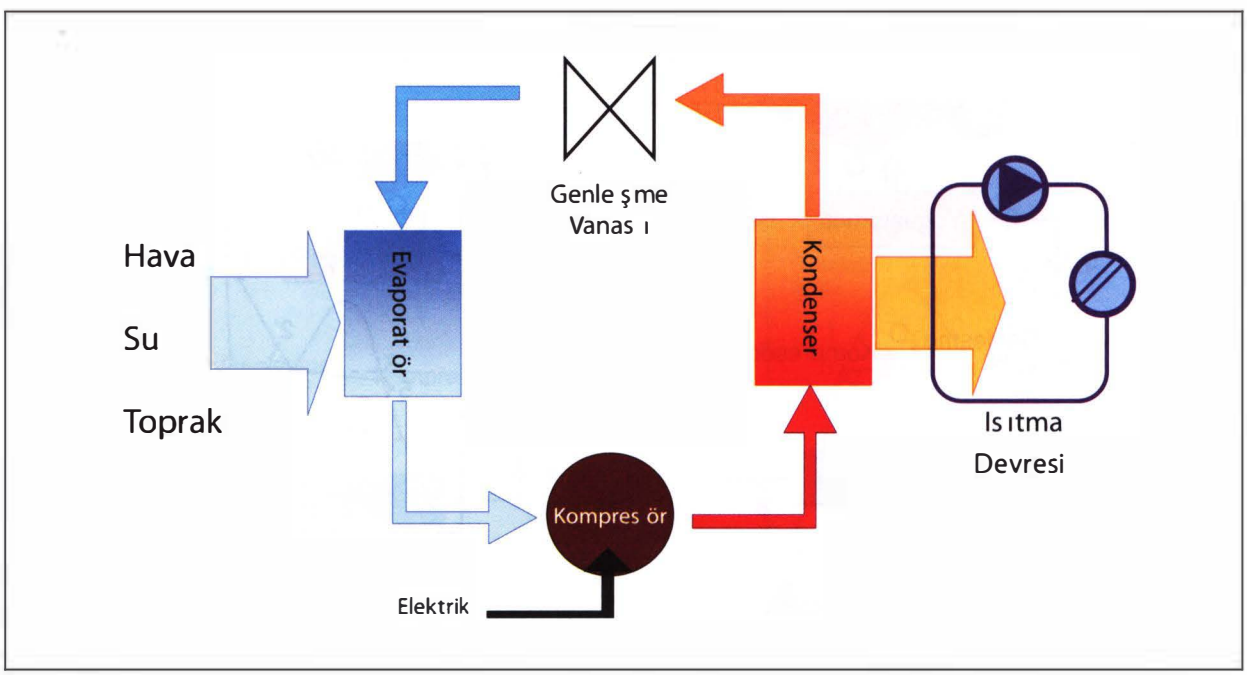
Isı pompası sistemlerinde, evaporatörün ısı çektiği ortamlara "ısı kaynakları" denir. Isı pompası için çok önemli olan bu enerji kaynaklarının sistemde verimli olarak kullanılabilmesi aşağıda belirtilen şartlara bağlıdır.

- Isıtma mevsimi boyunca yüksek ve kararlı sıcaklığa sahip olmalı
- Bol ve kolay bulunabilir olmalı ve meteorolojik koşullardan mümkün olduğunca az etkilenmeli
- Aşındırıcı ve kirletici etkisi olmamalı
- Uygun termofiziksel özelliklere sahip olmalı
- Kaynağa ulaşmada düşük yatırım maliyetlerine ihtiyaç duyulmalıdır.

Bir ısı pompasının teknik ve ekonomik performansı, ısı kaynağının karakteristiğine bağlıdır. Isı pompalarında aşağıdaki kaynaklar kullanılabilir.

3.3.1.1. Çevre Havası

Hava, en kolay ulaşılan ve ısı pompalarında kullanımı kolay ve ekonomik olduğu için en çok kullanılan ısı kaynağıdır. Ancak ısı kaynağı olarak havanın en büyük dezavantajı kararlı bir sıcaklığa sahip olmaması ve hava sıcaklığının kış aylarında özellikle karasal iklimlerde çok düşmesidir. Hatta hava sıcaklığı gün içinde bile değişkenlik gösterebilmektedir. Dış hava sıcaklığının düşmesi ısı pompasının kapasite ve performansını düşürmektedir. Hava kaynaklı ısı pompalarının yıllık performans katsayısı, toprak kaynaklı ısı pompalarından %10-30 daha düşüktür. Dış hava sıcaklığının düşmesi sonucunda buharlaştırıcı ile düşük sıcaklık farkı oluşur. Bu durumda buharlaştırıcının buzlanmaması ve fanların çalıştırılması için harcanan ek enerji, kapasite ve performansta hızlı düşüşe yol açar. Günümüzde hava kaynaklı ısı pompası teknolojilerinde değişken kapasite kontrollü (inverter) kompresörlerin kullanımı ile bu kayıplar en aza indirgenmektedir. Bu teknolojik farklılığa rağmen hava kaynaklı ısı pompalarının kurulum maliyeti toprak kaynaklı ısı pompalarından daha düşüktür.



Şekil 3.7. ISI POMPASI ÇALIŞMA PRENSİBİ

3.3.1.2. Toprak

Toprak sıcaklığının hava sıcaklığına göre yıl içinde fazla değişmemesi ve kışın kullanılabilir sıcaklık aralıklarında olması toprak kaynaklı sistemlerin özellikle karasal iklimlerde kullanımına imkan sağlamaktadır. Mevcut toprak alanı, toprağın bileşimi, yoğunluğu, içerdiği nem miktarı, boruların uygulama derinliği gibi faktörler toprak kaynaklı ısı pompalarında ısı değiştiricisinin seçiminde ve boyutlandırmasında önemli rol oynar. İlk yatırım maliyetinin yüksek olması, yatay uygulamalarda geniş arazi gereksinimi, toprak özelliklerindeki yerel ve zamansal değişimler, boruların yerleştirilmesindeki güçlükler, onarımının zor ve masraflı olması toprak kaynaklı ısı pompalarının dezavantajlarıdır.

Toprak kaynaklı ısı pompaları boş toprak alanına duyulan ihtiyaçtan ve ilk yatırım maliyetinin yüksek oluşundan dolayı genellikle müstakil yapılarda, özellikle villa tipi evlerde ve çeşitli ticari/kurumsal binalarda kullanılmaktadır.

3.3.1.3. Yüzey Suları

Yüzey suyu kaynaklı sistemler, deniz, göl, gölet vb büyük su kütlelerini ısı kaynağı olarak kullanırlar. Deniz ve göl suyu sıcaklıkları mevsimlere göre değişmesine rağmen havaya oranla fazla bir değişiklik göstermez. Bazen yağmur suyunun drenajı, amacıyla veya estetik açıdan bir bölgeye, göl veya göletler oluşturulur. Bunlar ısı pompası sistemleri için olası ısı kaynakları olarak görülebilir. Nehir ve göl suyu kaynaklı ısı pompalarında, su derinliğinin 2 m'den az olmaması ve yüzey alanının, kurulu ısı pompası kapasitesinin her bir kW'ı için en az 80 m^2 olması gerekmektedir. Bu ısı kaynaklarının en büyük dezavantajı kışın sıcaklıklarının yaklaşık 0°C'ye kadar düşmesidir.

Nehir ve göl suyu, ısı pompalarında aynı yeraltı sularında olduğu gibi açık ve kapalı devre olarak kullanılmaktadır. Açık devre sistemlerde buharlaştırıcının ve sistem elemanlarının donma ve kirlenme riski olup, sistem tasarımında bunlara dikkat edilmelidir. Kapalı devre sistemlerde bu problemlerin önüne geçilmektedir.

Nehir ve göl suyu kaynaklı ısı pompası sistemlerinin ilk yatırım maliyeti toprak kaynaklı ısı pompalarından daha düşüktür. Ancak bunların kullanımı ve tahliyesi, yerel yönetimlerin yaptıkları düzenlemelere bağlı olup, çeşitli kısıtlamalar veya yasaklar söz konusu olabilmektedir. Nehir ve göl sularının kullanımı durumunda, ısıtma ihtiyacının karşılanması için ikinci bir ısıtıcıya da gerek duyulabilir.

3.3.1.4. Yer altı Suları

Yıl boyunca sıcaklık değişimi azdır. Suyun taşınması için kullanılan pompalar ek enerji gereksinimi yaratmaktadır. Isı değiştiricilerinin yer altına gömülmesi korozyona neden olabilir ve maliyeti artırır. Yeraltı suyu kaynağının yeterli miktarda ve kalitede olması ayrıca uygun derinlikte bulunması durumunda ısı kaynağı olarak kullanımı mümkündür. Yer altı sularını ısı kaynağı olarak oldukça çekici kılan, 10 metre ve daha fazla derinliklerde yeraltı suyunun sıcaklığının yüksek ve neredeyse sabit oluşudur. Yer altı suları pek çok bölgede 4-10°C arasında kararlı sıcaklığa sahiptir. Suyun sıcaklığı; çıkarıldığı derinliğe, iklime ve bölgenin jeolojik yapısına bağlıdır. Bu ısı kaynağından yararlanmak için açık veya kapalı sistemler kullanılmaktadır. Yeraltı suyu sıcaklığı mevsimden mevsime çok az değiştiğinden yeraltı suyu sistemleri özellikle hava sıcaklığının yaz ile kış arasında büyük değişim gösterdiği karasal iklimler için cazip bir ısı kaynağı olarak göze çarpmaktadır. Yıl boyunca belirli bir bölgedeki yeraltı suyu sıcaklığı, yaklaşık olarak oradaki yıllık ortalama hava sıcaklığına eşittir. Aşırı derinliğe sahip kuyulardaki yer altı suyu sıcaklığı yıllık ortalama çevre sıcaklığından daha yüksektir. Yeraltı suyunun başlıca dezavantajları ise suyun zor bulunabilirliği, kalitesi düşük olan suların yol açtığı sorunlar, yerel yönetmeliklerden kaynaklanabilecek kısıtlamalar ve çevre kirliliği oluşturma ihtimalidir. Daha önceden açılmış bir su kuyusunun mevcut olması ve kullanılabilir olması durumunda, sistemin ilk yatırım maliyeti oldukça düşürülebilir.

3.3.1.5. Atık Hava

Ev ve ticari binalardaki ısı pompaları için önemli bir ısı kaynağıdır. Isı pompası, havalandırmadan aldığı ısıyı mahal ve su ısıtmak için kullanır. Evlerde ve küçük işyerlerinde kullanılabilen ortak ısı kaynağıdır. Atık hava ile çalışan ısı pompaları, kullanılmış havanın ısısını geri kazanmak suretiyle mahalin ısıtılmasını sağlar. Ortam havasını ısıtmak için kullanılan atık hava kaynaklı ısı pompaları, iç ortamın ılık havasını ısı kaynağı olarak kullanarak soğutucu akışkan vasıtasıyla havalandırma sisteminden gelen taze havayı ısıtır ve bu havayı iç ortama vererek ısıtma yapabilirler. Ancak bu sistemin uygulanabilmesi için binada havalandırma sisteminin mevcut olması şarttır. Sıcak su elde etmek amacıyla kullanılan atık hava kaynaklı ısı pompalarında ise ortam havasının ısısı, ısı pompası içerisinde sirkülasyon yapan akışkana verilmekte ve akışkan buharlaştırılıp ısısı suya verilerek suyun ısıtılması sağlanmaktadır.

3.3.1.6. Atık Sıvılar

Atık sular, arıtılmış veya arıtılmamış kanalizasyon suları, endüstriyel sıvı atıklar, endüstriyel proseslerin/motorların/kompresörlerin soğutma suları ve soğutma makinelerinin yoğuşma suları bu ısı kaynaklarının tipik örnekleridir. Bu ısı kaynaklarının en büyük avantajı nispeten yüksek ve sabit sıcaklıklara sahip olmaları, en büyük dezavantajları ise miktarlarındaki değişkenliktir. Bu yüzden ısı pompalarının düzenli çalışmasını temin etmek amacıyla depolama tanklarına gereksinim duyulabilmektedir. Atık su ve sıvı atıkların gerek

- Volümetrik Sıkıştırma
  - Pistonlu tip
    - Tek kademeli sıkıştırma
    - İki kademeli sıkıştırma
  - Rotary tip
    - Döner pistonlu
    - Kayar vana
    - Swing
  - Scroll tip
  - Vidalı tip
- Sanrtrifüj sıkıştırma
  - Tek kademeli sıkıştırma
  - Çok kademeli sıkıştırma

Şekil 3.8. KOMPRESÖRLERİN SIKIŞTIRMA METOTLARINA GÖRE SINIFLANDIRILMASI

miktarlarındaki düzensiz değişimler ve gerekse uzaklık nedeniyle evlerde ve ticari/kurumsal binalarda ısı kaynağı olarak kullanımları genellikle sınırlıdır. Ancak atık sular ve sıvı atıklar endüstriyel işlemlerde enerji tasarrufu sağlayan endüstriyel ısı pompaları için ideal ısı kaynaklarıdır.

3.3.2. KOMPRESÖRLER

Kompresör, soğutucu akışkan çevriminde soğutucu akışkanı dolaştırmak için bir pompa gibi çalışır. Düşük sıcaklık ve düşük basınçlı soğutucu akışkan evaporatörde buharlaştırılır ve soğutucu akışkan buharı kondenserde kolayca sıvı faza geçebileceği basınca kadar sıkıştırılır.

3.3.2.1. Kompresörlerin Sıkıştırma Metotlarına Göre Sınıflandırılması

Kompresörler genellikle sıkıştırma şekillerine göre sınıflandırılırlar. (Örneğin: volümetrik sıkıştırma ve santrifüj sıkıştırma.) Bu tipler daha detaylı olarak *Şekil 3.8*'deki gibi sınıflandırılır.

a. Pistonlu kompresörler

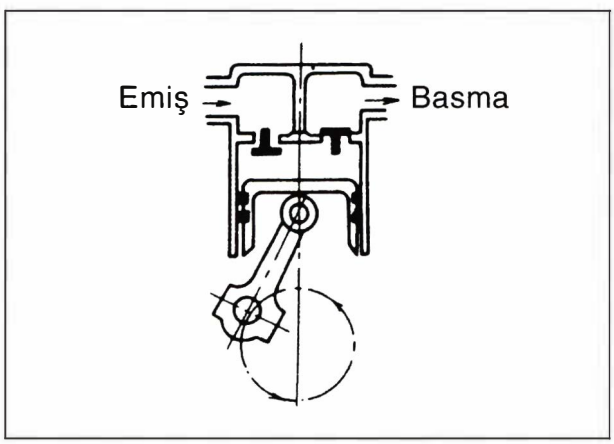
Pistonlu kompresörler, silindirler, pistonlar ve sübaplardan oluşur. Sıkıştırma, pistonun silindirin içinde yaptığı ileri geri hareket ile sağlanır. Sübap ise silindire giren ve çıkan gazı kontrol eder. Pistonun emme stroku esnasında, alçak basınçlı soğutucu akışkan emme subabından içeri çekilir, subap piston üzerinde veya silindir kafasında yerleşmiş olabilir. Basma stroku esnasında, piston soğutucu akışkanı sıkıştırır ve basma supabına iter. Genellikle silindir kafasına yerleştirilir. Pistonlu kompresörün kesit görünüşü *Şekil 3.9*'da fotoğrafi ise *Şekil 3.10*'da verilmiştir.

b. Rotary kompresörler

Rotary kompresörlerin üç tipi mevcuttur:

- Döner pistonlu
- Kayar vanalı-swing

Rotary kompresörler, çok büyük kademeli sıkıştırma sistemlerinin alçak basınç kısmında booster kompresör

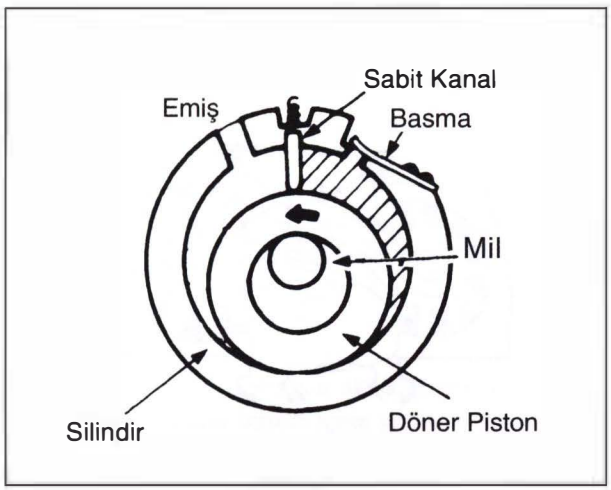


Şekil 3.9. PİSTONLU TİP KOMPRESÖR



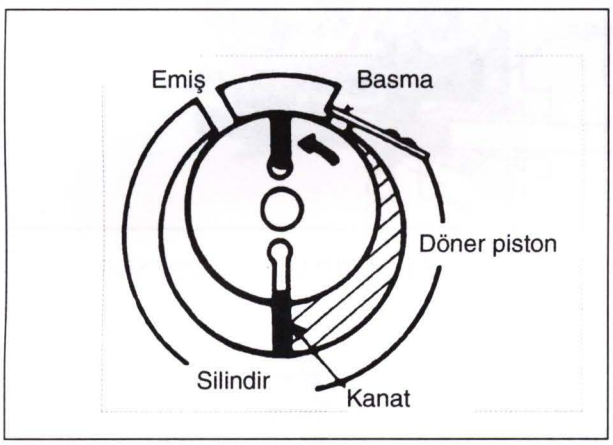
Şekil 3.10. PİSTONLU TİP KOMPRESÖR

olarak kullanılsa da, daha çok ev tipi soğutma uygulamalarında, dondurucularda ve klimalarda kullanılır.
Döner pistonlu tipin sıkıştırma prensibi şöyledir; döner piston (rotor) silindirin çevresine değerek silindir ile birlikte dönerken sabit kanat da soğutucu akışkanı *Şekil 3.11*'de görüldüğü şekilde sıkıştırır. vMilin merkezi silindir ile aynıdır. Fakat rotorun merkezi (ekseni) milden eksantrik olarak yerleştirilmiştir. Böylece rotor, silindire temas ederek döner. Döner pistonlu tip kompresörde, yay yüklemeli bölücü kanat ile emme ve basma odaları ayrılır.

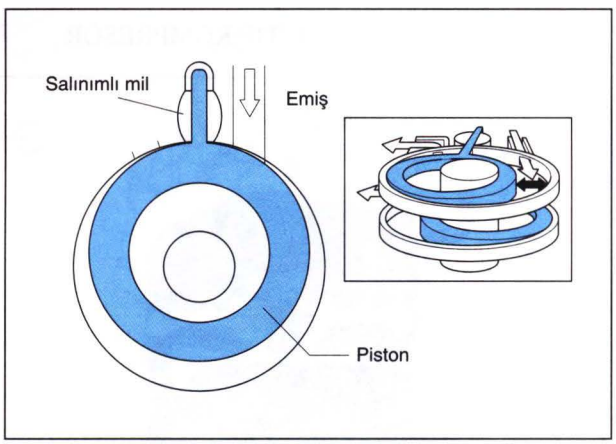


Şekil 3.11. DÖNER PİSTONLU TİP KOMPRESÖR

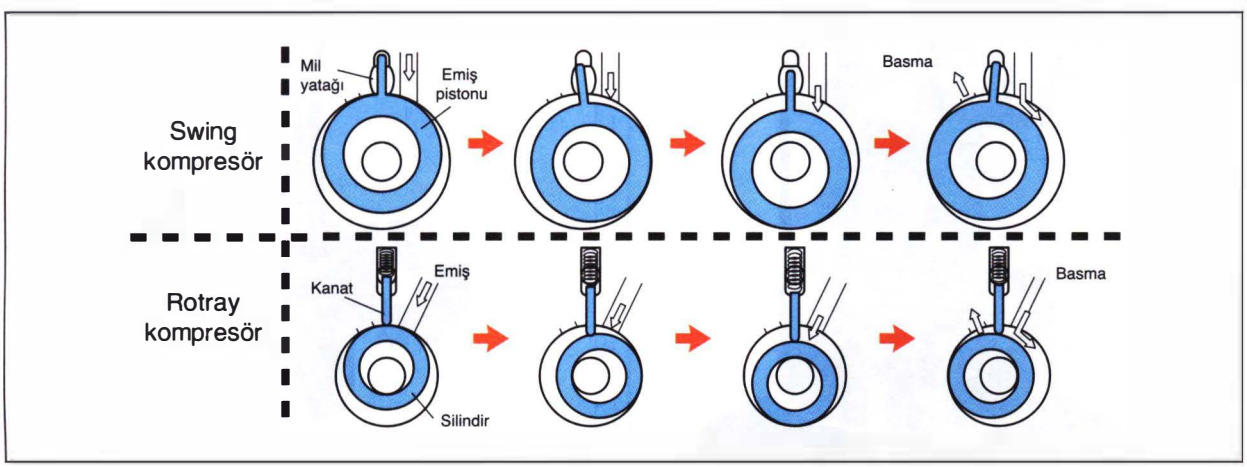
Kayar vanalı tipin sıkıştırma prensibi ise şöyledir; bir çok kanat, dönen piston ile silindirin çevresine değerek silindir ile birlikte döner. Bu sayede soğutucu akışkan *Şekil 3.12*'de görüldüğü gibi sıkıştırılır. Kayar vanalı tip kompresörlerde, rotor kendi ekseninde döner fakat rotor ve silindirin eksenleri çakışmaz. Rotor iki veya daha fazla kayar kanata sahiptir ve bunlar silindir üzerine santrifüj kuvvet etkisiyle yerleşirler.
İki kanatlı kompresör için her devirdeki deplasman, ikiz çapraz tarama alanına bölünmüştür. Dört kanatlı için kompresör deplasmanı, her devirde dört çapraz tarama alanına bölünmüştür. Bu önemli noktadan hareketle kompresörünün deplasman kademesi kanat sayısı ile orantılı olarak artmaktadır.
Her iki tip rotary kompresörde de gerekli olmadığından emme subabı bulunmamaktadır ve kompresörün gaz girişi süreklidir. Bu nedenle titreşimler en alt seviyededir.



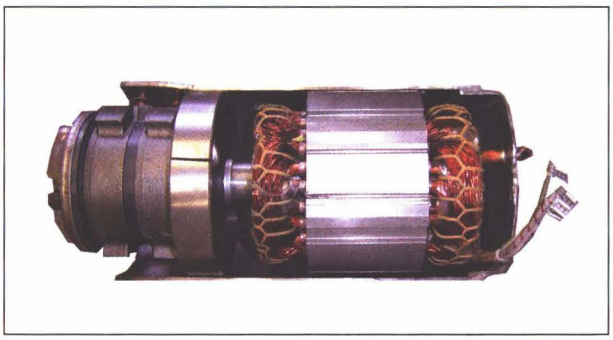
Şekil 3.12. KAYAR VANALI TİP KOMPRESÖR



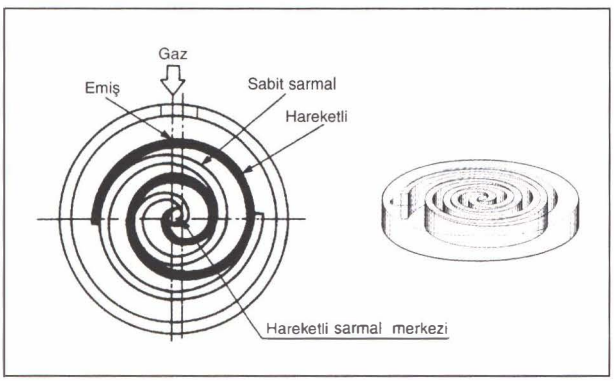
Şekil 3.13. SWING TİP KOMPRESÖR



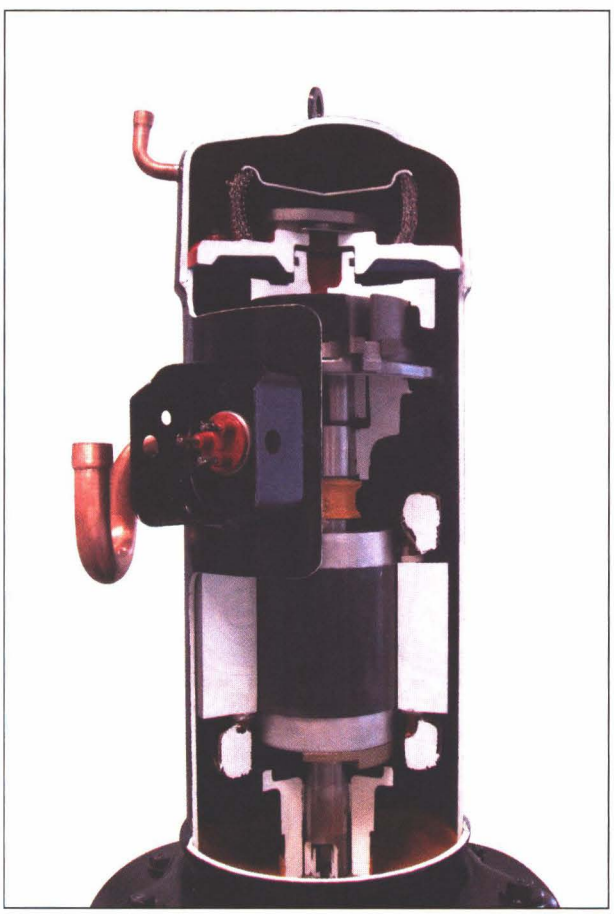
Şekil 3.14. SWING TİP KOMPRESÖRÜN ÇALIŞMA PRENSİBİ



Şekil 3.15. SWING TİP KOMPRESÖR

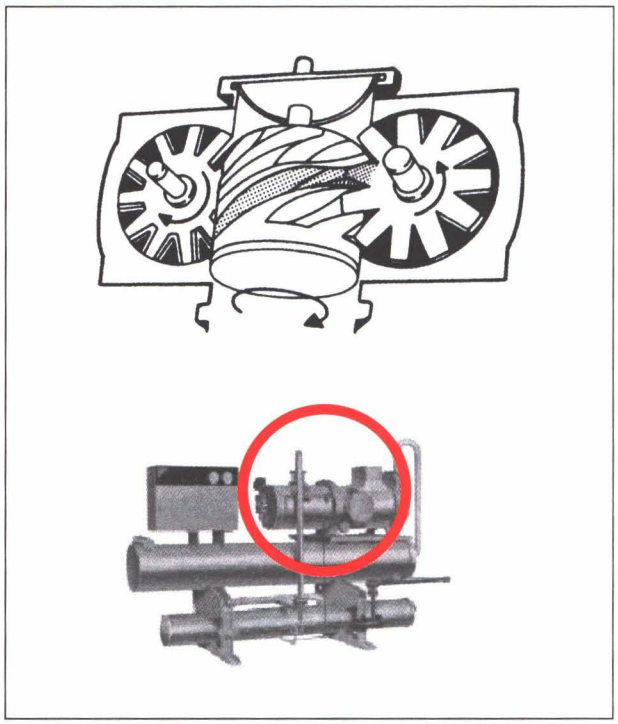


Şekil 3.16. SCROLL TİP KOMPRESÖR



Şekil 3.17. SCROLL TİP KOMPRESÖR

Rotary kompresörler pistonlu kompresörler ile karşılaştırıldığında, daha kompakt, daha basit yapılı ve daha az parça içermektedir. Ek olarak, rotary kompresörlerin verim değerleri çok daha yüksektir. Ancak rotary kompresörün parçalarının üretimi esnasında hassasiyeti sağlamak ve aşınmayı önlemek gerekmektedir. Geçmişte en çok kullanılan rotary kompresör tipi, döner pistonlu rotary kompresörlerdi. Fakat son yıllarda yeni



Şekil 3.18. VİDALI KOMPRESÖR



Şekil 3.19. VİDALI KOMPRESÖR

swing tip geliştirilmiş ve rotary kompresörlerin kullanım alanı oldukça genişlemiştir.

Swing rotary kompresörün birleştirilmiş kanadı ve pistonu sayesinde, yüksek basınç tarafından düşük basınç tarafına gaz kaçışı olması önlenir ve yüksek basınç tarafındaki sıkıştırma oranı sabit tutulur. Swing kompresörün çalışma prensibi *Şekil 3.13* ve *Şekil 3.14'*de fotoğrafı ise *Şekil 3.15'*de verilmiştir.

c. Scroll kompresörler

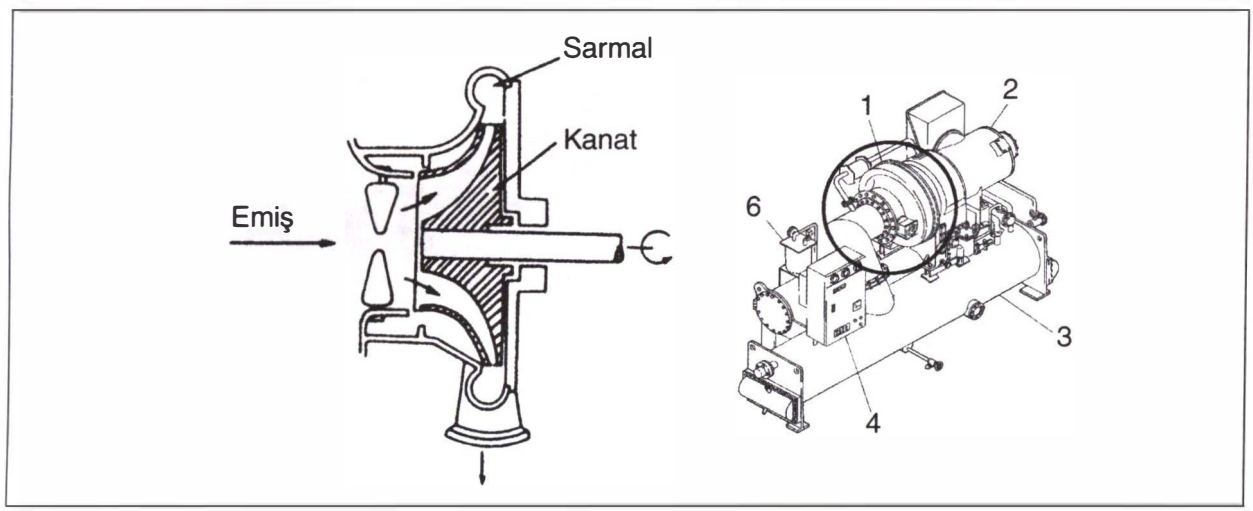
Şekil 3.16 ve *Şekil 3.17*'de gösterildiği gibi scroll kompresörler, biri sabit diğeri yörüngesinde dönen iki adet sarmaldan oluşur. Gaz halindeki soğutucu akışkan, sarmalların çevresinden kompresöre doğru emilir ve gazı çevreleyen sarmalların arasındaki alanın azalması ile sıkıştırılır ve merkezdeki basma hattından sisteme gönderilir.

d. Vidalı kompresörler

Vidalı kompresörler erkek ve dişi, dişli çarka sahip rotorlardan oluşur. Soğutucu akışkan, tek vidalı rotor ve iki adet dişlinin birbiri içine geçerek çalışması ile sıkıştırılır. Vidalı kompresörlerde sıkıştırma prosesi üç kademede yapılır; emiş, sıkıştırma ve basma. Gaz akış direncini azaltmak için *Şekil 3.18'*de gösterildiği gibi gaz, mil doğrultusunda emilir, sıkıştırılır ve basılır.

e. Santrifüj kompresörler

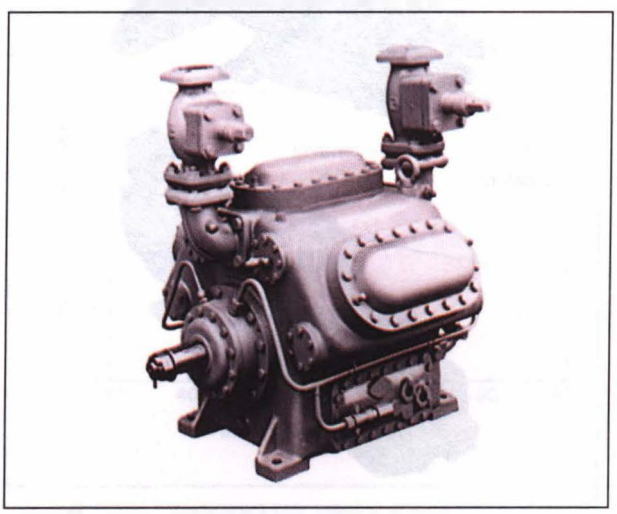
Santrifüj kompresörler kanat ve sarmaldan oluşur. Kanat yaklaşık olarak 10.000 d/d hızla döner. Santrifüj kompresörler konstrüksiyon olarak santrifüj pompalara benzerler. Akışkan, pervanenin (çark) orta kısmından girer ve santrifüj kuvvet tarafından pervanenin çevresine doğru savrulur. Böylelikle pervane kanatları, yüksek hız ile döner ve basınç meydana getirir. Pervaneden çıkan gaz akışının kinetik enerjisi, difüzör kanatları içinde veya bir salyangoz içinde basınç haline dönüştürülür. Santrifüj kompresör, şayet basınç kademesi düşükse tek çarklı olarak imal edilebilir ancak bu kompresörler genelde çok kademelidir. Santrifüj kompresörler %70 ile %80 arasında adyabatik verimle çalışırlar. *Şekil 3.20'*de santrifüj kompresörün kesit resmi verilmiştir.



Şekil 3.20. SANTRİFÜJ KOMPRESÖR

- Açık tip
  - Tek kademeli
  - İki kademeli
- Hermetik tip
  - Yarı hermetik tip
    - Tek kademeli
    - İki kademeli
  - Hermetik tip

Şekil 3.21. KOMPRESÖRLERİN YAPILARINA GÖRE SINIFLANDIRILMASI



Şekil 3.22. AÇIK TİP KOMPRESÖR

3.3.2.2. Kompresörlerin Yapılarına Göre Sınıflandırılması

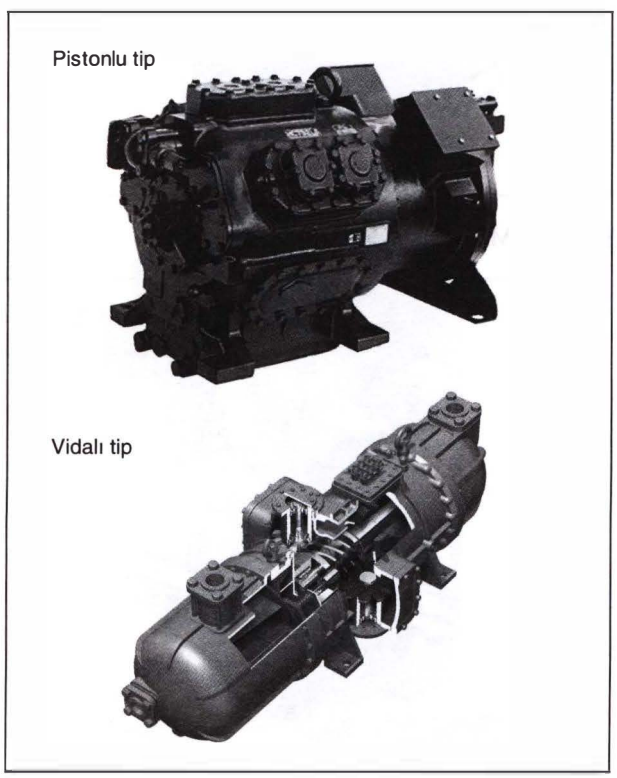
Kompresörler yapılarına göre *Şekil 3.21*'deki gibi sınıflandırılmaktadır.

a. Açık tip kompresörler

Açık tip kompresörler, V kayışı veya direkt bağlantı aracılığı ile harici güç ile tahrik edilirler. Bu sebeple, tahrik milinin bir ucu kompresör gövdesinden *Şekil 3.22*'de gösterildiği gibi dışarıya doğru çıkmaktadır. Milin geçtiği yere mil contası diye adlandırılan özel bir sızdırmazlık elemanı konularak kompresör yuvasından dışarı gaz kaçması, veya karter basıncı atmosfer basıncından düşükse havanın içeri girmesi önlenir. Tasarımcılar, sürekli daha iyi sızdırmazlık elemanları geliştirse bile yuva deliği daima kaçak kaynağı olabilmektedir. Soğutucu akışkan kaçaklarından korunmak için, motor ve kompresör sıklıkla aynı yuva içine yerleştirilir. İlave olarak, açık tip kompresörler kontrol ve bakım için kolaylıkla sökülebilir. Bu sayede aşınmış veya bozulmuş parçalar da kolaylıkla değiştirilebilir. Açık tip kompresörler genellikle düşük sıcaklıktaki uygulamalarda kullanılır.

b. Yarı hermetik tip kompresörler

Kompresör ve motor, aynı gövde içerisine *Şekil 3.23*'de ve *Şekil 3.24*'de gösterildiği gibi yerleştirilmiş ve bağlanmıştır. Her kısmın kapağı cıvatalar ile sağlamlaştırılmıştır. Herhangi bir sızdırmazlık ekipmanına gerek yoktur çünkü gaz kaçağının meydana gelmesi gibi bir durum söz konusu değildir.



Şekil 3.23. YARI HERMETİK TİP KOMPRESÖR

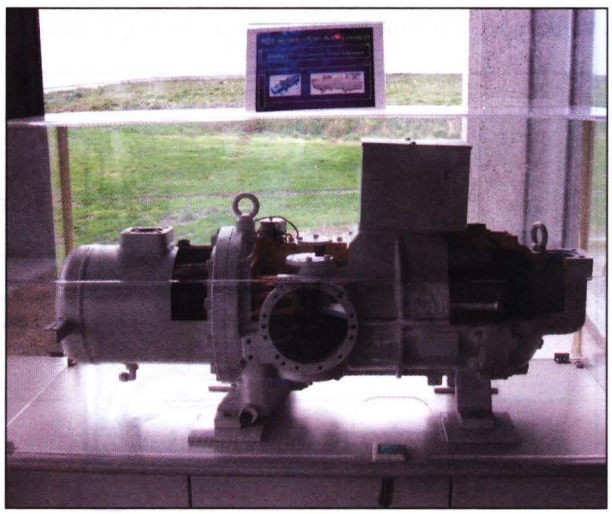
c. Hermetik tip kompresörler

Kompresör ve motor aynı gövde içerisine *Şekil 3.25*'te gösterildiği gibi yerleştirilmiş ve bağlanmıştır ve kaynaklanarak hermetik olarak sızdırmazlığı sağlanmıştır. Yarı hermetik kompresörler ile karşılaştırıldığında, hermetik tip kompresörler hava sızdırmazlığı açısından mükemmeldir. Küçük kapasiteli pistonlu kompresörler ve rotary kompresörler genellikle hermetik tipte imal edilirler. Bu tip kompresörlerde arıza durumunda tüm kompresörü değiştirmek gerekmektedir.

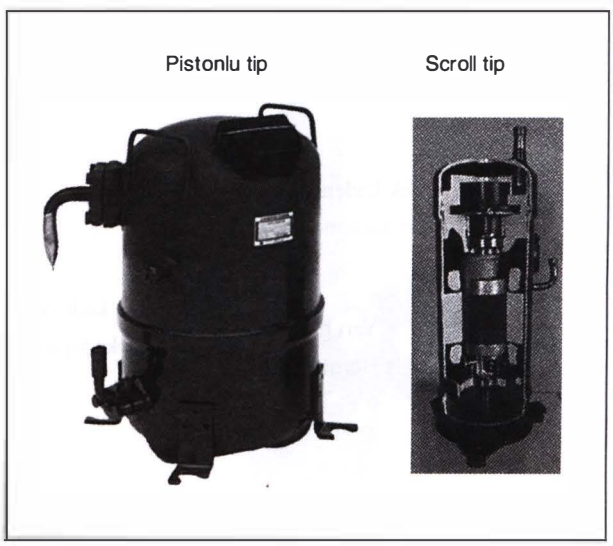
3.3.2.3 Inverter Sistemler

a. Inverter teknolojisi nedir?

Doğru akımı (DC), değişken akım (AC) biçimine dönüştürebilen, frekansı ve gerilimi birbirinden bağımsız ayarlanabilen cihazlara " Inverter sistemler" adı verilir. Isı kazancı hesabı ile mahalin pik soğutma yükü hesaplanır ve bu hesaba göre kapasite tayin edilir. Ancak, so-



Şekil 3.24. YARI HERMETİK TİP KOMPRESÖR



Şekil 3.25. HERMETİK TİP KOMPRESÖR

ğutma mevsimi boyunca sistem genellikle kısmi yükte çalışır. Kısmi yükte çalışan inverter kompresörlü sistem, klasik on-off kontrollü sisteme göre daha verimli çalışmaktadır.

Klasik kompresörlerde, kompresör rotasyonu sabittir. Kompresör sabit kapasitede çalışır. Şartlandırılan mekanda ayarlanan sıcaklığa ulaşıldığında kompresör durur. Kompresörün dur-kalk yapması, klasik sistemlerinin çalışma şeklidir. Kompresörün aynı kapasite ile dur-kalk yaparak iç ortam sıcaklığını hassas kontrol etmesi mümkün değildir. Oda sıcaklığındaki dalgalanmalar nedeniyle, konfor şartlarından sapma meydana gelir ve enerji tüketimi artar.

Inverter kompresörler kapasitelerini modüle edebilmektedir. İnverter teknolojisi şebekeden gelen sabit frekanslı elektriğin frekansını değiştirerek kompresör devrini ayarlar. Inverter kompresörlerde, şartlandırılan mahalin sıcaklığı ± 0,5°C hassasiyette *Şekil 3.26*'daki grafikte gösterildiği gibi sabit tutulabilir. Konfor şartlarından sapma yoktur. Elektrik harcaması klasik kompresörlü sistemlere göre yaklaşık %30 daha azdır. Bu durum *Şekil 3.28*'de göterilmiştir

b. Inverter Sistemler Nasıl Enerji Tasarrufu ve Konfor Sağlar?

- Soğutma ve ısıtma kapasitesi, dış ortam sıcaklığı, iç ortam sıcaklığı ve ayar sıcaklığına bağlı olarak değişir.
- Oda sıcaklığı belirli bir aralıkta sürekli sabit kalır.
- Sistem, mekanı kısa sürede istenen sıcaklığa ulaştırabilir.
- Yüksek verimli ve soğutucu akışkan kontrollü çalışma, enerji tasarrufu ve konfor sağlar.
- Inverter kompresörlerde, kompresör motorunun devri, frekans kontrollüdür. Bu yüzden kompresörün devrini değiştirmek geniş bir alanda kompresörün kapasitesini kontrol etmeyi mümkün kılar.
- *Şekil 3.27*'de inverter frekansı ile enerji verimlilik oranı (COP) arasındaki ilişki görülmektedir. Frekans düşerken verim artmaktadır. Inverter olmayan sistemlerde ise frekans sabit olduğundan verimi sabit olmaktadır.
- Bunların yanı sıra inverter sistemlerde defrost süresi çok kısadır. Bu sayde, defrost süresince oda sıcaklık düşüşü küçüktür.
- Ayarlanan oda sıcaklığına ulaşma hızı, standart kompresörlü sistemlere göre daha yüksektir.
- Oda sıcaklığındaki değişkenlik çok küçük olduğundan sıcaklık farklılıkları oluşmaz.

c. Inverter Sistemde Devire Bağlı Enerji Tüketim, Basınç ve Akış Eğrisi

- Mahalin ısı ihtiyacına göre, kompresör %20 oranında modüle edildiğinde kompresör motoru %80 devirle döner.
- Motor %80 devirle çalışırken, tam devirdeki güç harcaması ile kıyaslandığında enerji harcaması %50 oranına düşer.

  Buna göre formül;

  $kW_2/kW_1=(N_2/N_1)^3$ 'şeklindedir.

  Yani *Şekil 3.29*'a baktığımızda, motor devrini %50'ye düşürdüğümüzde, enerji tasarrufu %50 değil, %87,5 oranındadır.

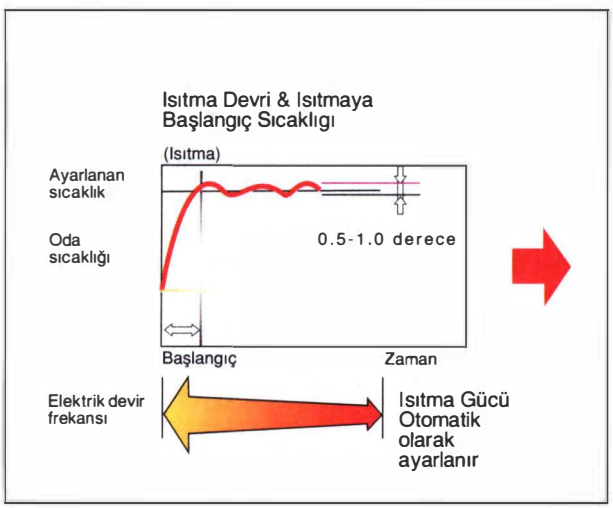
d. Inverter Sistem Özellikleri

Enerji Verimliliği:

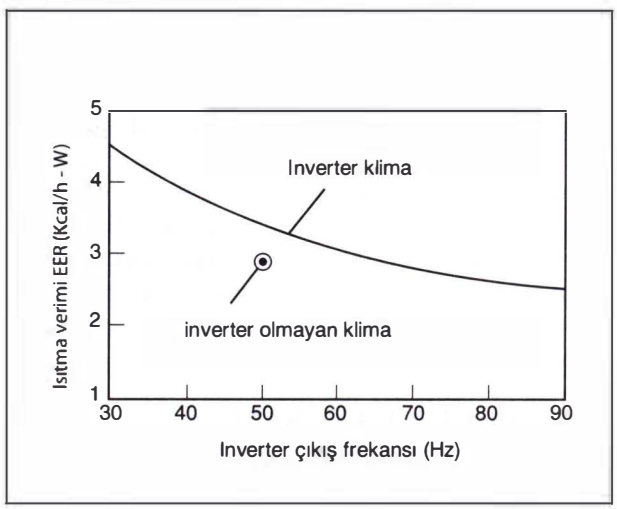
Frekans kontrolü ile çoklu kompresörlü cihazlarda, yüke göre %4-100 çalışma kapasitesi aralığında tüketim gücü ayarlanarak kompresörün minimum enerji tüketimi sağlanır. Cihaz sürekli dur-kalk yapmadığından, kompresörün ilk çalışmasındaki yüksek enerji tüketimi ortadan kaldırılmış olur.

Hassas kontrol sistemi

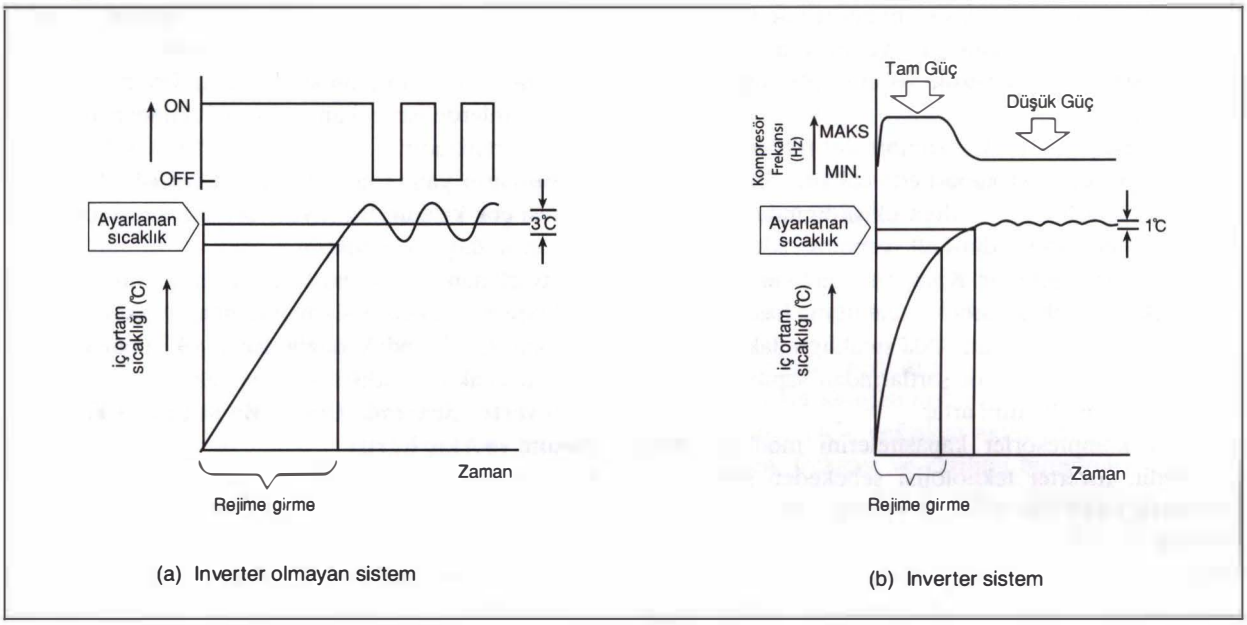
Oda sıcaklığını, ayar sıcaklığına göre 0,1°C hassasiyetle sabit tutarak rahatsız edici ısı dalgalanmalarını ve nem sorunlarını ortadan kaldırır. Yüksek verim ve konfor sağlar.



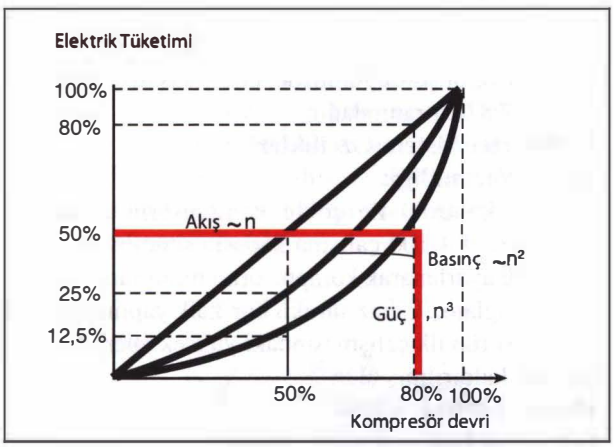
Şekil 3.26. ODA SICAKLIĞININ ZAMANA GÖRE DEĞİŞİMİ



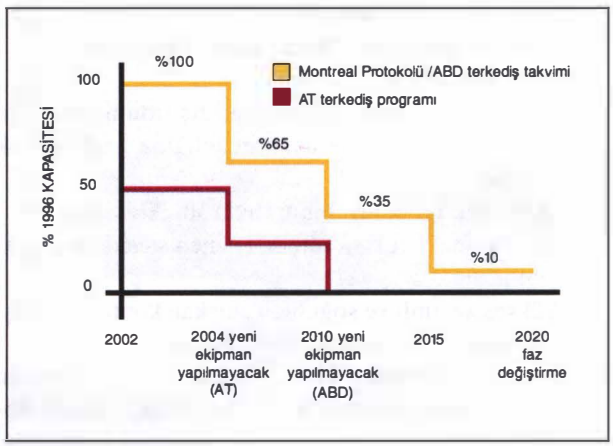
Şekil 3.27. INVERTER FREKANSI VE ENERJİ VERİM ORANI İLİŞKİSİ



Şekil 3.28. INVERTER SİSTEMLERDE SICAKLIK KONTROLÜ



Şekil 3.29. INVERTER SİSTEMLERDE KOMPRESÖR DEVRİ-ELEKTRİK TÜKETİMİ-BASINÇ İLİŞKİSİ



Şekil 3.30. HCFC'LERİN TERK EDİLİŞ TAKVİMİ

Güçlü, sessiz ve verimli çalışma

Inverter kompresörler ilk çalıştırma anında, ayarlanan oda sıcaklığına daha kısa sürede ulaşmak için kapasitelerini en yüksek seviyeye çıkarlar. Ayarlanan oda sıcaklığına bir kez eriştikten sonra, kapasite azaltılır. Ayarlanan sıcaklığı sabit tutmak için genellikle cihaz düşük kapasitede çalışır. Cihaz düşük kapasitede çalıştığından yüksek enerji verimliliğine sahiptir. Kompresörler tamamen izoleli olduğundan çok sessizdir ve enerji kaybına yol açmaz.

3.3.3. SOĞUTUCU AKIŞKANLAR

Avrupa Topluluğu şartnamelerine göre, HCFC türü soğutucu akışkanların 2004 yılından itibaren yeni cihazlarda kullanımı ve 2010 yılında ise servis amaçlı kullanımı yasaklanmıştır. Amerika Birleşik Devletleri ise HCFC terk ediş takvimini Montreal Protokolüne uygun olarak 2030 yılına kadar ötelemiştir. Bu durumda, alternatif akışkanlar olarak R-407C, R-417A, R-421A ve R-410A akışkanları öne çıkmıştır. R-22 ile R-407C arasında performanslar yönünden büyük paralellikler mevcuttur. İklimlendirme cihazlarında R-22 akışkanını R-407C'ye dönüştürebilmek için mineral yağın %95'ini almak ve filtreyi değiştirmek gerekmektedir. R-410A ise diğer akışkanlara göre %60 daha yüksek sistem basınçlarında çalışmaktadır. Boru çapları ise %20 oranında daha küçük seçilmelidir. Genel olarak bakıldığında hemen hemen tüm üretici firmalar yeni nesil soğutucu akışkanlı sistemlere yönelmişlerdir. (R410A)

a. Soğutucu Akışkanların Genel Özellikleri

R-22 ($CHCIF_2$)

Atmosfer basıncında kaynama noktası sıcaklığı -40,8°C, molekül ağırlığı 86,5 kg/kmol'dür. R-22 ga-

zının basınç oranının daha küçük olması avantaj ise de bu gaz amonyak gibi orta basınç soğutucu akışkandır. Bu gazla iki kademe ile -60 ila -75°C sıcaklıklara inilebilir. Pistonlu kompresörler, vidalı ve rotorlu kompresörler normalde R-22 ile kullanılabilirken, hermetik tipler önemli bir oranda R-22 kullanırlar. Düşük sıcaklıklarda, yüksek süpürme hacimli santrifüj kompresörlerde dahi kullanılabilir. R-22 soğutucu akışkanı R-12, ve R-502 yerine kullanılan akışkandır. Aynı süpürme hacmi için soğutma etkisi R-12'den %60 fazladır.

R-22 oldukça iyi bilinen ve yaygın olarak denenmiş bir soğutucu akışkandır. Dünyanın her yerinde hala sıkça kullanılmaktadır ve donmuş gıda teşhir kabinleri, dik tip dondurucular, yatık tip dondurucular, klimalar, soğuk odalar, donmuş muhafaza odaları, taşıma amaçlı soğutma, ticari soğutma (özellikle süper marketler), endüstriyel soğutma ve ayrıca ısı pompalarında geniş uygulama alanları mevcuttur.

R-22 yanıcı ve zehirleyici değildir (EC standart sınır değeri [TLV-TWA] 1.000 ppm). ODP (Ozonu delme potansiyeli) değeri R-12'den %94,5 daha azdır. Kalan %5,5 ODP değeri ile "ozon tabakasına zararlı" olarak etiketlenmiştir. Uluslararası düzenlemeler ile R-22 için terk ediş süreci başlamıştır. Soğutma makinesi şartlarında R-22 termal ve kimyasal olarak kararlıdır. Metaller ile uyumluluğu R-12 ile mukayese edilebilir. Standart malzemeler, bakır, pirinç, monel metal, nikel, dökme demir, çelik ve alüminyum ile uyumludur. Magnezyum, kurşun, çinko ve alüminyum alaşımlarında ağırlıkça %2'den fazla magnezyum kullanımında uygun değildir. Plastik ve elastomerlere karşı R-12'den daha agresiftir ve kurşunu farklı derecelerde etkilemektedir. Kloropren kauçuk (CR), klorosülfonatlı polietilen kauçuk (CSM) ve politetrafloretilen (PTFE) kullanılabilir ancak akrilikınitril butadiyen kauçuk (NBR veya HNBR) ve florinli kauçuk tipleri (FPM tipleri) ile kullanılamaz. R-22 ile madeni yağlar yüksek sıcaklıklarda iyi karışım yaparlar, ancak düşük sıcaklıklarda karışımda tabakalaşma oluşur. Fazla miktarda tabakalaşma, düşük sıcaklık uygulamalarında yağın kompresöre geri dönüşünü zorlaştırır. Bu durumda yüksek verimli bir yağ ayırıcı veya yarı sentetik yağ kullanımı tavsiye edilir.

R-407C (HFC-32 %23, HFC-125 %25, HFC134A %52)

Kaynama noktası, atmosfer basıncında kabarcıklaşma noktası sıcaklığı -43,8°C, çiğlenme noktası sıcaklığı ise 36,7°C'dir. Molekül ağırlığı 86,2 kg/kmol'dür. R-22 alternatifi olarak, saf maddelerin, azeotrop veya kısmen azeotropik karışımların özellikleri HCFC-22 özelliklerine uymaz. R-407C soğutucu akışkanı, R-125, R-32 ve R-134a'nın (%25/23/52) zeotropik bir üçlü karışımı olup yaklaşık 7 K sıcaklık kaymasına sahiptir. R-22'nin bazı uygulamalarında uzun vadeli bir alternatiftir. İklimlendirme uygulamaları için birim süpürme hacmi başına soğutma etkisi ile soğutma tesir katsayısı yaklaşık olarak R-22'ye eşittir.

R-407C için ısı değiştiricilerin seçimi kritik önem arz etmektedir. R-22 ile çalışan bir tesiste kondenser ve evaporatör tarafında boru-yüzey tipi ısı değiştirici kullanılıyorsa R-407C'ye dönüşümden sonra soğutma kapasitesinde %10, STK (sistem performans katsayısı) değerinde %18 azalma ortaya çıkar. Bu olay, zeotrop karışımların yüzeysel ısı iletkenlik katsayısının düşük olmasından kaynaklanır. Hava soğutmalı tesisler ile lamelli ısı değiştiricilerde bu etki son derece dikkat çekicidir ve performans verileri mukayese edilebilir. Düşük kaynama sıcaklıklı R-32 ve R-125 buhar kaçaklarına neden olurken, dolaşan karışımın konsantrasyonu yüksek kaynama sıcaklıklı R-134a'ya doğru kayar. R-407C, mutlaka sıvı doldurulmalıdır. Gaz fazında silindirde ayrışma olmaktadır.

Mevcut R-22 ile çalışan sistemler R-407C'ye dönüştürülebilir. Bu tip bir değişiklik için R-407C uyumludur ancak sistem parametreleri, özellikle ısı değiştiriciler kesin olarak gözden geçirilmelidir. Taşmalı evaporatörler büyük miktarda kaçak eğilimi olan sistemler olduğundan R-407C'ye dönüştürülmemelidir. Santrifüj kompresörlü soğutma sistemleri asla R-407C'ye dönüştürülemez. R-32 yanıcıdır, diğer taraftan R-125 ve R-134a yanıcı değildir. Her ikisi de, R-407C orijinal karışımı içinde tüm buhar ve sıvı karışımlarında (kaçak durumunda bile) yanıcı değildir. R-407C termal ve kimyasal olarak kararlıdır ve R-22'den daha düşük oranda zehirlilik seviyesine sahiptir. Metallerle uyumluluğu R-22 ile kıyaslanabilir. Soğutma makinelerinin imalatında kullanılan tüm standart malzemelerle kullanılabilir. Çinko, kurşun, magnezyum ve alüminyum alaşımları ağırlıkça %2'den fazla magnezyum içermemelidir.

R-407C'nin elastomerlere göre davranışı diğer karışımlara benzer. Kloropren kauçuk (CR), akrilonitril butadiyen kauçuk (NBR) veya hidrojene akrilonitril butadiyen kauçuk (HNBR) R-407C ile uyumlu elastomer tipleridir. Florine kauçuk (FPM) tiplerinin şartlandırılmış olanları tavsiye edilir, bazı formüller kabarcıklaşma ve şişme oluşturur. Buna rağmen yağlama yağlarının herhangi bir etkisinin olup olmadığı dikkate alınmalıdır. Poliester yağ ile etilen-propilen butadiyen kauçuk (EPDM) sadece düşük bir şişme etkisi oluşturur. Uygulamadan önce, bazı özel plastikler ve elastomerler farklı formüllü olabileceği için deneylere tabi tutulmaları tavsiye edilir. R-407C madeni yağ ile karışmaz. Farklı poliester yağlar, R-407C ile sıcaklığa ve orana bağlı olarak iyi karışım yaparlar.

R-410A (HFC-32 %50, HFC-125 %50)

Atmosfer basıncında kaynama sıcaklığı -51,6°C'dir. Moleküler ağırlığı 72,6 kg/kmol'dür. R-410A uluslar arası olarak R-22'nin uzun vadeli alternatifi olarak tercih edilmektedir. Bu soğutucu akışkan, çok düşük sıcaklık kayması ile yakın-azeotrop özellikler gösterir. Orta basınçlı soğutma sistemlerinde, klimalarda

ve ısı pompalarında R-22 yerine veya yeni sistemlerde kullanılır. Temel farkı R-22'den daha yüksek çalışma basınçlarına sahip olmasıdır. R-410A, 42°C yoğuşma sıcaklığında 25 bar basınçlara ulaşmakta iken, R-22 bu basınçlarda 62°C'de kalmaktadır. R-410A'nın en büyük avantajı birim süpürme hacmi başına soğutma etkisinin R-22'den %50 daha fazla olmasıdır. Bu yolla daha küçük elemanlar kullanılarak kompakt cihazlar yapılabilir. Kompresörler gibi soğutma elemanları, bu basınç artışına göre tasarlanmalıdır. Yüksek çalışma basınçları ortaya çıktığından R-410A mevcut R-22'li sistemlerde dönüşüm için uygun değildir. Gazı değiştirerek dönüşüm için, sistem tasarımında revizyon yapılarak, R-407C tavsiye edilir.

R-410A kullanılan sistemler, ısı pompaları, soğuk depolar, ticari ve endüstriyel soğutma uygulamaları olup, R-410A düşük sıcaklık kademeleri için R-13B1'in alternatifidir. R-13B1 için dönüşüm yöntemleri başarıyla uygulanabilmektedir. R-410A yanıcı ve zehirli değildir. PAFT deneylerine göre TVL değeri 1.000 ppm olarak tavsiye edilmektedir. R-32 ve R-125 gazlarının AEL değerleri 1.000 ppm'dir. R-410A termal ve kimyasal olarak kararlıdır. Soğutma makinelerinin imalatında kullanılan çelik, bakır, alüminyum ve pirinç gibi tüm standart malzemelerle kullanılabilir. Bununla birlikte çinko, kurşun, magnezyum ve alüminyum alaşımları ağırlıkça %2'den fazla magnezyum içermemelidir.

R-410A ile aşağıdaki plastik veya elastomerlerde minimum veya düşük şişme oluşur:

- poliamid (PA), fenol reçinesi
- politetraflor etilen (PTFE)
- poliasetal (POM)
- kloropren kauçuk (CR)
- hidrojene edilmiş akrilonitril butadiyen kauçuk (HNBR)

Uygulamadan önce, bazı özel plastikler ve elastomerler, farklı formüllü olabileceği için deneylere tabi tutulmaları tavsiye edilir. Ayrıca yağlama yağlarının herhangi bir etkisinin olup olmadığı dikkate alınmalıdır. Florine kauçuk (FPM) tipleri tavsiye edilmez. Poliester yağ ile etilen-propilen butadiyen kauçuk (EPDM) sadece düşük bir şişme etkisi oluşturur. Poliester yağlar R-410A ile uyumludur.

b. Soğutucu Akışkanlar ve Çevresel Etkileri

Ozon Tabakası

Dünya atmosferi düşey doğrultuda iki zona veya bölgeye ayrılır. Alt tabaka troposfer olarak adlandırılır, yerden itibaren 10 km kadar yukarıya uzanır. Strotosfer, yerin yaklaşık 50 km üzerine kadar uzanır. Ozon tabakası, stratosferin alt tabakasında, yerden 14-20 km yukarıda bulunur.

Bu mesafelerin hepsi oldukça kesin ortalamalardır, çünkü troposferin yüksekliği, kutuptan kutba, mevsimden mevsime değişim gösterir. Buna ilave olarak, teorik sınır tabakaları boyunca büyük miktarda karışım gazları olduğundan, atmosferin bölümlere ayrılması çok açık kesitlerle olmamaktadır.

Ozon, oksijenin bir bileşiği olup, ciğerlerimize aldığımız havanın yaklaşık ellide birini kapsar ve yeryüzündeki hayat için gereklidir. Oksijenin bir molekülü iki oksijen atomu ihtiva eder ve kimyasal olarak O_2 şeklinde gösterilir. Ozon, üç oksijen atomu içerir. Atmosferin yere yakın kısmında, ozon önemli bir kirleticidir, insanlara ve

Numarası	R-22	R-407C	R-410A	R-404A	R-507	R417A	R-421A
Numarası/Karışım oranı	R22 %100	R-32 %23 R125 %25 R-134a %52	R-32 %30 R-125 %50	R-125 %44 R-143A %52 R-134A %4	R-125 %50 R 143A %50	R-134A %46,6 R-125 %50 R-600 %3,4	R-125 %58 R-134A %42
Molekül Ağırlığı	86,47	86,2	72,58	97,6	98,9	106,6	112,44
Buharlaşma sıcaklığı 1 atm (°C)	-40,8	-43,56	-51,53	-46,5	-46,7	-41,83	-38,86
Buharlaş. gizli ısısı 1 atm (kj/kg)	233,5	245,1	276,2	201,5	200,5	202	135,5
Sıvı yoğunluğu 25°C (kg/m³)	1.195	1.134	1.062	1.048	1.047	1.152	1.197
Isı iletim katsayısı, 25°C sıvı (W/mK)	0,0849	0,0819	0,0886	0,0394	-	0,0712	0,0876
Kritik sıcaklık (°C)	96,24	86,74	72,13	72,1	70,9	90	80,85
Kritik basınç (kPa)	4.981	4.619	4.926	3.732	3.794	4.242	3.810
Ozon delme potansiyeli (ODP), CFC-12=1	0,05	0	0	0	0	0	0
Küresel ısınma etkisi (GWP), CO_2=1	1.500	1.526	1.725	3.260	3.300	1.950	?

Tablo 3.31. ÇEŞİTLİ SOĞUTUCU AKIŞKANLARIN GENEL ÖZELLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRMA TABLOSU

diğer hayvanların yaşamına, tarım ürünlerine ve ormanlarımızdaki ağaçlara zararlıdır.

Buna rağmen, ozon oldukça faydalı bir amaca hizmet eder. Stratosferin bir tabakası olan ozon, koruyucu bir kalkan olarak, güneşten gelen kısa dalgalı ultraviyole (UV-mor ötesi) enerjiyi soğurur. Dolayısıyla ozon, hayvanlar ve bitkiler için gelişmeye uygun bir atmosfer sağlar.

Bir engel olmaksızın UV ışınlar yeryüzüne ulaşır ve insan hayatı için gerekli şifreleri taşıyan DNA gibi biyolojik molekülleri kopartacak şekilde güç uygular. Bunun anlamı, problemli doğumların artmasıdır. Radyasyon, cilt kanserlerini ve kataraktı arttırır. UV ışınları, vücudun mevcut bağışıklık sistemini sağlayan faktörleri tahrip ederek enfeksiyonlara ve hastalıklara direnç kabiliyetini azaltır. Deneyler göstermiştir ki, UV radyasyonunun en belirgin etkisi, bitkilerin büyümesi için ihtiyaçları olan besini sağlama kabiliyeti üzerine olmaktadır. Okyanuslardaki besin zincirinin başlangıcı olan küçük canlıları (plankton) tahrip edebilir.

Ozon tabakası, özel fotokimyasal reaksiyonlar serisinin meydana geldiği stratosfer bölgesinde oluşmaktadır (*Şekil 3.32-A*). Bir oksijen molekülü, belli bir dalga boyundaki UV ışınlarıyla bozunur, iki atom arasındaki bağ kopar. Serbest oksijen atomu, bir O_2 ile birleşerek O_3 ozon molekülünü meydana getirir.

$$O_2 + uv \longrightarrow O + O$$
$$O_2 + O \longrightarrow O_3$$
$$O_2 + uv \longrightarrow O_2 + O$$
$$O + O_2 \longrightarrow O_3$$
$$O + O_3 \longrightarrow 2O_2$$

Ozon molekülleri UV radyasyonunu soğurduğunda, soğurulan enerji ozon moleküllerini bir oksijen molekülüne ve bir serbest oksijen atomuna ayırır (*Şekil 3.32-B*). Bununla birlikte serbest atom bir diğer oksijen molekülü ile birleşir ve tekrar ozon molekülü oluşur ve daha fazla UV soğurmaya hazır hale gelir. Bu ozon "geri dönüşümü", ozon molekülü bir serbest atomu çalar ve iki O_2 molekülü oluşur (*Şekil 3.32-C*).

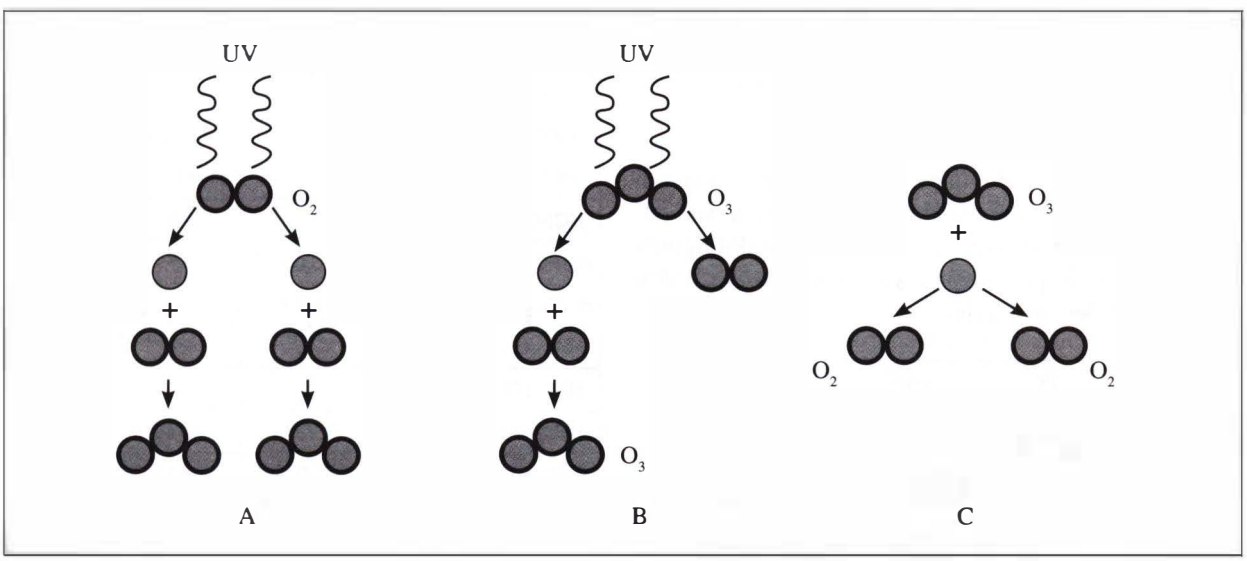
Antarktika'nın Halley Körfezi üzerindeki atmosferin ozon seviyeleri, 1957'den bu yana her yıl ölçülmektedir. İlk ölçümler, uzun kutup gecelerinin sonunda ve Antarktika baharının başlarındaki Ekim ayında alınmıştır. 1970'li yılların ortasına kadar, Ekim ayındaki ozon seviyeleri daima 300 Dobson birimi seviyelerinde kalmıştır. (Stratosferdeki ozon konsantrasyonu Dobson biriminde ölçülmektedir.) Takip eden yıllar boyunca bu seviye düzgün olarak yükselmiş ve 400 Dobson birimi tepe değerine çıkmıştır. Ancak, kısa süre sonra Halley Körfezi bulguları yayınlanmış ve ileri seviyedeki bilimsel çalışmalar, uzunca bir delik seviyesini ortaya çıkmıştır. Bu, yerden 14-24 km yüksekte Amerika Birleşik Devletleri büyüklüğünde bir delikti ve Antarktika kıtasının üzeri bir "ozon deliği" olarak bilinmeye başlandı.

Şekil 3.33'de ABD meteoroloji uydusu tarafından 1979–2007 yılları arasında çekilen ozon deliğinin yıllara bağlı değişimi fotoğraflarla görülmektedir. Farklı renklerdeki bölgeler, Dobson biriminde atmosferdeki ozon yoğunluğunu göstermektedir.

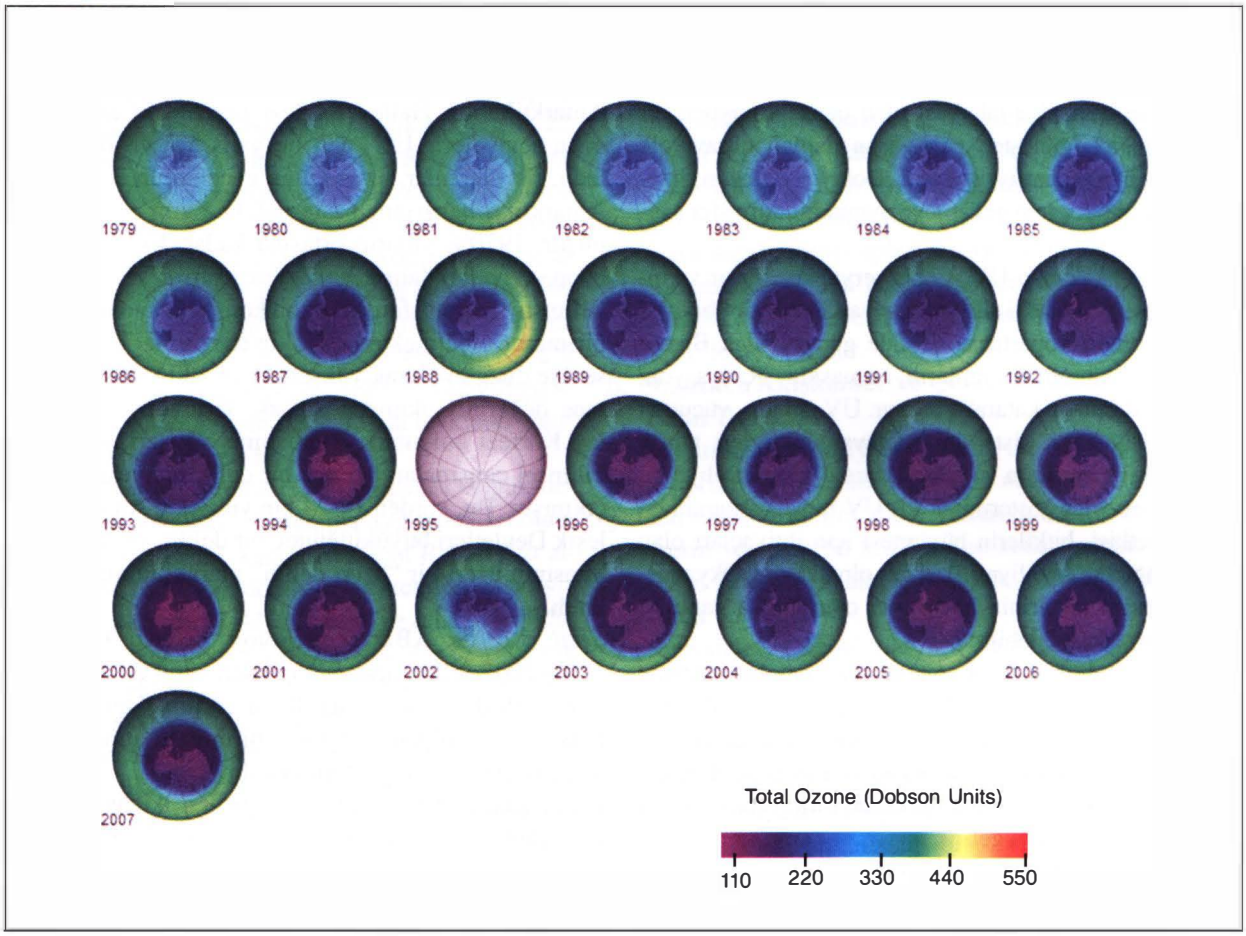
Bilim adamları tarafından geliştirilen iki önemli teoriye göre, ozon tabakasındaki deliğin iki farklı sebebi vardır:

- Stratosferik hava akımları ve Antarktika üzerindeki atmosferik şartlar
- CFC'lerin neden olduğu kimyasal reaksiyonlar, özellikle CFC'lerin klor bileşenleri

Stratosferik hava akımları, ekvatordan kutuplara doğru ozonu taşımaktadır. Ekvatordaki ozon seviyesi 260 Dobson birimidir. 60° güney enleminde 380 Dobson birimi, kuzey kutbunda ise 450 Dobson birimi ile en yüksek değerindedir.



Şekil 3.32. UV IŞINLARININ OKSİJEN VE OZON İLE ETKİLEŞİMİ



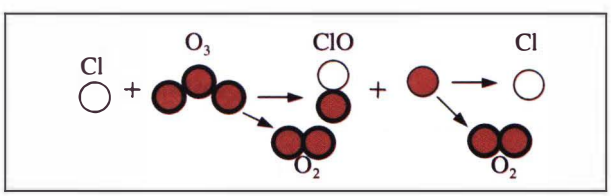
Şekil 3.33. OZON TABAKASINDAKİ DELİĞİN YILLARA BAĞLI DEĞİŞİMİ

Antarktika üzerindeki stratosferde dondurucu sıcaklıklar ve kış boyunca rüzgar örnekleri, bölge üzerinde güçlü dönel hava akımları (kutupsal vorteks olarak bilinir) yaratırlar.

Bununla birlikte, 1987'de ozon deliği hakkında geniş ölçekli bir araştırmadan alınan veriler, kloroksit (ClO) ve klordioksit (ClO_2) sayılarının umulandan daha fazla olduklarını gösterdi. Bu araştırma sonucunda, ozon deliğine CFC'lerin sebep olduğu teorisi tekrar güçlendi.

Kloroflorokarbonlar (CFC) ve Ozon

Kararlı yapıları, başlangıçta CFC'lerin yaygınlaşmasına olanak sağlasa da, daha sonra bu kararlı yapının ozon tabakasının delinmesine sebep olduğu anlaşılmıştır. CFC'ler atmosfer içinde serbest bırakıldığında troposfer içinde parçalanmazlar ve stratosfere doğru yükselmeye devam ederler.



Şekil 3.34. KLOR ATOMLARININ OZON MOLEKÜLÜNÜ PARÇALAMA REAKSİYONLARI

Soğutucu Akışkan	Kaynama Noktası	Ozon Delme Potansiyeli (ODP)	Sera Etkisi Potansiyeli (GWP)	Atmosferik Ömrü
	(°C)	(CFC-11=1)	(CO_2=1)	(yıl)
CFC-11	23,82	1,00	1.300	59
CFC-12	-29,80	0,93	3.700	122
CFC-113	47,57	0,83	1.900	98
CFC-114	3,80	0,71	6.400	244
CFC-115	-39,10	0,38	13.800	539
HCFC-22	-40,76	0,05	510	18
HCFC-123	27,87	0,02	28	2
HCFC-141B	32,00	0,03	65	10
HCFC-142B	-9,80	0,03	-	22
HFC-134A	-26,16	0	400	18
HFC-152A	-25,00	0	46	2
HFC-404A	-46,48	0	3.748	>48
HFC-407C	-43,79	0	1.610	>33
HFC-410A	-51,57	0	1.890	>33

Tablo 3.35. BAZI SOĞUTUCU AKIŞKANLARIN ÇEVRESEL ETKİLERİ

CFC'lerin ozon tabakası üzerine yükselmesiyle,UV ışınlarının etkisi altına girerler. Klor (Cl) atomları, atmosfer içinde serbest hale gelir. Bir klor atomu, bir ozon molekülü (O_3) ile reaksiyona girdiğinde, oksijen atomlarının bir tanesini klormonoksit (ClO) biçiminde bağlar. Ayrılan diğer iki oksijen atomu, bir oksijen molekülünü oluşturur (*Şekil 3.34*). ClO molekülü bir serbest oksijen atomu ile temas ettiğinde oksijen atomları birleşerek bir oksijen molekülü (O_2) oluştururlar ve klor atomu (Cl) bir diğer ozon molekülünü parçalamak üzere serbest kalır. Her serbest klor atomu, troposfere yağmur gibi doğal yollarla dönmeden önce 100.000 ozon molekülünü bozabilir.

Tablo 3.35'de CFC, HCFC ve HFC soğutucu akışkanlardan yaygın olarak kullanılanların ozon delme ve sera etkisi potansiyelleri verilmiştir. Bir soğutucu moleküldeki bir veya daha fazla hidrojen atomunun varlığı, molekülün troposferdeki parçalanma ihtimalini arttırır.

HFC kökenli halokarbon soğutucu akışkanlar, sadece hidrojen, karbon ve flor içerirler. Örnek olarak HFC-134a, yeniden tasarlanan ekipmanlarla CFC-12 yerine kullanılmaktadır. HFC soğutucu akışkanlarda klor atomunun olmayışı onların ODP değerlerini oldukça düşürmektedir.

CFC'lerin ozona ve ozon tabakasına zarar verdikleri bilinmektedir. Fakat CFC'lerin çevreye bir diğer yolla, sera etkisini arttırarak da zarar verdikleri *Tablo 3.35*'de görülmektedir.

Sera etkisi

CFC'ler, CO_2 ve CH_4 gibi aynı zamanda sera etkisi yaratan gazlardır. Atmosferde toplanan CFC'lerin yaşam süreleri 60 ila 120 yıl arasında değişir. CFC'ler, temizleyicilerin ve çözücülerin (solvent) buharlaşmasıyla, köpük (poliüretan) yalıtımların üretimi ve soğutma-klima sistemlerinin servisi esnasında atmosfere bırakılır.

Sera etkisinin artmaya devam etmesi ve atmosferin daha fazla ısınmasıyla oluşacak bazı tahmini sonuçlar şunlardır.

- Kutuplardaki buzulların tamamen erimesi, denizlerdeki su seviyesinin yükselmesi ve sahil kenarlarındaki bazı şehirlerin su altında kalması
- ABD'yi de kapsayacak şekilde tropikal iklimin genişlemesi
- İklimdeki sıcaklığın artmasıyla göllerdeki seviyenin düşmesi
- *Tablo 3.35*'de aynı zamanda çeşitli soğutucu gazların sera etkisi potansiyeli (GWP) değerleri verilmiştir. CO_2 gazının GWP değeri 1 alınarak skala oluşturulmuştur. Soğutucu gazların GWP değeri çok büyük olmamakla birlikte, atmosfere salınım miktarları az olduğundan toplam etkileri CO_2 gazına göre daha azdır.

Uygulamaya konulan koruyucu tedbirler ise aşağıdakileri kapsamaktadır.

- Alternatif enerji kaynaklarının (nükleer, güneş ve jeotermal gibi) kullanımı ile fosil yakıtların azaltılması
- Doğal olarak CO_2 soğurmak üzere yeniden ağaçlandırma yapılması
- CFC'lerin üretimini durdurmak için yapılan düzenleme ve yönetmelikler.

3.3.4. ISI POMPASI İŞLETİM ŞEKİLLERİ

Mahal ısıtması sağlayan ısı pompaları, sınır şartlarına bağlı olarak esas itibariyle çeşitli şekillerde işletilebilmektedir. Seçilen işletim tarzı, öncelikle binadaki mevcut veya planlanan ısıtma sistemine ve seçilen ısı kaynağına göre belirlenmektedir. Yatırım maliyetleri ile işletim maliyetleri arasındaki dengenin kullanıcı yarına optimize edilmesi gerekir.

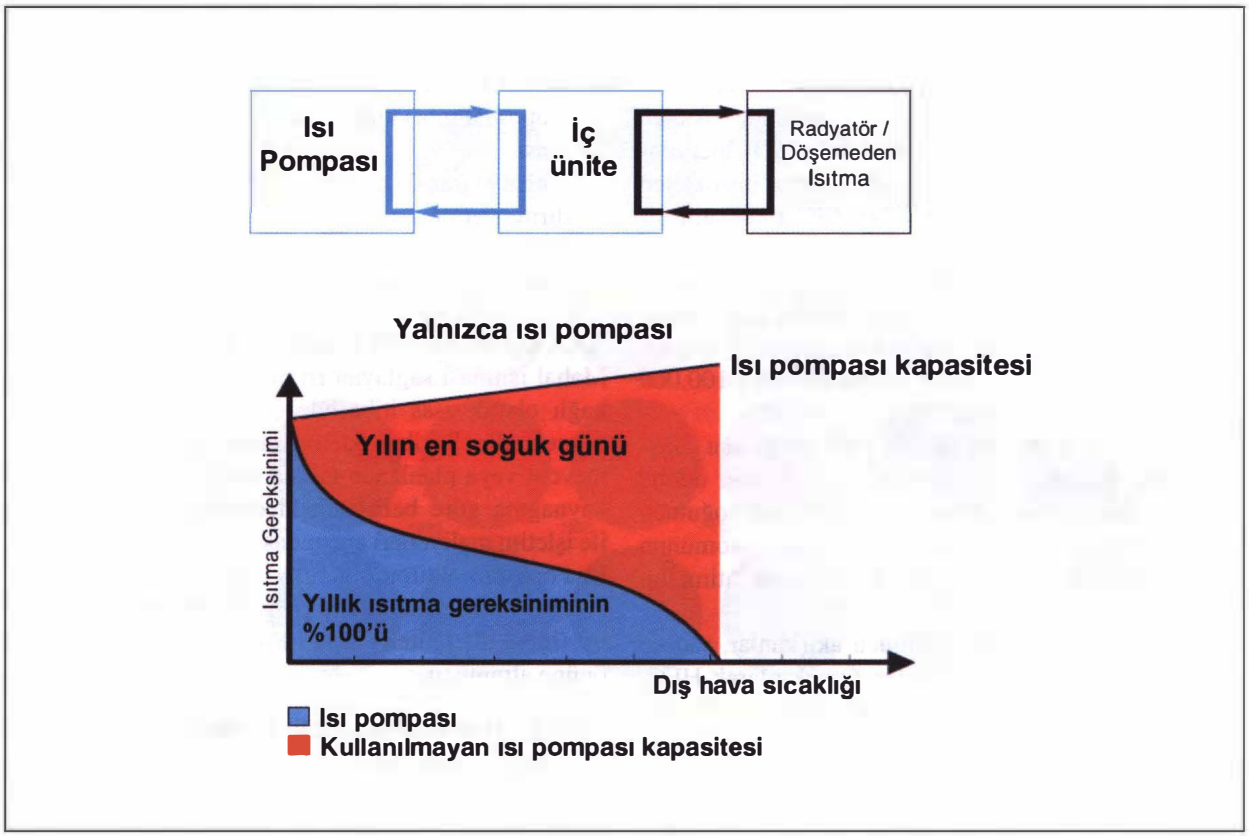
Aşağıda verilen ısı pompası grafik örneklerinde split tip (iç ve dış üniteli) hava kaynaklı ısı pompaları göz önüne alınmıştır.

3.3.4.1. Monovalent (Tekli) İşletim (*Şekil 3.36*)

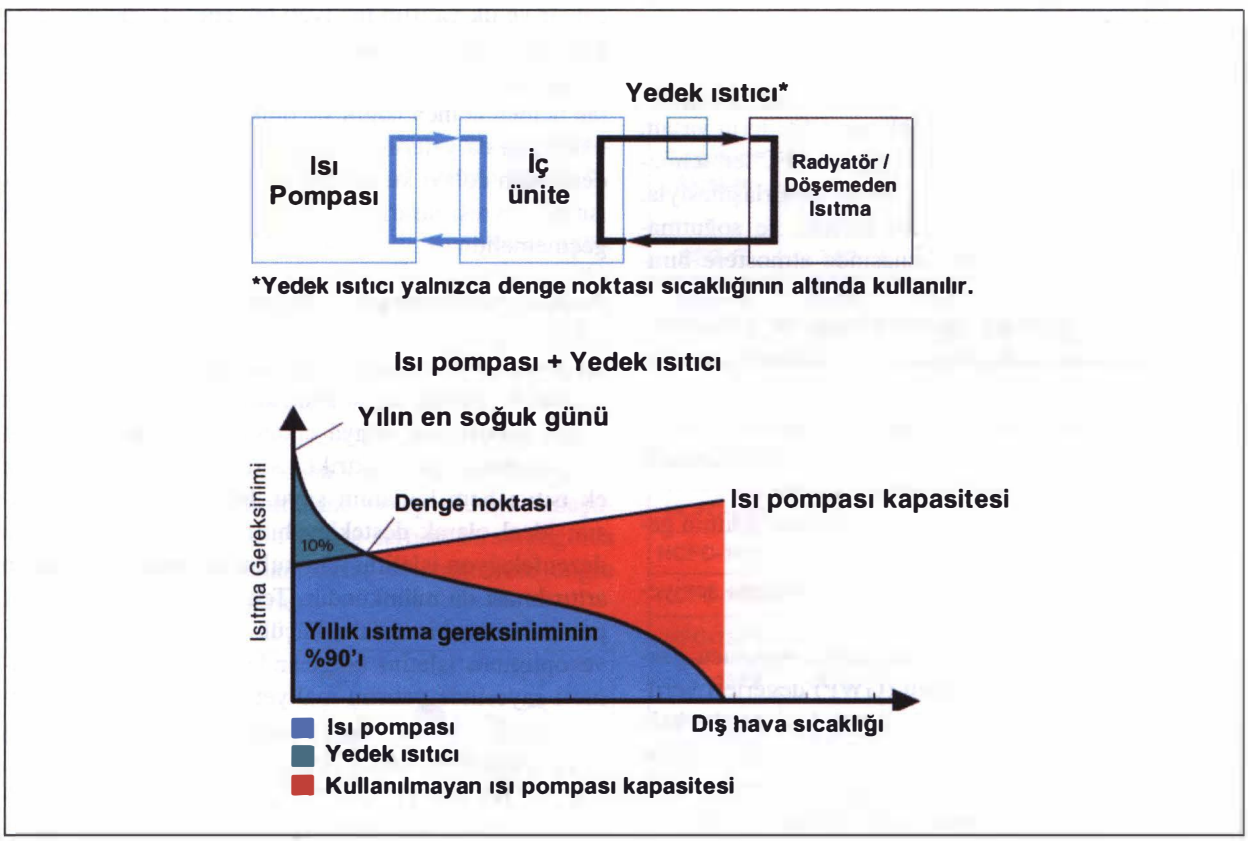
Isı pompası, sistemdeki tek ısı kaynağıdır ve yılın en soğuk gününde ısınma ihtiyacının %100'ünü karşılayacak şekilde boyutlandırılır. Monovalent işletimde en yüksek enerji tasarrufu sağlanmasına karşın ısı pompası ısıtma sezonunun büyük bir bölümünde kısmi yükte çalışır ve ilk yatırım maliyeti tek enerjili işletime göre daha yüksektir. Burada toprak ve yeraltı suyu optimum ısı kaynaklarıdır, çünkü bu ısı kaynakları dış sıcaklıktan hemen hemen bağımsız olup düşük dış hava sıcaklıklarında da yeterince ısı verebilmektedir. Teknik nedenlerden dolayı kullanılan ısı pompasına bağlı olarak ısıtma devresi tasarım sıcaklıkları 55°C veya 60°C'yi geçmemelidir.

3.3.4.2. Monoenergetic (Tek Enerjili) İşletim (*Şekil 3.37*)

Isı pompası yıllık ısınma ihtiyacının % 80-90'ını karşılayacak şekilde boyutlandırılır. Isı pompası, yılın en soğuk günlerinde ortaya çıkan ek ısınma ihtiyacının karşılanması için elektrikli ısıtıcı ile desteklenir. Bu ek ısıtıcı hem kullanım suyu, hem de mahal ısıtmasını ideal olarak destekleyebilir. Bu durumda termik dezenfeksiyon işletimi için kullanım suyu sıcaklığının arttırılması da mümkündür. Tek enerjili işletim ile ısı pompalarının biraz daha küçük boyutlandırılabilmesi ve optimum işletim bölgesinde daha uzun çalışabilmesi sayesinde yatırım maliyetleri ile işletim maliyeti arasında optimum denge sağladığından ısı pompası uygulamalarının büyük bir çoğunluğunda bu sistem önerilir. Burada, ek ısıtıcının elektrik sarfiyatını mümkün olduğunca düşük tutabilmek için doğru bir tasarım önemlidir.



Şekil 3.36. ISI POMPASI MONOVALENT İŞLETİM GRAFİĞİ



Şekil 3.37. ISI POMPASI MONOENERGETIC İŞLETİM GRAFİĞİ

3.3.4.3. Bivalent (İkili) İşletim

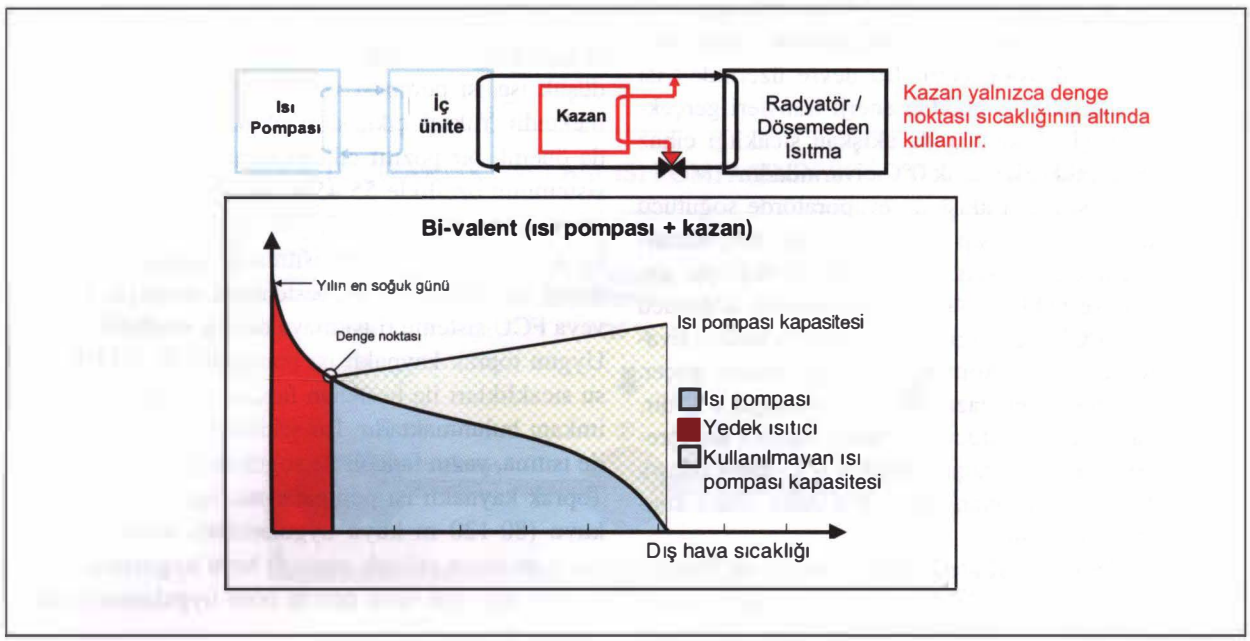
Isı pompasının yanı sıra daima ikinci bir ısı üreticisi, genellikle mevcut sıvı yakıtlı bir kazan kullanılmaktadır. Villa ve ikiz villalarda bu işletme tarzı özellikle klasik hava kaynaklı ısı pompaları ile kombine edilebilir. Denge noktası sıcaklığına kadar ihtiyaç, ısı pompası ile karşılanmakta ve belirli bir dış hava sıcaklığından itibaren, örneğin 0°C'in altında sıvı yakıtlı bir kazan devreye girmektedir. Bu sistemler, daima iki ısı üreticisi gerektirdiğinden, ekonomik nedenlerle artık tercih edilmemekte ve nadiren uygulanmaktadır. Bivalent işletim paralel veya seri olabilir.

a. Paralel Bağlı Bivalent İşletim (*Şekil 3.38*)

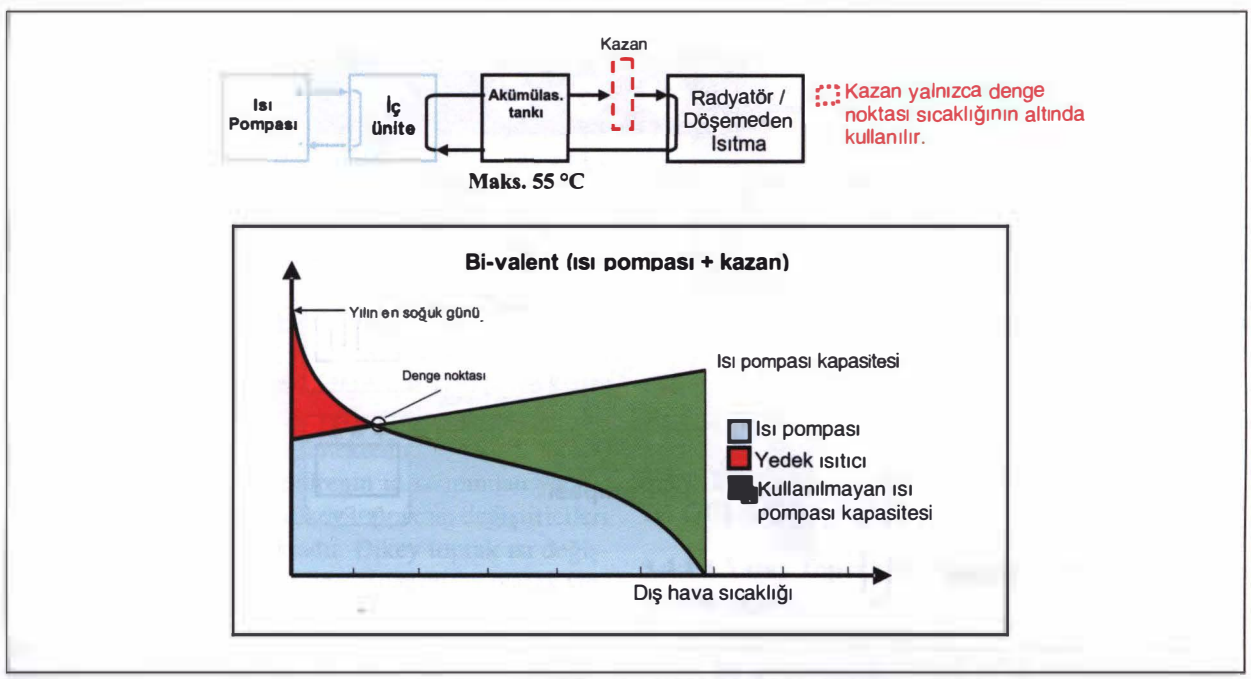
Mevcut ısıtma sistemi yılın en soğuk gününde tüm kapasiteyi karşılayacak şekilde boyutlandırılırken, ısı pompası, ısıtma sezonunun çoğunda enerji tüketimini azaltarak ısıtma sağlar.

b. Seri Bağlı Bivalent İşletim (*Şekil 3.39*)

Isı pompasının seri bağlanması durumunda, yılın en soğuk günüdeki kapasite mevcut ısıtma sistemi ile birlikte çalışma ile karşılanır.



Şekil 3.38. ISI POMPASI BİVALENT PARALEL İŞLETİM GRAFİĞİ



Şekil 3.39. ISI POMPASI BİVALENT SERİ İŞLETİM GRAFİĞİ

3.4. TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPALARI

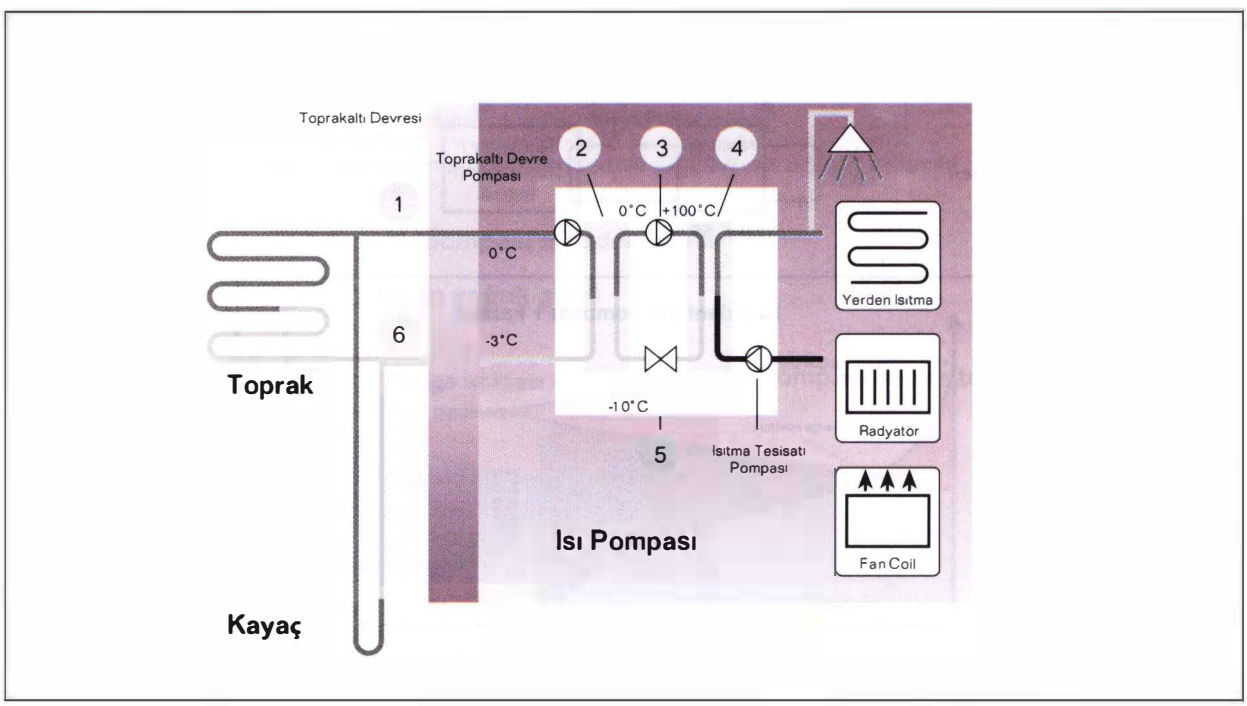
Çalışma prensibini anlatmanın en kolay yolu, klima çalışma prensibini incelemek olacaktır. Soğutma yapan bir klima iç ünitesinde havadan alınan ısı, dış ünitede dış havaya aktarılır. Isı pompası ise toprakta, kayada veya suda depolanmış enerjiyi toprak altındaki boru sistemi vasıtasıyla evin içine yönlendirir. Bu enerji, ısı pompasının içerisindeki soğutucu akışkana aktarılır, kompresörde akışkanın basınç ve sıcaklığı artırılarak enerji bina içi ısıtma tesisatında dolaşan suya iletilir.

1. Toprak altı boru devresi su ve glikolden oluşan bir ısı taşıyıcı akışkan içerir. Bu devre üzerinden ısı taşıyıcı akışkana topraktan enerji transferi gerçekleşir. Bu işlem sonucunda akışkan sıcaklığı cihaz girişinde yaklaşık olarak 0°C civarındadır.
2. 0°C'deki ısı taşıcı akışkan, evaporatörde soğutucu akışkan ile karşılaşıp ısı alışverişini gerçekleştirir. Soğutucu akışkan evaporatöre girdiğinde sıvı fazdadır ve yaklaşık -10°C civarındadır. Soğutucu akışkan 0°C'ye geldiğinde kaynamaya başlar. Evaporatörden sonra kompresörde gaz fazına geçer. Kompresöre giden gazın sıcaklığı yaklaşık 0°C'dir.
3. Gaz fazındaki soğutucu akışkanın basıncı kompresör içinde artar ve gazın sıcaklığı 0°C'den yaklaşık 100°C'ye kadar çıkar. Sıcak gaz daha sonra kondensere gönderilir.
4. Isı, kondenser üzerinden pompa yardımı ile bina içi ısıtma (radyatör veya yerden ısıtma) ve sıcak su sistemine (boyler) iletilir. Kondenser içinde, enerjisini kaybeden gaz soğur. Soğutucu akışkanın basıncı genleşme valfine gönderilirken hala yüksektir.
5. Soğutucu akışkan basıncı genleşme valfinde düşürülür, sıcaklığı ise yaklaşık olarak -10°C'dir.
6. Isı transferi akışkanı toprakta depolanmış enerjiyi toplamak için tekrar ısı pompasından ayrılır. Akışkanın sıcaklığı yaklaşık -3°C'dir.

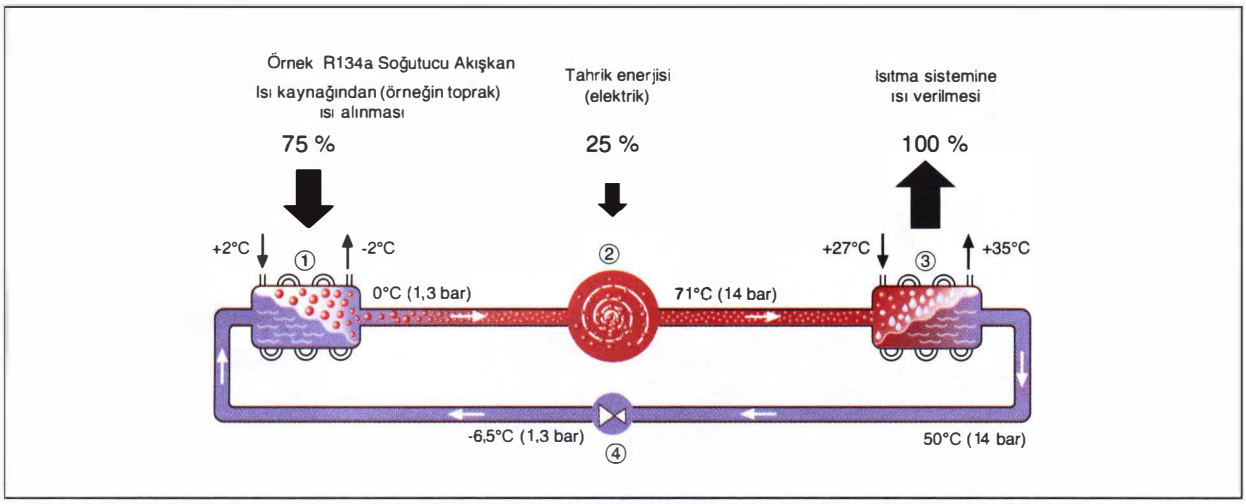
Isıtma sistemi olarak yerden ısıtma, düşük sıcaklıklı radyatör veya fancoil kullanımı mümkündür. Toprak kaynaklı ısı pompaları ısıtma çıkış su sıcaklığı genellikle 40-50°C arasında olmaktadır. Günümüz teknolojisinde toprak kaynaklı ısı pompalarında 65°C çıkış su sıcaklıkları mümkündür. Isıtma su sıcaklığı ne kadar düşük ise ısı pompası verimi o kadar yüksek olabilmektedir. Yüksek çıkış su sıcaklıkları boyler ısıtmasında önemli bir pozitif etken olmaktadır. Yerden ısıtma sisteminin özellikle 55-45°C yerine, 40-30°C çalışma sıcaklıklarında seçilmesi, yüksek COP sağlayacaktır. Isı kaybı sadece yerden ısıtma ile karşılanmıyor ise, düşük sıcaklıkta su ile beslenmek suretiyle radyatör veya FCU sistemleri ısıtmaya destek verebilir.

Uygun toprak kaynaklı ısı pompaları ile 5-11°C çıkış su sıcaklıkları ile beslenen fancoil ile soğutma yapma imkanı bulunmaktadır. Bu şekilde kışın yerden ısıtma ile ısıtma, yazın fancoil ile soğutma gerçekleştirilir.

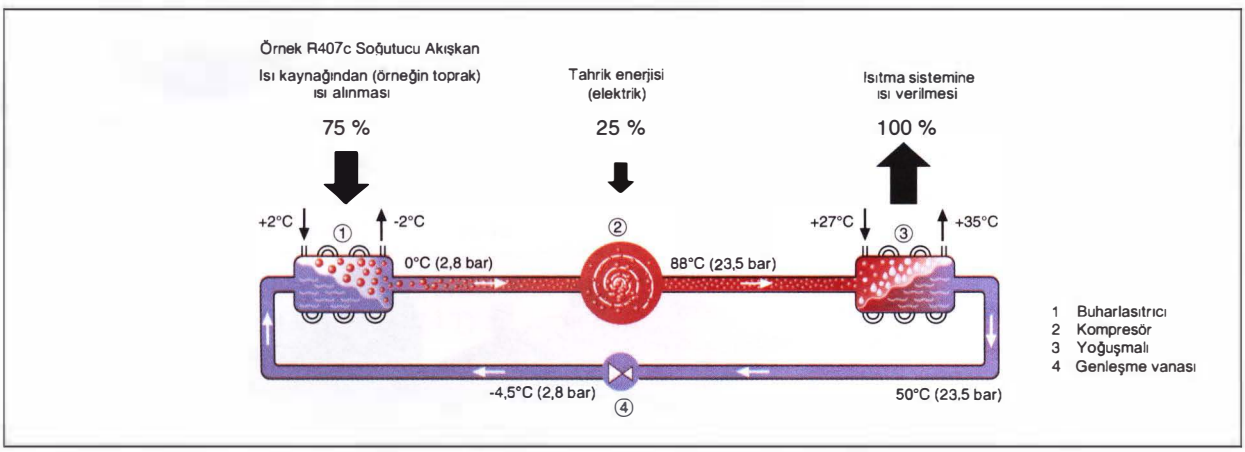
Toprak kaynaklı ısı pompalarının kaynak tarafı, derin kuyu (80-120 m kuyu uygulaması), serme (arazinin 1-1,5 m altına yüksek metrajlı boru uygulaması) veya su kaynağı (göl veya denize boru uygulaması) olarak düşünülebilir.



Şekil 3.40. TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPASI ÇALIŞMA PRENSİBİ



Şekil 3.41. R407C SOĞUTUCU AKIŞKANLI BİR ISI POMPASININ SOĞUTUCU AKIŞKAN DEVRESİ



Şekil 3.42. R134a SOĞUTUCU AKIŞKANLI BİR ISI POMPASININ SOĞUTUCU AKIŞKAN DEVRESİ

Toprak kaynaklı ısı pompalarında yaklaşık çalışma verim değerleri;

Isıtma	Kaynak su sıcaklığı 10°C ve çıkış suyu sıcaklığı 35°C	COP 6,3
	Kaynak su sıcaklığı 10°C ve çıkış suyu sıcaklığı 50°C	COP 4,4
Soğutma	Kaynak su sıcaklığı 25°C ve çıkış suyu sıcaklığı 7°C	EER 4,2
	Kaynak su sıcaklığı 25°C ve çıkış suyu sıcaklığı 12°C	EER 5,5

Topraktan çeşitli şekillerde ısı çekilerek faydalanılabilmektedir. Yüzeye yakın ısı enerjisinden ve jeotermal ısı enerjisinden faydalanma farklılık arz etmektedir.

Yüzeye yakın ısı, güneş ısısı olup mevsimsel olarak toprakta depolanmakta ve 1,20 m'den 1,50 m'ye kadar olan derinliğe yatay olarak yerleştirilen toprak ısı değiştiricileri yardımıyla çekilmektedir.

Jeotermal ısı enerjisi, yerkürenin iç kısmından yeryüzüne akmakta ve bundan dikey toprak ısı değiştiricileri yardımıyla faydalanılmaktadır. Dikey toprak ısı değiştiricileri 150 m'lik bir derinliğe kadar düşey olarak yerleştirilebilmektedir.

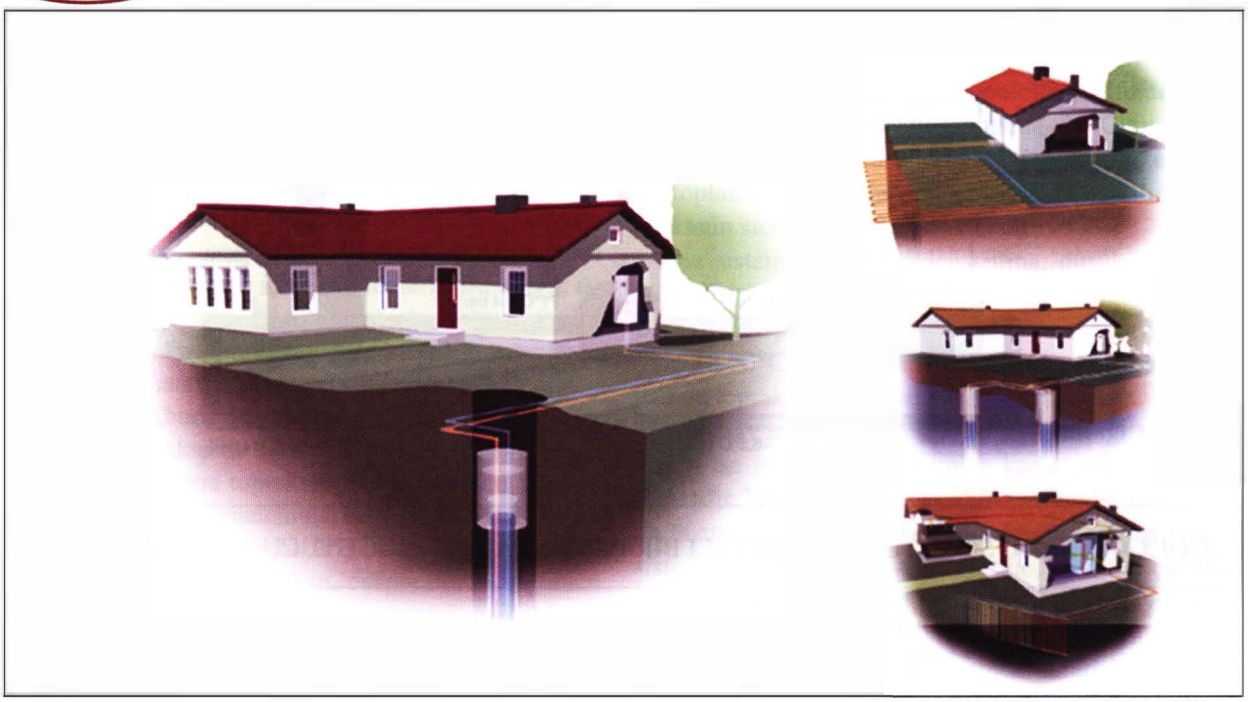
Her iki sistem yüksek ve mevsimsel olarak nispeten homojen bir sıcaklığa sahiptir. Bu durum, ısı pompalarından yüksek verim (yüksek yıllık COP) elde edilmesini sağlar. Ayrıca bu sistemlerin kapalı devre olarak işletilmesi çok yüksek güvenilirlik sunmakta ve minimum bakım gerektirmektedir. Kapalı devrede, su ve donmaya karşı koruyucu maddeden (etilenglikol) oluşan bir karışım kullanılmaktadır. Bu karışıma 'ısı taşıyıcı akışkan' da denilmektedir.

3.4.1 TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPASI UYGULAMA ÇEŞİTLERİ

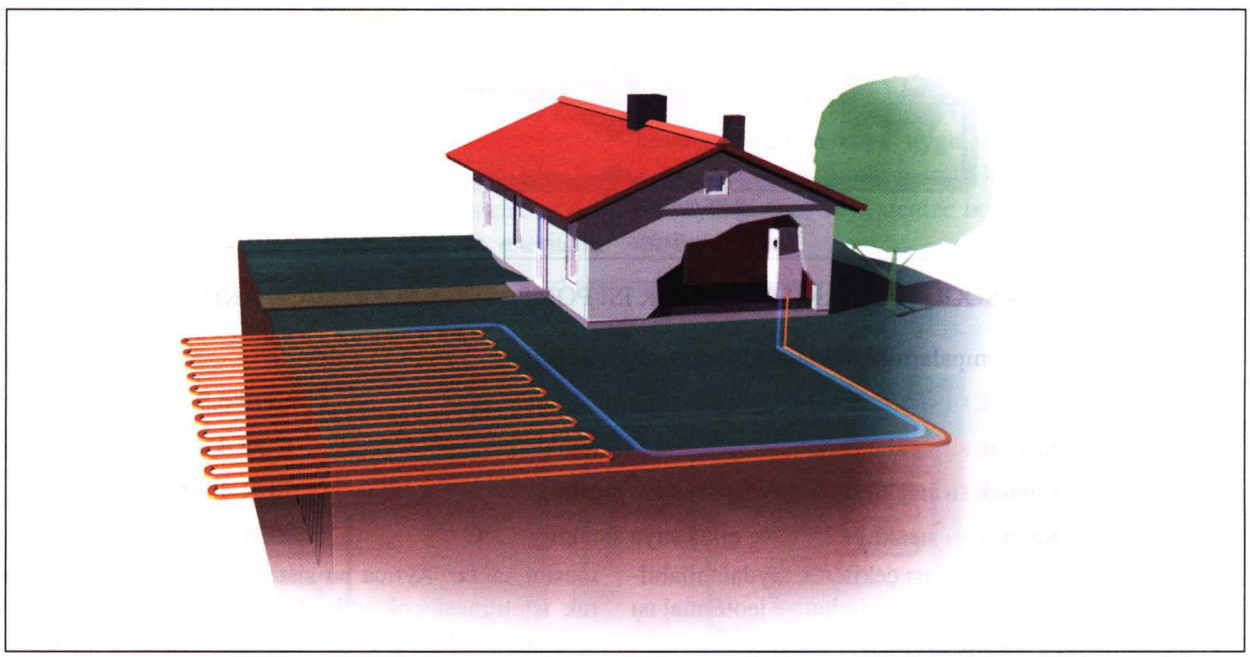
3.4.1.1 Yatay Toprak Isı Değiştiricileri

a. Avantajları :

- Uygun maliyetler
- Isı pompasının yüksek yıllık performans katsayıları



Şekil 3.43. TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPASI UYGULAMA ŞEKİLLERİ



Şekil 3.44. YATAY TOPRAK ISI DEĞİŞTİRİCİSİ UYGULAMASI

b. Dezavantajları :

- Hassas uygulama gerekliliği, usulüne uygun olmayan yerleştirmede hava birikimi problemleri
- Geniş alan gereksinimi
- Uygulanan arazinin yapılaşma için kullanılamaması

c. Yatay Toprak Isı Değiştiricisi Uygulaması İçin Pratik Notlar

- Toprak ısısının çekilmesi, toprak yüzeyine paralel ve genellikle çok devreli olarak yerleştirilen geniş yüzeyli plastik borularla gerçekleştirilmektedir. Bir devrenin uzunluğu 100 m'yi geçmemelidir, aksi taktirde ısı taşıyıcı akışkan sirkülasyonu için gerekli pompa gücü yüksek olmaktadır.
- Her devre, sistemin havasının atılmasını sağlayabilmek için, en yüksek noktada bulunması gereken bir kolektöre bağlanmaktadır.
- Zaman zaman toprakta oluşan buzlanmanın, sistemin işletimine ve yüzey bitki örtüsü üzerinde olumsuz etkileri bulunmamaktadır. Mümkün mertebe derin kök

Toprak Özelliği	Özgül Isı Çekme Kapasitesi
	W/m²
Kumlu kuru	10
Kumlu nemli	15 - 20
Killi kuru	20 - 25
Killi nemli	25 - 30
Killi, suya doymuş	30 - 40

Tablo 3.45. YATAY UYGULAMADA TOPRAK ÖZELLİĞİNE BAĞLI ÖZGÜL ISI ÇEKME KAPASİTESİ TABLOSU

Derinlik	m	0,8 - 1,5
Maksimum devre uzunluğu	m	DN25-DN32 için 100
		DN40 için 200
Boru malzemesi		Plastik (PE80)
Boru aralıkları	m	DN25-DN32 için 0,5-0,8
		DN40 için 1,0
Boru miktarı / Alan	m/m²	1,0 - 2,0
Özgül ısı çekme kapasitesi	W/m²	10-40

Tablo 3.46. YATAY UYGULAMADA BOYUTLANDIRMA İLE İLGİLİ TEMEL DEĞERLER

yapan bitkilerin toprak ısı değiştiricisinin uygulandığı bölgelere dikilmemesine dikkat edilmelidir.

- Boruların sivri taşlardan hasar görmemeleri için kum ile örtülmeleri de önemlidir.
- Boruların üzeri toprakla doldurulmadan önce mutlaka bir hidrolik basınç testi yapılmalıdır. Muhtemel hasarların hemen fark edilebilmesi için, basınç testine toprak dolumu yapılırken devam edilmelidir.
- Özellikle yeni inşaatlarda, gerekli toprak hafriyatları genellikle büyük bir ekstra masraf gerektirmeden yapılabilir.
- Topraktan çekilebilecek ısı miktarı, öncelikle toprağın nemi olmak üzere birçok faktöre bağlıdır. Özellikle nemli ve killi topraklarda olumlu sonuçlar alınmaktadır. Kum oranı yüksek topraklar, yatay uygulamalar için çok uygun değildir.
- Yıllık maksimum 2.000 saat tam yükteki boyutlandırma ile ilgili temel değerler için *Tablo 3.47*'den yararlanılması önerilmektedir.

3.4.1.2 Dikey Toprak Değiştiricileri

a. Avantajları :

- Güvenilir
- Az yer gereksinimi
- Isı pompasında yüksek yıllık performans katsayıları

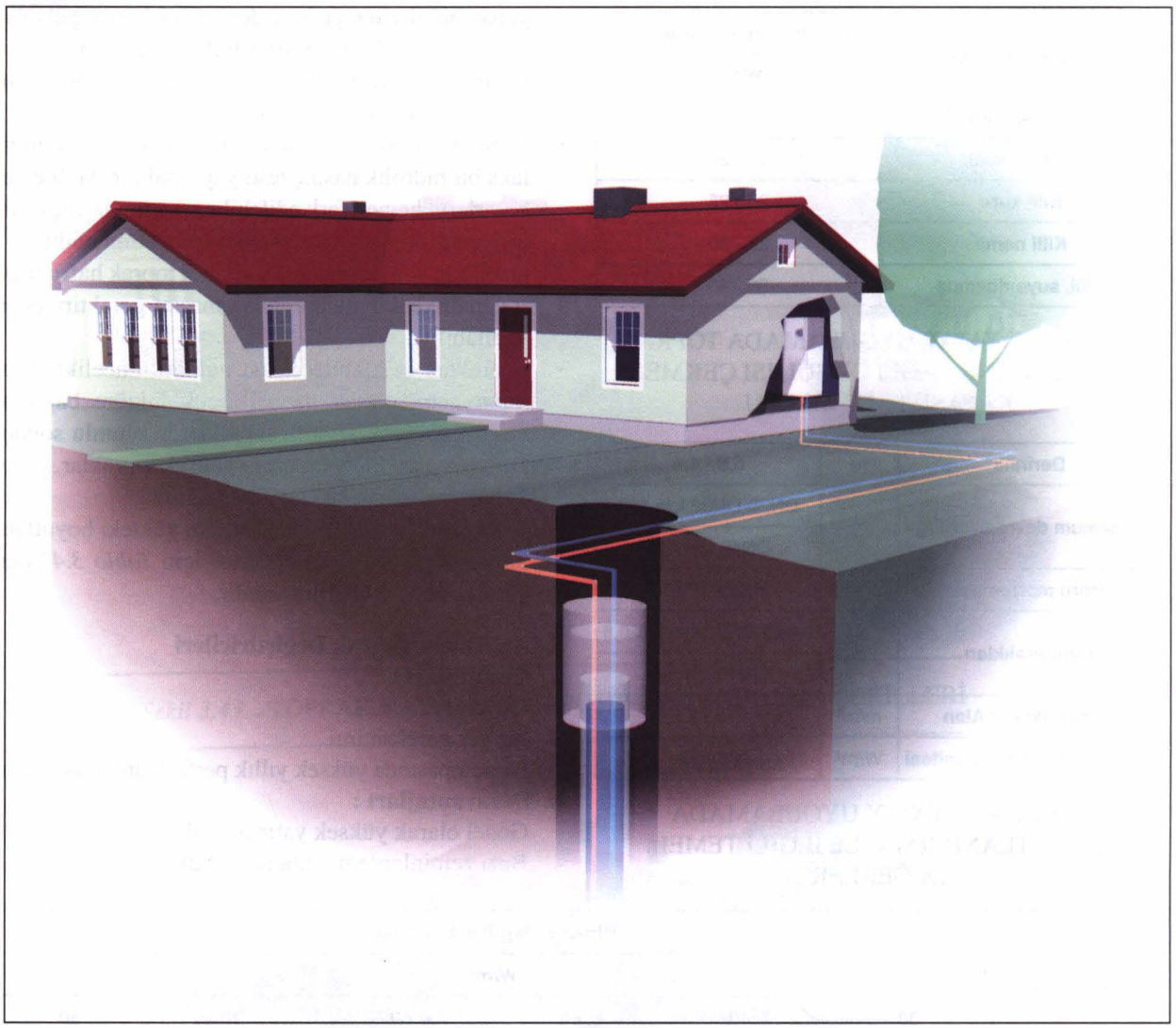
b. Dezavantajları :

- Genel olarak yüksek yatırım maliyeti
- Bazı zeminlerde uygulama zorlukları

Bina Kullanım Alanı	Binanın Özgül Isıtma Yükü W/m²					
	30	40	50	60	70	80
	Sadece Mahal Isıtması İçin Gerekli Toprak Alanı					
m²	m²					
100	90	120	150	180	210	240
125	113	150	188	225	263	300
150	135	180	225	270	315	360
175	158	210	263	315	368	420
200	180	240	300	360	420	480
	Mahal ve Kullanım Isıtması Suyu İçin Gerekli Toprak Alanı					
100	108	138	168	198	228	258
125	135	172	210	247	285	322
150	162	207	252	297	342	387
175	189	241	294	346	399	451
200	216	276	336	396	456	516

Not : Özgül ısı çekme kapasitesi q = 25 W/m² ve COP = 4 için verilen değerlerdir. Toprakaltı ısı değiştirici boru çapları 40 mm ve borular arası mesafe 1m'dir.

Tablo 3.47. YATAY UYGULAMADA GEREKLİ TOPRAK ALANI TABLOSU



Şekil 3.48. DİKEY TOPRAK ISI DEĞİŞTİRİCİSİ UYGULAMASI



Şekil 3.49. DİKEY TOPRAK ISI DEĞİŞTİRİCİSİ

Kolay borulama ve az yer gereksinimi nedeniyle dikey toprak ısı değiştiricileri son yıllarda giderek yaygınlaşmaktadır. Genel olarak uç kısmında özel birleştirme parçaları (U formunda) ile birbirine kaynatılan iki veya dört paralel plastik boruya sahip boru demetinden oluşmaktadır. Plastik borular, dört borulu sistemde uç kısımlarından bağımsız akışlı iki devre oluşturacak şekilde birbirine bağlanmaktadır. Bunlara çift U borulu sistem denilir. Uygun hidrojeolojik şartlarda yüksek ısı çekişi sağlanabilmektedir. Dikey toprak ısı değiştiricilerinin yerleştirilmesi ve planlanması için toprak özellikleri ve yer altı şartları hakkında tam bir bilgiye sahip olunması şarttır. Dikey toprak ısı değiştiricileri konusunda uzmanlaşmış, malzeme seçimi ve yerleştirilmesinin yanı sıra gerekli ruhsatların alınması ile ilgili hizmetleri de sunan uzman firmalara danışılmalıdır. Uzman jeologlara veya jeoloji ile ilgili makamlara da danışılabilir. Yıllık maksimum 2.000 saat tam yükteki boyutlandırma ile ilgili temel değerler olarak *Tablo 3.51*'deki değerler alınabilir.

Toprak ve Kayaç Özellikleri		Özgül Isı Çekme Kapasitesi W/m	
		1800 saat	2400 saat
Genel Kılavuz Değerleri			
Zayıf iletim özellikli (kuru çökelti)	λ<1,5 W/m°K	25	20
Normal kayaçlı ve ıslak toprak	λ<1,5 - 3,0 W/m°K	60	50
Yüksek termal iletkenlikli birleştirilmiş kayaçlar	λ>3,0 W/m°K	85	70
Ayrıntılı Değerler			
Çakıl, kum, kuru		<25	<20
Çakıl, kum, doymuş		65 - 80	55 - 65
Yüksek yer altı su akışı olan çakıl kumlu zemin		80 - 100	80 - 100
Çamur, killi, nemli		35 - 50	30 - 40
Kireçtaşı		55 - 70	45 - 60
Kumtaşı		65 - 80	55 - 65
Silisiyöz magmatit (Granit)		65 - 85	55 - 70
Bazik magmatit (Bazalt)		40 - 65	35 - 55
Gnays		70 - 85	60 - 70
Kayaç yapısı ve diğer etkenler bu değerlerin değişmesine yol açabilir.			

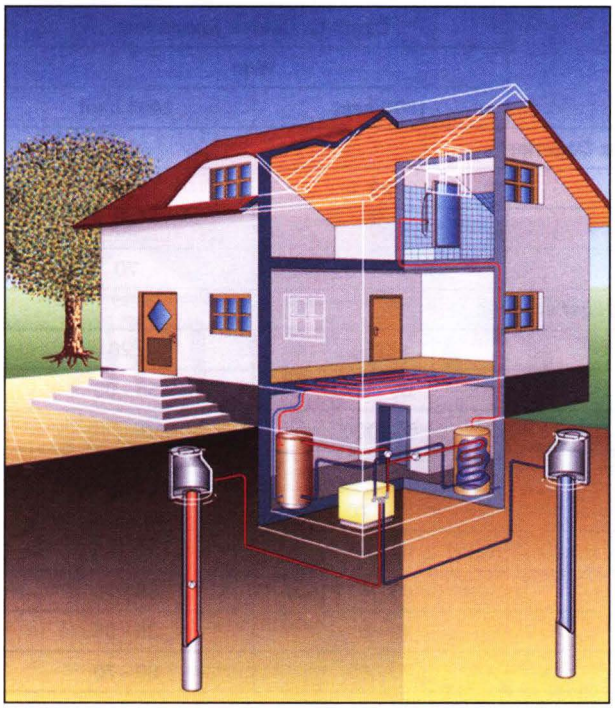
Verilen değerler aşağıdaki durumlarda geçerlidir.
- Sadece ısı çekişi (ısıtma işletimi)
- Her bir dikey ısı değiştirici devresi uzunluğu 40 ila 100 m arasında
- İki kuyu arasındaki minimum uzaklık:
  * 40 - 50 m uzunluktaki ısı değiştiriciler için minimum 5m
  * 50 - 100 m uzunluktaki ısı değiştiriciler için minimum 6m
- DN 20, DN 25, DN 32 mm çift U-borular veya minimum çapı 60 mm olan koaksiyel boruların dikey toprak ısı değiştiricileri olarak kullanımı

Tablo 3.50. DİKEY UYGULAMADA TOPRAK ÖZELLİĞİNE BAĞLI ÖZGÜL ISI ÇEKME KAPASİTESİ TABLOSU

Bina Kullanım Alanı	Binanın Özgül Isıtma Yükü W/m²					
	30	40	50	60	70	80
	Sadece Mahal Isıtması İçin Gerekli Sondaj Derinliği					
m²	m					
100	45	60	75	90	105	120
125	56	75	94	112	131	150
150	67	90	112	134	157	180
175	79	105	131	158	183	210
200	90	120	150	180	210	240
	Mahal ve Kullanım Suyu Isıtması İçin Gerekli Sondaj Derinliği					
100	53	68	83	98	113	128
125	67	85	104	123	142	160
150	80	103	125	148	170	193
175	93	120	146	172	198	225
200	107	137	167	197	227	257

Not : Özgül ısı çekme kapasitesi q = 50 W/m ve COP = 4 için verilen değerlerdir.

Tablo 3.51. DİKEY UYGULAMADA GEREKLİ SONDAJ DERİNLİĞİ TABLOSU



Şekil 3.52. YERALTI SUYU UYGULAMASI

3.4.1.3 Yeraltı Suyu Uygulaması

a. Avantajları :

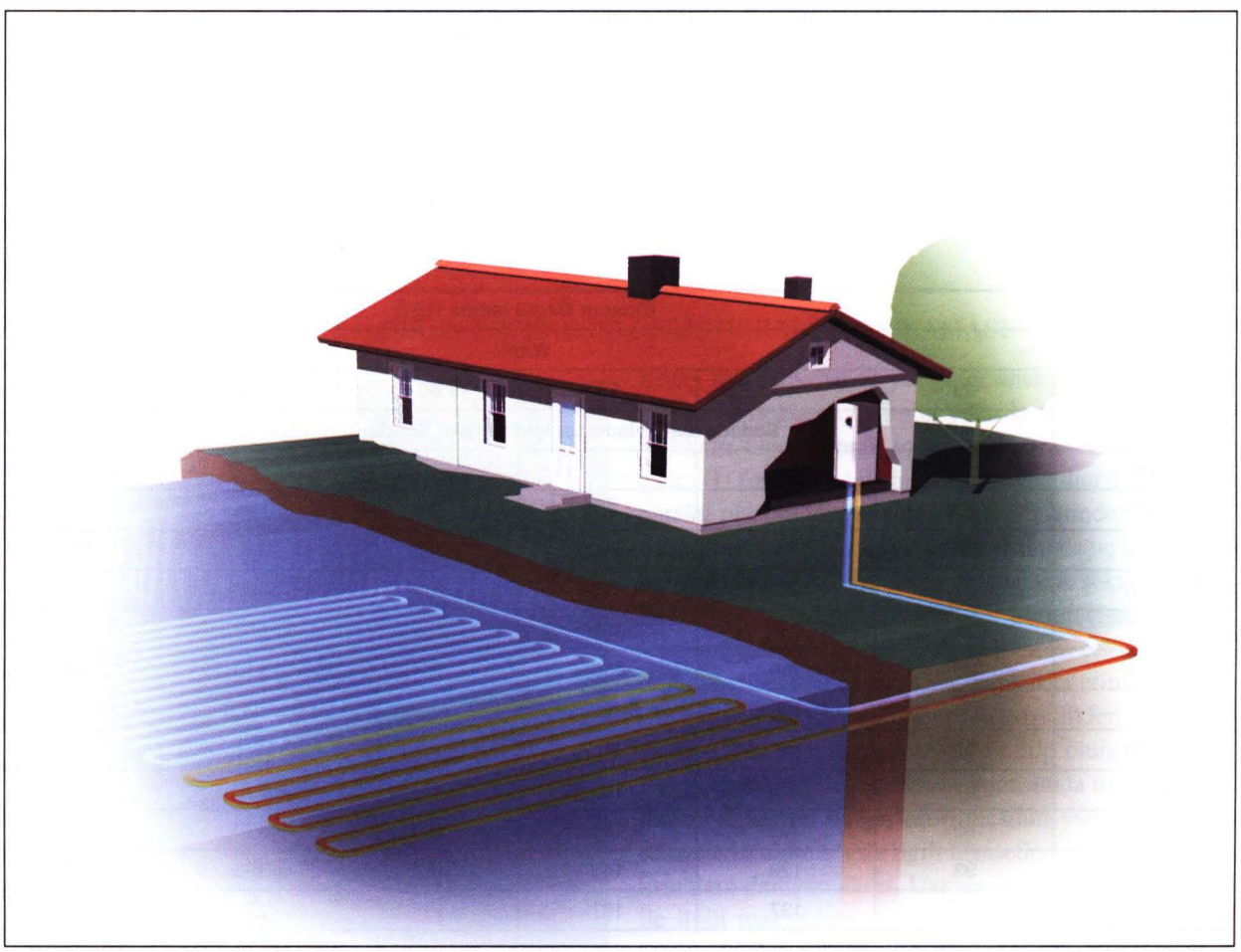
-Isı kaynağına ulaşmada düşük yatırım maliyeti
-Az yer gereksinimi

b. Dezavantajları :

- Açık sistem
- Bakım masrafları
- Su analizi gerekli
- Yer altı suyu kullanım ruhsatı gereksinimi

Yeraltı suyunun bir kuyudan alınması ve tekrar su akışı yönünde daha ileride başka bir kuyudan kaynağa geri gönderilerek ısının çekilmesi enerjinin daha etkin kullanımını sağlamaktadır. Bütün yıl boyunca hemen hemen sabit olan su sıcaklığı sayesinde ısı pompasında yüksek performans katsayıları elde edilmektedir. Dalgıç pompa ve diğer sistem bileşenlerinin enerji sarfiyatına dikkat edilmelidir. Küçük ölçekli sistemlerde veya çok derin kuyu uygulamalarında pompalama enerjisinin yıllık performans katsayısına etkisi mutlaka irdelenmelidir.

Yeraltı suyunun ısı kaynağı olarak kullanılmasında su kalitesi, su miktarı vb gibi etkenler önem taşımaktadır. Önce söz konusu bölgede maksimum 20 m derinlikte yeraltı suyunun yeterli miktarda olup olmadığı araştı-



Şekil 3.53. YÜZEY SUYU UYGULAMASI

rılmalıdır. Bu konu hakkında yerel düzenlemeler, belediyeler veya bölgedeki yetkili uygulayıcı firmalardan bilgi alınabilir. Yeraltı suları ile ilgili makamdan ısıtma amacıyla yeraltı suyunun çekilmesi ve geri verilmesi için gerekli izinler alınmalıdır.

Bir kuyu sisteminin planlanması ve uygulanması yetkili uzman sondaj firmaları tarafından yapılmalıdır. Özellikle geri besleme kuyusunun yanlış uygulanması sonucunda zaman içerisinde çamurlaşma oluşabilir ve geri besleme kuyusu kullanılmaz duruma gelebilir. Hasarın giderilmesi oldukça yüksek masraflara yol açabilir. Ayrıca böyle bir durumda ısı pompası işletimi mümkün olmadığından monovalent sistemlerde binanın ısıtılması garanti edilemez.

Suyun kalitesi su analizi ile belirlenmelidir. Sistemin işletimi sırasında da düzenli olarak su örneklerinin alınması tavsiye edilir, çünkü yeraltı suyunun bileşimi zamanla değişebilir.

3.4.1.4 Yüzey Suyu Uygulaması

Yüzey suları, ısı pompalarında açık ve kapalı devre enerji kaynakları olarak kullanılabilmektedir. Açık devre uygulamalarda göl, deniz veya ırmaklardan alınan su, genellikle bir plakalı eşanjör kullanmak sureti ile ısı pompalarında kullanılabilmektedir. Bu tip uygulamalarda titanyum, en sık kullanılan eşanjör malzemesidir. Malzeme seçiminde ve tasarım esnasında yüzey sularının, sistem bileşenleri üzerinde bırakacağı etkiler dikkate alınmalıdır. Isı atılan ve ısı çekilen yüzey suyunun kimyasal içeriğine bağlı olarak önlem alınmalı, mümkün mertebe yüzey suyu doğrudan ısı pompası su devresinden dolaştırılmamalıdır. Açık devre uygulamalarda kullanılan kaynak (yüzey suyu) pompası ve eşanjör sonrası sekonder devre pompasının sistemdeki elektrik tüketimleri dikkate alınmalıdır. İşletim maliyetleri ve bakım giderlerinde kaynak devresi tasarımı büyük önem taşımaktadır.

Yüzey sularının ısı pompalarında kullanımının bir diğer yolu, kapalı devre ısı değiştiricileri kullanmaktır. Bu tip ısı değiştiriciler, genellikle yüzey suyu içerisine yerleştirilen borulardan oluşur. Özel uygulamalarda korozyon dayanımı yüksek ve yeterli su dolaşım kesitlerine sahip metal levha ısı değiştiriciler de kullanılmaktadır. Her iki durumda da ısı değiştirici devresi, yüzey suyundan yeterli ısıyı çekecek veya ısıyı aktaracak yüzeye sahip olmalıdır. Bu sistem, uygulama ve tasarım açısından açık sistemlerden tamamen farklıdır. Kapalı devredeki ortalama ısı taşıyıcı akışkan sıcaklığı, ısıtma ve soğutma dönemlerinde farklılık göstereceğinden, her iki işletim için gerekli ısı transfer yüzeyinin yapılan hesaplarda çok iyi değerlendirilmesi gerekir. Isı değiştiricinin, olası salınımlara karşı sabitlenmesi ve çevresel etkilere karşı korunması gerekmektedir. Sistem kapalı bir devreden oluştuğu için yüzey suyunun kimyasal etkilerine maruz kalmamaktadır. Yüzey suyu ısı değiştirici devresindeki gerekli sirkülasyon haricinde ikinci bir devre ve sirkülasyon bulunmamaktadır.

3.4.2 TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPASI ÖZELLİKLERİ VE SİSTEM BİLEŞENLERİ

3.4.2.1. Toprak Kaynaklı Isı Pompalarında Bina İçi Isıtma Tesisatı

a. Isıtma Devreleri / Döşemeden Isıtma

Daha önce belirtildiği gibi, ısı pompalarının verimi ısıtma devreleri ile ısı kaynağı arasındaki sıcaklık farkına bağlıdır. Bu nedenle sistem mümkün olduğunca düşük gidiş suyu sıcaklıklarına göre tasarlanmalıdır. Isıtma devrelerinde bu gereksinim, düşük sıcaklık radyatörleri veya diğer geniş yüzeyli ısıtma sistemleri ile karşılanabilir. Özellikle konfor ve iç mekan tasarım serbestliği nedeniyle döşemeden ısıtma son yıllarda konut sektöründe daha fazla uygulama alanı bulmaktadır. Ek ısıtmaya gerek duyulmadan 35°C'lik gidiş ve 28°C'lik dönüş sıcaklıkları yeterli olmaktadır. Isı yalıtımı çok iyi olan konutlarda daha düşük değerler ile işletim mümkündür.

Yerden ısıtma sistemlerinin diğer bir avantajı kendi kendini dengeleme özelliğidir. En soğuk günlerde 23°C- 27°C arasındaki düşük yüzey sıcaklıklarında mahal sıcaklığının artışı, ısı transferini azaltmakta hatta özel durumlarda sıfıra kadar düşürmektedir. Özellikle geçiş mevsimlerinde gündüz güneş ışınımı etkisiyle artan mahal sıcaklıları sonucu oluşan ısıl denge bu duruma en iyi örnektir.

Termodinamik nedenlerle gidiş suyu sıcaklığını artıran bütün ilave tertibatlar, örneğin karışım vanaları ve ilave ısı değiştiricileri kullanılmamalıdır. Böylelikle ısı pompası minimum enerji tüketimi ile en uygun şekilde işletilebilir. Daha detaylı bilgi için bölüm 3.7.1'e bakabilirsiniz.

b. Depo Boyler

Isı pompalarının bivalent işletiminde su hacmi, toplam ısı transfer yüzeyi vb hidrolik özellikleri tam olarak bilinmeyen bir ısıtma sistemine bağlanabilmeleri için depo boylerler gereklidir. Ancak depo boylerler, yeni sistemlerde kolaylıkla önlenebilen bazı dezavantajlara sahiptir :

- Depo boylerler, genellikle normal çelikten imal edildiğinden oksijen bariyeri olmayan plastik borulara sahip yerden ısıtma sistemleri ile birlikte kullanıldığında, oksijen difüzyonu sistemde problemler yaratmaktadır. Bu durumda ısı pompasının ısıtma devresi, ısı değiştiricisinde pislik tutucu ile ilaveten korunmalıdır.
- Sistemin ataleti artmaktadır.
- Depo boylerler ısı pompası sistemlerinin yatırım ve işletme maliyetlerini artırır, çünkü depo boylerde sürekli bir ek ısı kaybı oluşmaktadır.

Bu nedenlerden dolayı yeni bir yerden ısıtmalı sistemde depo boyler kullanılmamalıdır. Depo boyler olmayan yerden ısıtmalı ısı pompası sistemleri ile ilgili tecrübeler, bir gün içindeki 2 saat süreli 3 elektrik kesintisinde (3×2saat) dahi mahal sıcaklığında hissedilir bir azalmaya yol açmadığını göstermektedir. Yerden ısıtma sisteminin ataleti konforun bozulmamasını sağlamaktadır. Özel durumlarda bir depo boyler gerekli ise kW ısıtma yükü başına 10-20 litre depo hacmi kabulü yapılabilir.

c. En Düşük Sistem Su Debisi

Isı pompasının nominal ısıtma kapasitesini sağlayabilmesi ve yüksek performans katsayılarına ulaşabilmesi, ancak gerekli en düşük sistem su debisi sağlanabilirse mümkün olabilmektedir. En düşük sistem su debisinden daha düşük bir sirkülasyon, ısı pompasının dönüşündeki sıcaklığın yükselmesine neden olacaktır. Bu durum ısı pompasının, soğutucu akışkan devresindeki yüksek basınç presostatının işletimi durdurmasına neden olabilir. En sık karşılaşılan durumlar;

- ısıtma devresinde çok düşük debili sirkülasyon pompası kullanımı
- ısıtma devresindeki termostatik kontrollü vanaların kapatması sonucu debinin düşmesi

Hidrolik denge kapları veya aşırı akım vanaları kullanılarak benzeri durumlar önlenebilir. Genellikle, bir oda sıcaklık duyar elemanı ile doğrudan ısı pompası üzerinden kontrol edilen bir veya birden fazla sayıda ısıtma devresi de uygun bir tasarım olmaktadır.

3.4.2.2. Isı Pompaları İle Enerji Tasarrufu

DIN V 4701-10, sistem teknolojilerinin enerji verimliliğinin değerlendirilmesi, ısı pompaları ile yapılan enerji tasarrufunun tarafsız olarak hesaplanmasını sağlamaktadır. Aşağıdaki örnek yardımıyla eşdeğer sınır şartları altında DIN V 4701-10'daki tablo yöntemi ile hesaplanan sıvı yakıtlı düşük sıcaklık kazanı ve toprak kaynaklı ısı pompası karşılaştırılmaktadır.

Sınır değerler :

- A_N = 150 m² kullanım alanına sahip bir villa için yıllık ısıtma gereksinimi q_h = 80 kWh/m² yıl
- Isı üreticisi bina içerisinde
- Bütün ısı dağıtımı cihaz kontrollü pompa ile bina içerisinde
- 35/28°C'ye göre tasarlanmış, elektronik olarak kontrol edilen yerden ısıtma sistemi
- Depo boyler kullanımı yok
- Kullanım suyu ısıtması var, ancak sıcak su sirkülasyon devresi yok
- Sadece doğal havalandırma (mekanik havalandırma sistemi yok)

Sistem tüketim katsayısının DIN V 4701-10'a göre hesaplanması:

Q_p : binanın toplam primer enerji gereksinimi [kWh/yıl]
Q_h : Mahal ısı gereksinimi [kWh/yıl]
Q_{tw} : Sıcak kullanım suyu ısı gereksinimi [kWh/yıl]
$Q_{H,P}$: Isıtma devresi primer enerji gereksinimi [kWh/yıl]
$Q_{L,P}$: Havalandırma devresi primer enerji gereksinimi [kWh/yıl], (sınır şartlarına göre = 0)
$Q_{TW,P}$: Sıcak kullanım suyu devresi primer enerji gereksinimi [kWh/yıl]
ile binanın primer enerji gereksinimi şu şekilde hesaplanmaktadır :

$$Q_p = Q_{H,P} + Q_{L,P} + Q_{TW,P}$$

e_p sistem tüketim katsayısı aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır :

$$e_p = [\, Q_p / (Q_h + Q_{tw}) \,]$$

Yukarıda belirtilen sınır değerler ile mahal ısı gereksinimi :

$$Q_h = q_h \times A_N = 80\ [\text{kWh/m}^2.\text{yıl}] \times 150\ \text{m}^2 = 12.000\ [\text{kWh/yıl}]$$

Sıcak kullanım suyu ısı gereksinimi ENEV'de belirtilmiştir

$$Q_w = 12{,}5\ [\text{kWh} / \text{m}^2.\text{yıl}]$$

Böylece :

$$Q_{tw} = q_{tw} \times A_N = 12{,}5\ [\text{kWh/m}^2\cdot\text{yıl}] \times 150\ \text{m}^2 = 1.875\ [\text{kWh/yıl}]$$

DIN V 4701-10'daki tablo yöntemi yardımıyla şu sonuçlar elde edilmektedir.

- **Sıvı yakıtlı düşük sıcaklık kazanı için**

$$\begin{aligned} Q_{P,NT} &= Q_{H,P,NT} + Q_{L,P,NT} + Q_{TW,P,NT} \\ &= (q_{H,WE,P,NT} + q_{H,HE,P,NT}) \cdot A_N \\ &\quad + Q_{L,P,NT} \\ &\quad + (q_{TW,WE,P,NT} + q_{TW,WE,P,NT}) \cdot A_N \\ &= \left(102{,}85 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2\text{yıl}} + 12{,}57 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2\text{yıl}}\right) \cdot 150\ \text{m}^2 \\ &\quad + 0 \\ &= \left(26{,}96 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2\text{yıl}} + 0{,}81 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2\text{yıl}}\right) \cdot 150\ \text{m}^2 \\ &= 21.478{,}5 \frac{\text{kWh}}{\text{yıl}} \end{aligned}$$

$$e_{P,NT} = \frac{Q_{P,NT}}{Q_h + Q_{tw}} = \frac{21.478{,}5 \frac{\text{kWh}}{\text{yıl}}}{12.000 \frac{\text{kWh}}{\text{yıl}} + 1.875 \frac{\text{kWh}}{\text{yıl}}}$$

$$e_{P,NT} = 1{,}55$$

- **Gaz yakıtlı yoğuşmalı kazan için**

$$Q_{P,BW} = Q_{H,P,BW}+Q_{L,P,BW}+Q_{TW,P,BW}$$
$$= (q_{H,WE,P,BW} + q_{H,HE,P,BW})\cdot A_N$$
$$+Q_{L,P,BW}$$
$$+ (q_{TW,WE,P,BW}+ q_{TW,WE,P,BW})\cdot A_N$$
$$= \left(92,85\frac{kWh}{m^2.yıl} + 12,57\frac{kWh}{m^2.yıl}\right)\cdot 150\ m^2$$
$$+ 0$$
$$= \left(26,96\ \frac{kWh}{m^2.yıl} + 0,81\frac{kWh}{m^2.yıl}\right)\cdot 150\ m^2$$
$$= 19.801,5\frac{kWh}{yıl}$$
$$e_{P,BW} = \frac{Q_{P,BW}}{Q_h + Q_{tw}}$$
$$= \frac{19.801,5\frac{kWh}{yıl}}{12.000\frac{kWh}{yıl} + 1.875\frac{kWh}{yıl}}$$
$$e_{P,BW} = 1,43$$

- **Toprak kaynaklı ısı pompası**

$$Q_{P,WP} = Q_{H,P,WP}+Q_{L,P,WP}+Q_{TW,P,WP}$$
$$= (q_{H,WE,P,WP} + q_{H,HE,P,WP})\cdot A_N$$
$$+Q_{L,P,WP}$$
$$+ (q_{TW,WE,P,WP}+ q_{TW,WE,P,WP})\cdot A_N$$
$$= \left(58,65\frac{kWh}{m^2.yıl} + 14,04\frac{kWh}{m^2.yıl}\right)\cdot 150\ m^2$$
$$+ 0$$
$$= \left(15,84\ \frac{kWh}{m^2.yıl} + 1,11\frac{kWh}{m^2.yıl}\right)\cdot 150\ m^2$$
$$= 13.446\frac{kWh}{yıl}$$
$$e_{P,WP} = \frac{Q_{P,WP}}{Q_h + Q_{tw}}$$
$$= \frac{13.446\frac{kWh}{yıl}}{12.000\frac{kWh}{yıl} + 1.875\frac{kWh}{yıl}}$$
$$e_{P,BW} = 0,97$$

Isı Üreticisi	Sistem Tüketim Katsayısı (e_p)
Sıvı yakıtlı düşük sıcaklık kazanı	1,55
Gaz yakıtlı yoğuşmalı kazan	1,43
Toprak kaynaklı ısı pompası	0,97

Tablo 3.54. SİSTEM TÜKETİM KATSAYILARI TABLOSU

Isı Üreticisi	Toprak Kaynaklı Isı Pompası Primer Enerji Tasarrufu
Sıvı yakıtlı düşük sıcaklık kazanı	37,40%
Gaz yakıtlı yoğuşmalı kazan	32,20%

Tablo 3.55. TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPASI PRİMER ENERJİ TASARRUFU

3.4.2.3 Yüksek Verimli Toprak Kaynaklı Isı Pompalarının Özellikleri

Yıllık performans faktörü dört olan bir toprak kaynaklı ısı pompasında kullanılan primer enerjinin, %75'i yenilenebilir enerji olduğu kabul edilebilir. Bu oran, rüzgar, hidrolik enerji ve güneş gibi diğer kaynakları da kullanarak %100'e ulaşabilmektedir.

- Isı pompalarının işletiminde doğrudan salınım gerçekleşmemektedir.
- ENEV'de (Avrupa Enerji Tasarruf Yönetmeliğine göre) çok iyi verimlilik değerlendirmesine sahiptir.
- Sıvı ve gaz yakıttan ve bu yakıtlarda gerçekleşen fiyat artışlarından bağımsızdır.
- Çevresel faktörlerden etkilenmez : (tasarım ve uygulamaya bağlı olarak) toprak sıcaklığı güneş veya rüzgar gibi dış hava şartlarına doğrudan bağlı olmayıp. yılın 365 günü kesintisiz bir işletim elde edilebilir.
- Sıvı yakıta göre %80, doğalgaz göre %30'a varan oranda daha düşük işletim maliyetleri elde edilebilmektedir.
- Kapalı devreler ile bakım gerektirmeyen uzun ömürlü bir sistem tasarımı mümkün olmaktadır.
- Periyodik maliyet gerektirmez (örneğin brülör bakımı, filtre değişimi, baca temizliği vb).
- Kazan dairesi ve baca yalıtımı gibi gereksinimler yoktur.

14 ve 17 kW toprak kaynaklı ısı pompaları villa ve ikiz villalarda mahal ısıtması ve harici boyler ile kullanım suyu ısıtması için tasarlanmış olup elektrikli ısıtıcı ve motorlu üç yollu vana ile donatılmıştır.

- **Özellikleri**
  - Entegre toprak altı ve ısıtma devresi sirkülasyon pompası
  - Entegre ek ısıtıcı
  - Boyler bağlantısı için ön hazırlıklı
  - Kolay kullanılabilen açıklamalı metin içerikli dijital ekran
  - Sessiz
  - Şık dizayn
  - Yüksek COP değerleri
  - Elektronik demeraj akım sınırlandırıcısı
- **Teslimat içeriği**
  - 14 veya 17 kW toprak kaynaklı ısı pompası
  - Vidalı ayaklar
  - GT1 harici sıcaklık duyar elemanı, ısıtma tesisatı dönüşü

- GT2 harici dış hava sıcaklık duyar elemanı
- GT5 harici iç ortam sıcaklık duyar elemanı
- Toprak altı devresi için vanalı pislik tutucu

3.4.2.4 Toprak Kaynaklı Isı Pompası Teknik Özellikleri

a. Cihaz Teknik Özellikleri

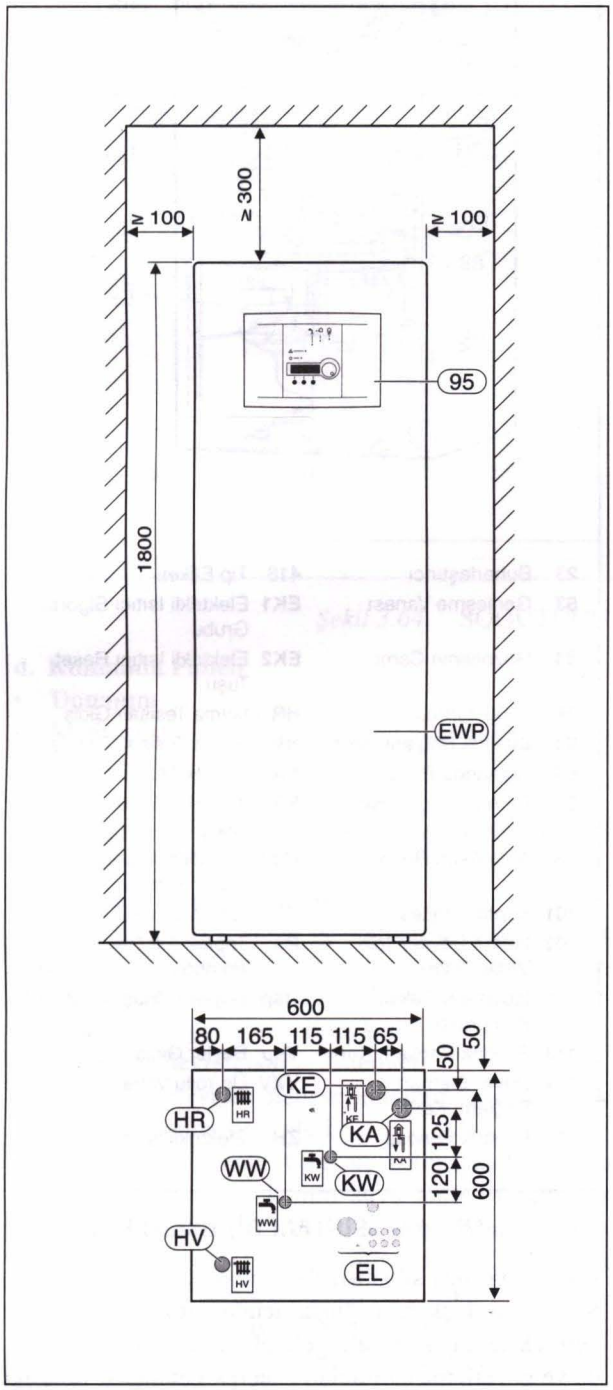
	Birim	WPS14	WPS17
Isı Taşıyıcı Akışkan/Su İşletimi			
Isıtma Kapasitesi 0/35 [1]	kW	14,4 (23,4)	16,8 (25,8)
Isıtma Kapasitesi 0/50 [1]	kW	14 (23,0)	16,3 (25,3)
COP 0/35 [2] / [3]		4,7/4,4	4,6/4,3
COP 0/50 [2] / [3]		3,4/3,2	3,3/3,2
Isı Taşıyıcı Akışkan			
Anma Debisi	l/s	0,85	0,98
Müsade Edilen Cihaz Dışı Basınç Kaybı	kPa	74	71
En Yüksek Basınç	bar	4	
İşletim Sıcaklığı	°C	(-5...+20)	
Bağlantı (Cu)	mm	35	
Kompresör			
Tip		Scroll	
R407C Soğutucu Akışkan	kg	2,2	2,3
En Yüksek Basınç	bar	31	
Isıtması Tesisatı Devresi			
En Düşük / En Yüksek Gidiş Suyu Sıcaklığı	°C	20/65	
Müsade Edilen En Yüksek İşletme Basıncı	bar	3	
Bağlantı (Cu)	mm	28	
Elektriksel Bağlantı Değerleri			
Voltaj	V	400 (3x230)	
Frekans	Hz	50	
Sigorta, Gecikmeli; 6kW / 9kW Ek Isıtıcı	A	20/25	25/35
Nominal Kompresör Elektrik Tüketimi (0/35)	kW	3,1	3,7
En Yüksek Akım (Kalkış Akımı Sınırlayıcı İle Birlikte)	A	<30	
Koruma Türü	IP	X1	
Genel			
Ses Seviyesi [4]	dB(A)	38	35
Müsade Edilen Ortam Sıcaklıkları	°C	0...45	
Boyutlar	mm	600x640x1500	
Ağırlık	kg	181	197

1) Parantez içerisindeki değerler, 9 kW ek ısıtıcı ile birlikte ısıtma kapasitesini ifade eder
2) Sadece kompresör
3) DIN EN 255'e göre, entegre sirkülasyon pompaları dahil
4) 1 m mesafeden EN ISO 11203' e göre

Tablo 3.56. ISI POMPASI TEKNİK ÖZELLİKLER TABLOSU

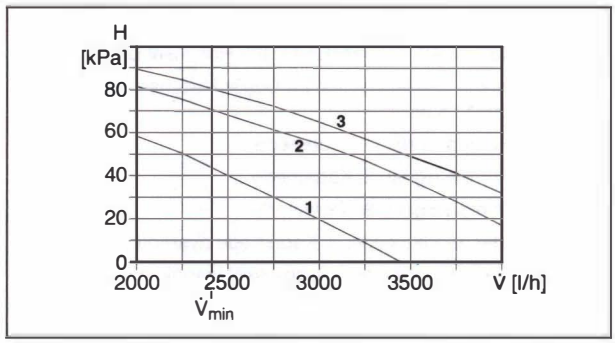
b. Montaj Ve Bağlantı Ölçüleri

- Montaj mahali, gürültüye duyarlı odaların (örneğin yatak odası) yakınında olmamalıdır.
- Cihazın arka tarafı ile duvar arasındaki mesafe en az 200 mm olmalıdır.
- Montaj mahalindeki ortam sıcaklığı 0°C ile 45°C arasında olmalıdır.
- Isı pompası teslimat kapsamında bulunan ayarlanabilir ayaklar yardımıyla yatay teraziye alınmalıdır.

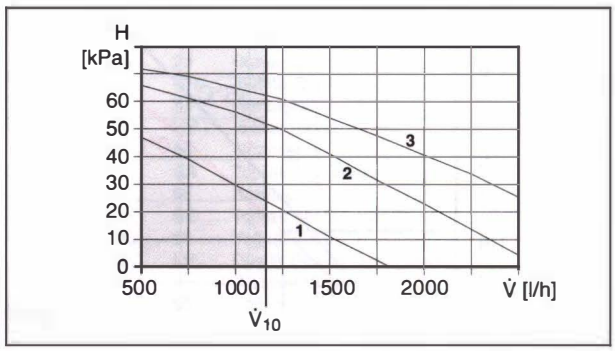


Şekil 3.57. ISI POMPASI BOYUTLARI VE BAĞLANTI ÖLÇÜLERİ

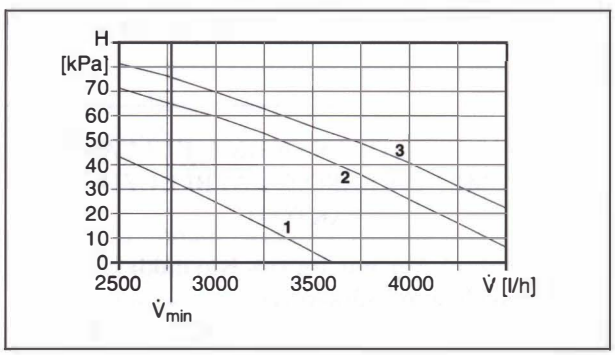
c. Entegre Sirkülasyon Pompa Eğrileri



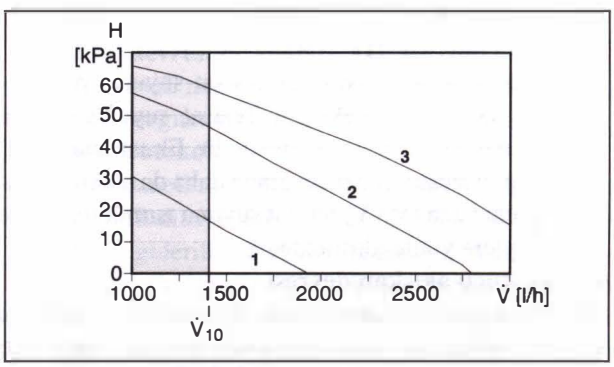
Şekil 3.58. TOPRAK ALTI DEVRESİ SİRKÜLASYON POMPASI (WPS 14)



Şekil 3.59. ISITMA DEVRESİ SİRKÜLASYON POMPASI (WPS 14)



Şekil 3.60. TOPRAK ALTI DEVRESİ SİRKÜLASYON POMPASI (WPS 17)

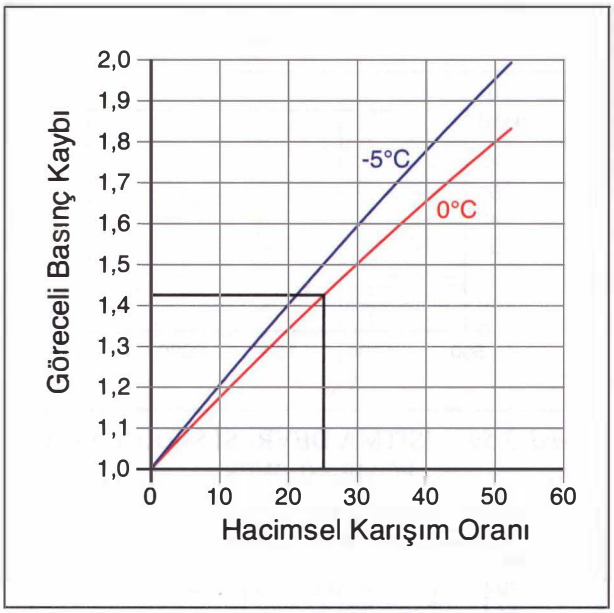


Şekil 3.61. ISITMA DEVRESİ SİRKÜLASYON POMPASI (WPS 17)

H	Pompa Basma Yüksekliği (Cihaz içi kayıplar dahil)
V	Hacimsel Debi
V_{min}	Toprak Altı Devresi En Düşük Hacimsel Debisi
V_{10}	Isıtma Tesisat Devresi En Düşük Hacimsel Debisi (Δt=10 K'de)
1)	Pompa Eğrisi, 1. Kademede
2)	Pompa Eğrisi, 2. Kademede
3)	Pompa Eğrisi, 3. Kademede

Pompalar, fabrika çıkışı 3. Kademede ayarlıdır.

Basınç kaybı hesabında etilen-glikol içeriğinin etkisi dikkate alınmalıdır. (Şekil 3.62)



Şekil 3.62. ETİLEN-GLİKOL KULLANIMI DURUMUNDA BASINÇ KAYBI DÜZELTME FAKTÖRÜ

3.4.2.5 Yüksek Verimli Toprak Kaynaklı Isı Pompaları Sistem Bileşenleri

a. Toprak altı ısı değiştirici devresi (KA/KE)

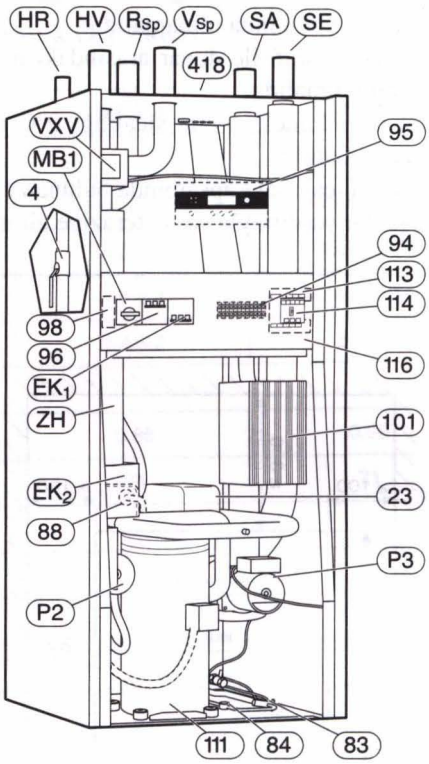
Isı taşıyıcı akışkan, toprak altı devre pompası (P3) tarafından ısı pompasına gönderilmekte ve buharlaştırıcıda (23) soğutucu akışkan devresine ısı verdikten sonra ısı kaynağına geri dönmektedir.

b. Isıtma devresi (HV/HR)

Isıtma devresi pompası (P2), tesisat suyunu yoğuşturucuya (88) göndermektedir. Tesisat suyu, soğutucu akışkan devresinden ısı çekmektedir. Ek ısıtıcıda (ZH) tesisat suyu sıcaklığı gerektiğinde daha da artırılmaktadır. 3 yollu vana (VXV) tesisat suyunu ısıtma sistemine veya boylere yönlendirmektedir.

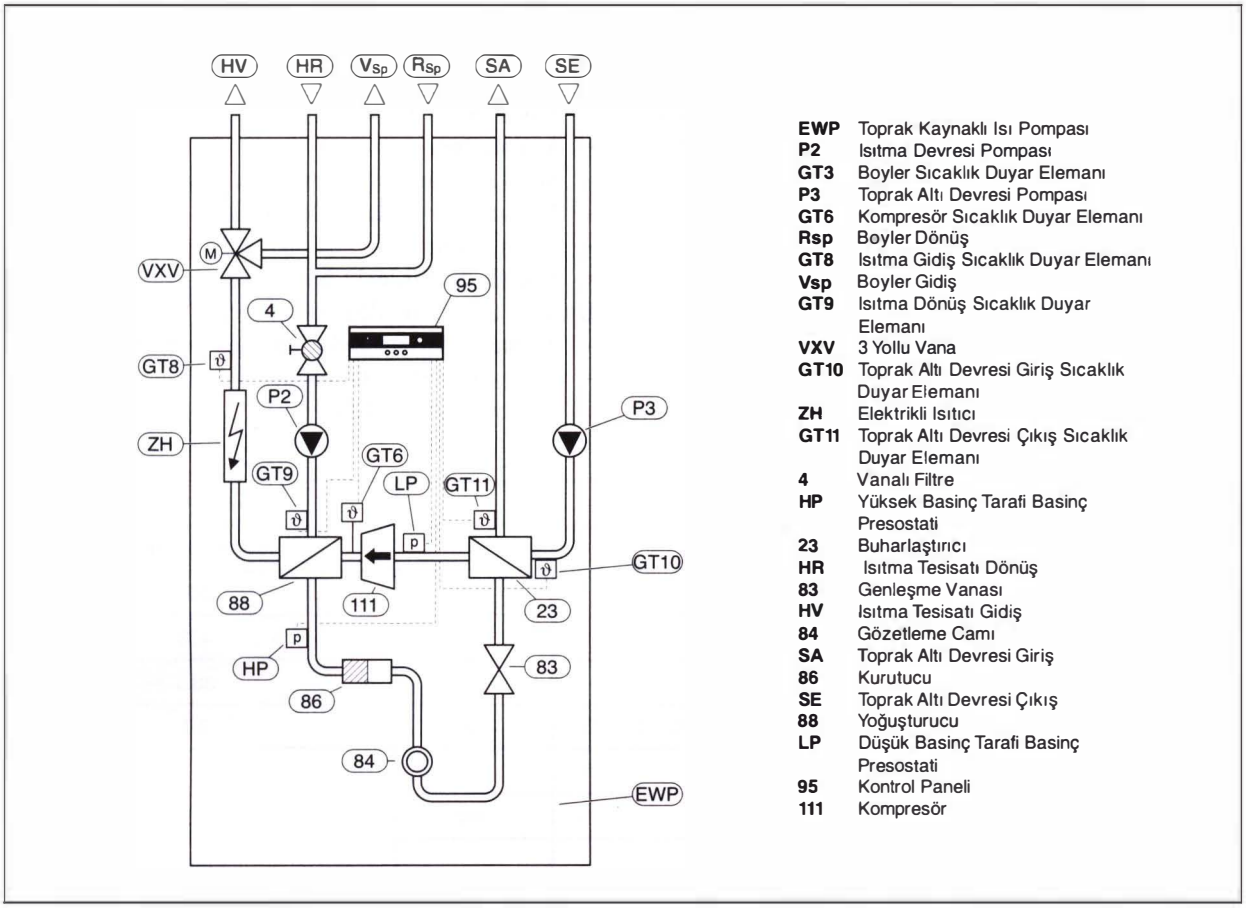
c. Soğutucu akışkan devresi

Soğutucu akışkan devresinde, sıvı haldeki soğutucu akışkan buharlaştırıcıya girmekte, burada toprak altı devresinden ısı alarak tamamen buharlaşmaktadır. Gaz halindeki soğutucu akışkan kompresörde daha yüksek bir basınca sıkıştırılırken sıcaklığı da artmaktadır. Soğutucu akışkan, yoğuşturucuda ısıtma tesisatına ısı vererek tekrar sıvı hale gelmekte, daha sonra kurutucu ve gözetleme camından geçerek genleşme vanasına gelmekte ve basıncı düşürülmektedir. Devre bileşenleri *Şekil 3.64*'de gösterilmiştir.



23	Buharlaştırıcı	**418**	Tip Etiketi
83	Genleşme Vanası	**EK1**	Elektrikli Isıtıcı Sigorta Grubu
84	Gözetleme Camı	**EK2**	Elektrikli Isıtıcı Reset Tuşu
88	Yoğuşturucu	**HR**	Isıtma Tesisatı Gidiş
94	Elektrik Bağlantı Kartı	**HV**	Isıtma Tesisatı Dönüş
95	Kumanda Paneli	**SA**	Toprak Altı Devresi Giriş
96	Emniyet Sigortaları	**SE**	Toprak Altı Devresi Çıkış
98	Aşırı Akım Rölesi	**MB1**	Resetli Kompresör Motor Koruma Rölesi
101	Kontrol Ünitesi	**P2**	Isıtma Devresi Pompası
102	Isıtma Devresi İçin Vanalı Filtre	**P3**	Toprak Altı Devresi Pompası
111	İzolasyon Ceketli Kompresör	**Rsp**	Boyler Dönüş
113	Elektrik Bağlantı Kartı	**Vsp**	Boyler Gidiş
114	Duyar Eleman Bağlantı Kartı	**VXV**	Üç Yollu Vana
116	Elektrik Panosu	**ZH**	Elektrikli Isıtıcı

Şekil 3.63. SİSTEM BİLEŞENLERİ



Şekil 3.64. SOĞUTUCU AKIŞKAN DEVRE ŞEMASI

d. Kumanda Paneli

- **Donanım**

– Metin gösterimli LCD ve menü ayar düğmeli mikroişlemcili kumanda paneli
– Son kullanıcı için iki alt menü
– Uzmanlar ve servis teknisyenleri için giriş kodu korumalı bir alt menü

- **Sistem konfigürasyonları**

Isı pompalarına çok yönlü bir kumanda paneli entegre edilmiştir. Kumanda paneli ile bir ısıtma sisteminin çeşitli bileşenleri kontrol edilebilmektedir. Aşağıda belirtilen sistem konfigürasyonlarının kontrolü mümkündür :

– Bir ısıtma devreli ısıtma sistemleri
– Bir ısıtma devresi olan ve kullanım suyu ısıtması sağlayan ısıtma sistemleri
– Bir üç yollu vanalı ve bir üç yollu vanasız ısıtma devresi olan ve kullanım suyu ısıtması sağlayan ısıtma devreleri (SV1 üç yollu vana, P3 ısıtma devresi pompası ve ÜYV'lı ısıtma devresi GT4 ısıtma gidiş sıcaklık duyar elemanlı ile birlikte)

- **Harici sıcaklık duyar elemanları**

Aşağıdaki harici sıcaklık duyar elemanları ısı pompasına bağlanabilmektedir:

– GT1 : Isıtma dönüş sıcaklık duyar elemanı (kullanımı gerekli)
– GT2 : Dış hava duyar elemanı (kullanımı gerekli)
– GT3X : Boyler sıcaklık duyar elemanı (kullanımı isteğe bağlı)
– GT4 : Üç yollu vanalı ısıtma devresi gidiş sıcaklık duyar elemanı (kullanımı isteğe bağlı)
– GT5 : İç ortam sıcaklık duyar elemanı (kullanımı isteğe bağlı)

- **Harici ısıtma devresi pompa kontrolü**

Harici bir ısıtma devresi pompası, üç yollu vanalı bir ısıtma devresinin ısıtma pompası olarak kullanılabilmektedir. Harici ısıtma pompası bir yerden ısıtma devresini besliyorsa, maksimum sıcaklık aşıldığında mekanik bir termostat tarafından durdurulmalıdır.

- **Isıtma devresi üç yollu vana kontrolü**

Üç yollu vanalı ısıtma devresi kontrolü için motorlu üç yollu vana bağlanabilmektedir.

- **Hata protokolü**

Kumanda panelinin bütün uyarı ikazları bir hata protokolü içinde hafızaya alınmaktadır. Bu ikazlar söz konusu arızanın giderilmesi veya röle deneyi esnasında dijital ekran üzerinden okunabilir. Böylece, ısı pompasının işletimi uzun bir zaman dilimi boyunca geriye dönük kontrol edilebilmekte ve arızaların muhtemel sebepleri zamansal ilişkileri ile birlikte daha iyi değerlendirilmektedir.

• **Otomatik restart özelliği**

Kumanda panelinin uyarı ikazı, emniyet bakımından önemli parçalarla ilgili değilse, ısı pompası uyarı nedeninin ortadan kalkması ile tekrar çalışmaya başlamaktadır. Böylece uygun olmayan ancak geçici işletim şartlarından dolayı ısıtma işletiminin kesintiye uğramaması sağlanmaktadır.

e. Isı Pompası Boyleri

• **Donanım**

– Emaye kaplı iç yüzey
– Korozyona karşı koruma anodu
– Folyo kaplı dış kılıf
– Çift sarımlı düz boru serpantin, Tv = 55°C'lik giriş suyu sıcaklığına uygun tasarım
– Isı pompalarına bağlantı için kablolu kovan tipi boyler sıcaklık duyar elemanı
– Termometre
– Sökülebilen boyler flanşı

• **Avantajları**

– WPS serisi toprak kaynaklı ısı pompaları ile uyumlu
– Yüksekliği ayarlanabilen ayaklar
– Etkin yalıtım

• **Teknik özellikleri** (*Tablo 3.65*)

Koruma anodunun değiştirilmesi :

– Tavanla cihaz arasındaki mesafe >400 mm olmalıdır.
– Değiştirmede metal bağlantılı bir zincir anot boylere monte edilmelidir.

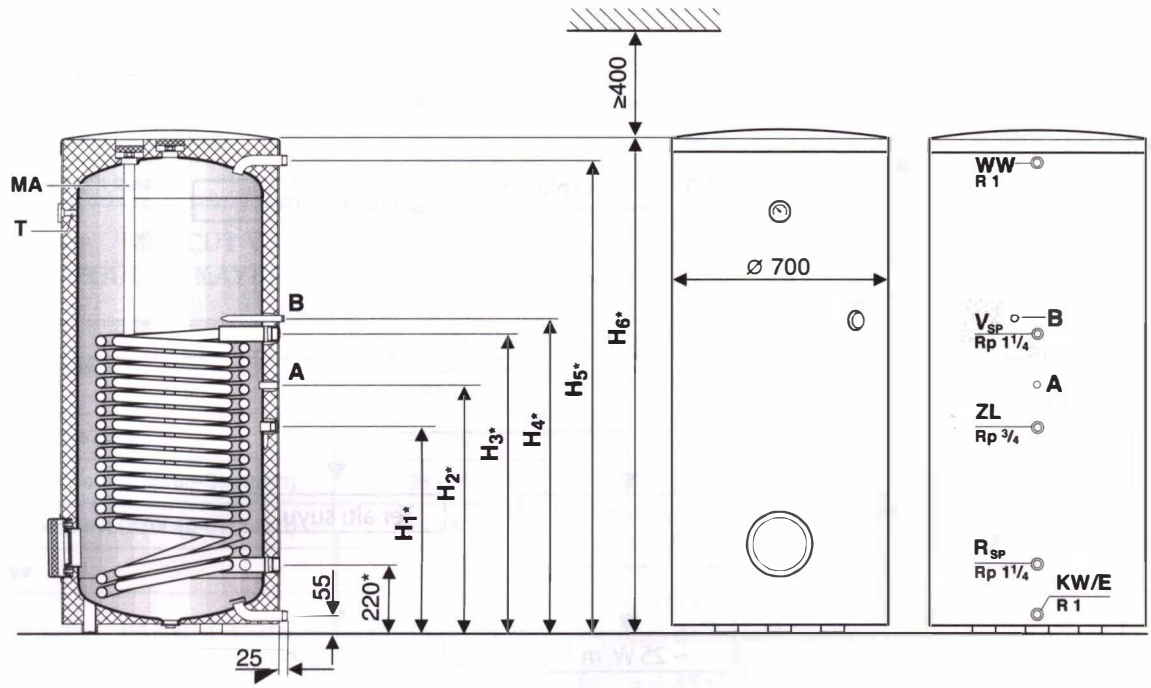
BOYLER TİPİ		**SW 450**
Isı Değiştirici		Isıtma Serpantini
Sarım Sayısı	-	2x21
Faydalı Su Hacim	l	433
Serpantin Suyu Hacmi	l	38,5
Serpantin Isıtma Yüzeyi	m²	5,6
En Yüksek Isıtma Yüzeyi Kapasitesi		
T_v = 55°C ve Tsp = 45°C'de	kW	23
En Yüksek Sürekli Kapasite		
T_v = 60°C ve Tsp = 45°C'de	l/h	551
Gerekli Serpantin Su Debisi	l/h	2.000
Kapasite Tanım Katsayısı 1)	NL	3,7
En Düşük Isınma Süresi, T_v = 60°C İle T_k=10°C'den T_{sp}=57°C'ye		
22 kW Boyler Besleme Kapasitesi	min.	78
DİĞER ÖZELLİKLER		
Hazır Tutma - Enerji Sarfiyatı (24s) DIN 4753 Bölüm 8' e göre 2)	kWh/gün	3
Kullanılabilir Sıcak Su Miktarı , T_{sp} = 57°C		
T_z = 45°C	l	454
T_z = 40°C	l	578
En Yüksek İşletme Basıncı, Kullanım Suyu Devresi	bar	10
En Yüksek İşletme Basıncı, Serpantin	bar	10
Boş Ağırlık (Ambalaj Hariç)	kg	180

1) NL kapasite tanım sayısı, 3,5 kişi, bir normal banyo küveti ve ayrıca iki tüketim yeri bulunan, ihtiyacı tam olarak karşılanan dairelerin sayısını vermektedir. NL, DIN 4708'e göre T_{sp} = 57°C, T_z = 45°C, T_k = 10°C ve 0/50 ısı pompası ısıtma kapasitesinde belirlenmiştir.
Serpantinde dolaşan su debisinin, serpantin giriş suyu sıcaklığının veya besleme kapasitesinin azalması durumunda NL tanım katsayısı da azalacaktır.

2) Boylerin dışındaki dağıtım kayıpları göz önüne alınmamıştır.

T_{sp} : Boyler sıcaklığı
T_v : Serpantin giriş suyu sıcaklığı
T_k : Şebeke suyu sıcaklığı
T_z : Kullanım suyu çıkış sıcaklığı

Tablo 3.65. ISI POMPASI BOYLERİ TEKNİK ÖZELLİKLER TABLOSU



E	Boşaltma
KW	Şebeke Suyu Giriş (R1 - Dış Dişli)
MA	Magnezyum Anot
R_{SP}	Boyler Dönüş (Rp 1 -1/4 - İç Dişli)
T	Termometre, Sıcaklık Göstergesi
V_{SP}	Boyler Gidiş (Rp 1 -1/4 - İç Dişli)
WW	Sıcak Kullanım Suyu Çıkışı (R1 - Dış Dişli)
ZL	Sirkülasyon Bağlantısı (Rp 3/4 - İç Dişli)
A	Standart Boyler Sıcaklık Duyar Eleman Kovanı
B	Farklı Amaçlar için Sıcaklık Duyar Eleman Kovanı

	H1	H2	H3	H4	H5	H6
SW 450	855	945	1.189	1.234	1.853	1.921

* Ölçüler, ayarlı ayakların en düşük seviyeli konumu için verilmiştir. Ayaklar en yüksek seviyeye ayarlanarak bu ölçüler en fazla 40 mm artar.

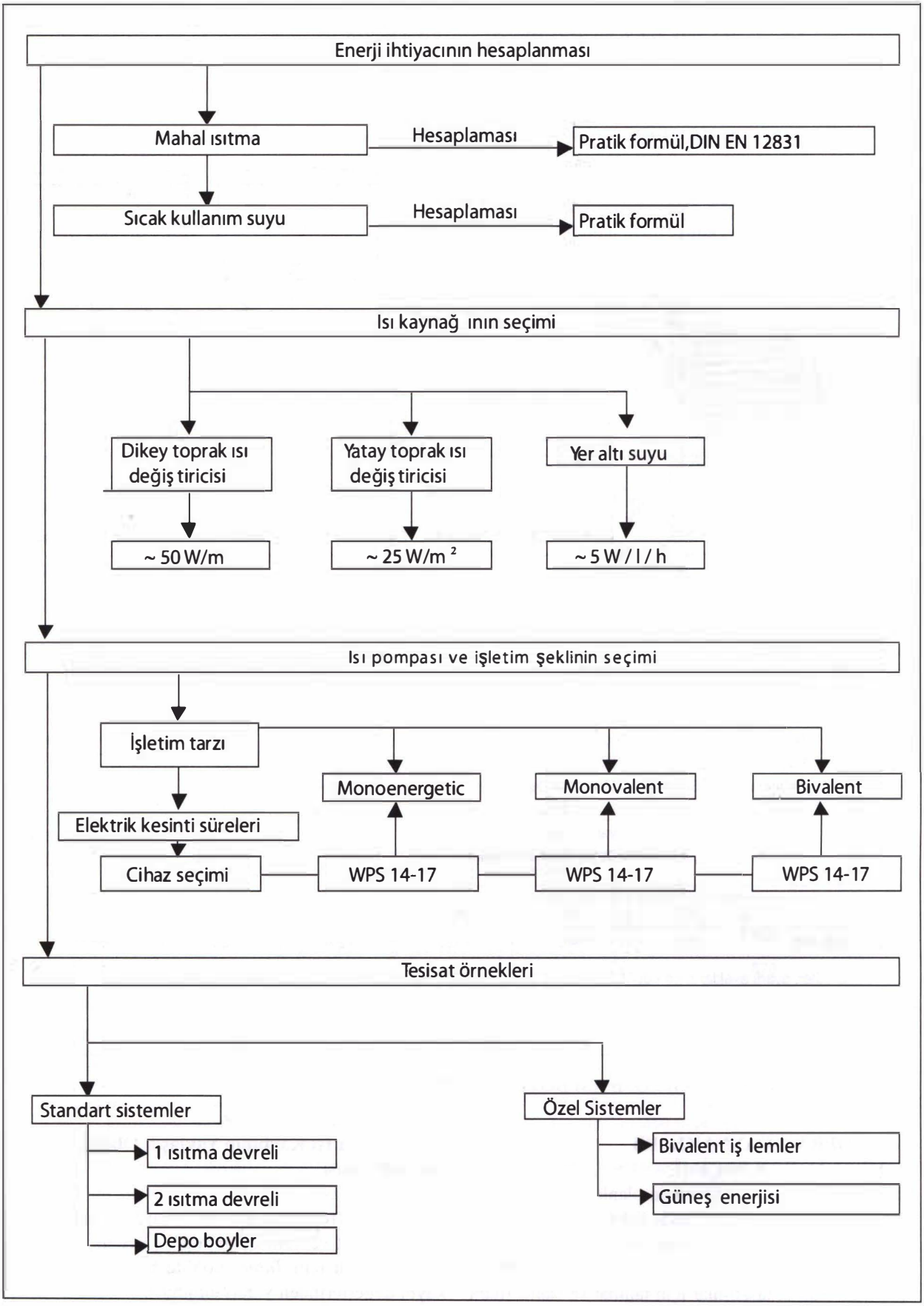
Şekil 3.66. ISI POMPASI BOYLERİ BOYUTLARI VE BAĞLANTI ÖLÇÜLERİ

3.4.3. TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPALARININ SEÇİMİ

Isı pompalı bir ısıtma sisteminin planlanması ve tasarlanması ile ilgili gerekli adımlar *Şekil 3.67*'de gösterilmiştir. Bu bölümde örnek olarak kullanılan bütün hesaplamalar, yaklaşık değerlere dayanıp, sadece fikir vermek amaçlıdır. Somut tasarımlar için talimat ve standartlara uygun şekilde itinalı hesaplamalar yapılmalıdır.

3.4.3.1 Bina Isı Kaybının Yaklaşık Olarak Hesaplanması

Gerçek ısı kaybı değerinin tespiti için mutlaka ilgili yönetmeliklere uygun detaylı hesaplamalar yapılmalıdır. Mevcut ve yeni binalarda ısı kaybının yaklaşık olarak tespiti için *Tablo 3.68*'de belirtilen özgül ısı kaybı değerlerinden yararlanılabilir.



Şekil 3.67. TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPASI SİSTEMİ TASARIM ADIMLARI

Bina Isı Yalıtımı	q, Özgül Isı Kaybı
	W/m²
Özel bir yalıtım uygulanmamış eski binalar	130 - 200
Normal yalıtımlı eski binalar	80 - 130
Normal yalıtımlı yeni binalar	50 - 80
İyi yalıtımlı yeni binalar	30 - 50

Tablo 3.68. MEVCUT VE YENİ BİNALARDA ÖZGÜL ISI KAYBI DEĞERLERİ

Bina Isı Yalıtımı	q, Özgül Isı Kaybı
	W/m²
EnEV 2002'ye göre	40 - 60
Düşük enerji evi (KfW 60-Standart)	25 - 40
Düşük enerji evi (KfW 40-Standart)	15 - 30
Pasif ev	10

Tablo 3.69. FARKLI AVRUPA NORMLARINA GÖRE ÖZGÜL ISI KAYBI DEĞERLERİ

Farkı Avrupa normlarında tanımlanan, çok iyi yalıtımlı binaların özgül ısı kaybı değerleri için ise *Tablo 3.69*'dan faydalanılabilir.

3.4.3.2 Sıcak Kullanım Suyu İçin İlave Kapasite

Isı pompası kullanım suyu ısıtması için de kullanılacaksa, gerekli ilave kapasite tasarımı da göz önüne alınmalıdır. Kullanım suyu ısıtması için gerekli olan ısı kapasitesi öncelikle sıcak kullanım suyu gereksinimine bağlıdır. Bu, evde bulunan kişi sayısı ve arzu edilen sıcak su konforuna göre belirlenir. Normal konutlarda 45°C sıcaklıkta kişi başına 30-60 litrelik bir sıcak su tüketimi kabul edilmektedir. Gerekli ilave ısıtma kapasitesi aşağıda gösterilen şekilde hesaplanır :

$Q_{ww} = V_w \times \rho_w \times c_w \times \Delta T_w$

Q_{ww} : kullanım suyu ısıtması ile ilgili kişi başına ısı kapasitesi [kW/kişi]

Sıcak Kullanım Suyu Gereksinimi	İlave Isıtma Kapasitesi
Kişi başına günlük (l)	kW/kişi
30	0,051
40	0,068
50	0,085
60	0,102
Not : TW = 45°C ve Δt = 35K'dir.	

Tablo 3.70. KULLANIM SUYU GEREKSİNİMİNE GÖRE İLAVE ISITMA KAPASİTESİ

V_w : hacimsel debi [l/(kişi×gün)]
ρ_w : suyun yoğunluğu [kg/m³]
c_w : suyun özgül kapasitesi [kJ/kg.K]
ΔT : sıcak kullanım suyu - şebeke suyu sıcaklık farkı [K]

ρ_w =1000 kg/m³ ; c_w = 4,19 kJ/kg.K ve birimlerin dönüşümü ile formül basitleştirerek şu şekli alır,

$Q_{ww} = 4{,}85 \times 10^{-5} \times V_w \times \Delta T_w$

Sayısal değerlerin yerine konması ile kişi başına Q_{ww} ısı miktarı, kişi ve gün başına sıcak kullanım suyu miktarına bağlı olarak hesaplanabilmektedir. Birkaç standart değer için sonuçlar *Tablo 3.70*'de özetlenmiştir.

3.4.3.3 Isı Kaynağının Seçimi

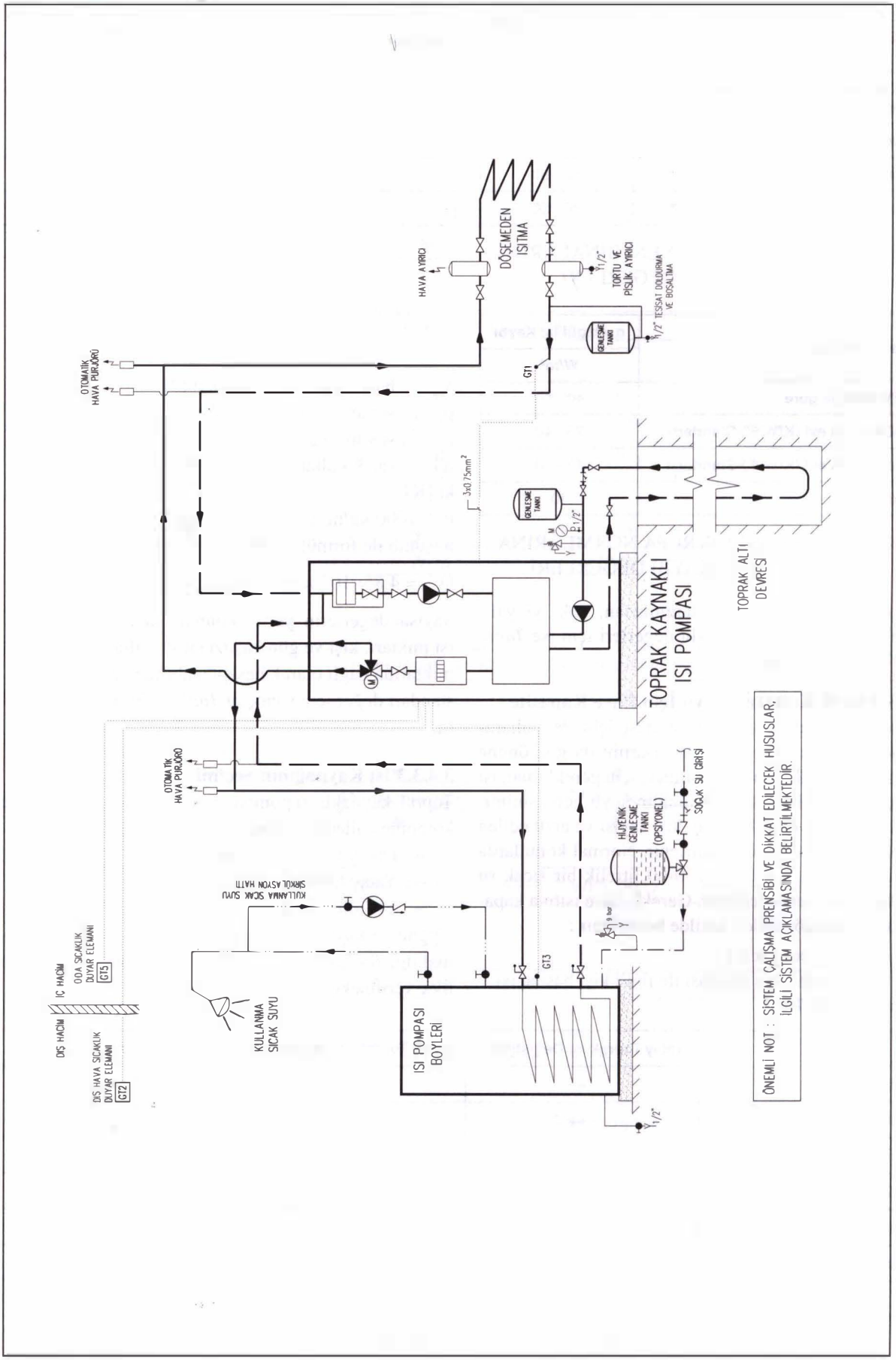
Toprak kaynaklı ısı pompaları üç değişik ısı kaynağı ile kombine edilebilmektedir:

- Dikey toprak ısı değiştiricili
- Yatay toprak ısı değiştiricili
- Yer altı suyu kaynaklı

Uygun ısı kaynağının seçimi yerel şartlara göre yapılmalıdır. *Tablo 3.71*'de farklı kriterlere bağlı seçim için fikir verilmektedir.

	Yatay Toprak Isı Değiştiricili	Dikey Toprak Isı Değiştiricili	Yer altı Suyu Kaynaklı
Yer ihtiyacı	+	+++	++
Verim	+++	+++	+++
Yatırım maliyeti	+++	+	++
İşletim maliyeti	+++	+++	++
Montaj	++	+++	++
Bakım	+++	+++	+
İzin	+++	++	+

Tablo 3.71. ISI KAYNAĞINA GÖRE SİSTEMLERİN KARŞILAŞTIRMASI



Şekil 3.72. TEK ISITMA DEVRELİ VE BOYLERLİ TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPASI SİSTEMİ TESİSAT ŞEMASI

3.4.3.4 Tesisat Örnekleri

Şekil 3.72.

TEK ISITMA DEVRELİ VE BOYLERLİ TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPASI SİSTEMİ TESİSAT ŞEMASI

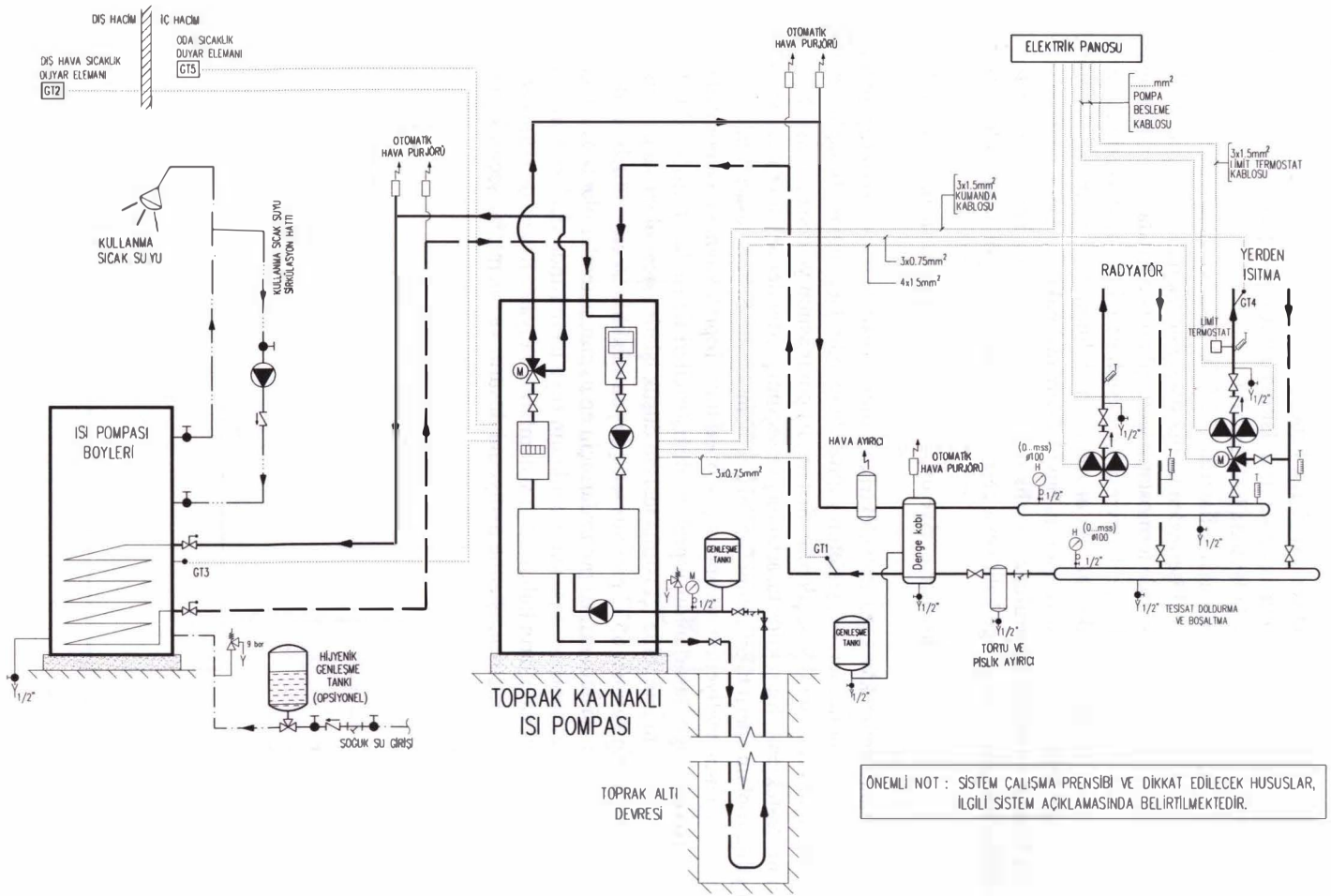
En temel toprak kaynaklı ısı pompası tesisat şeması olarak kabul edilebilir. Toprak kaynaklı ısı pompası bir adet kaynak devresi ve bir adet ısıtma devresi pompasına sahiptir. Isıtma devresi pompası ve boyler öncelikli üç yollu vana sayesinde, mevcut bir ısıtma tesisatına kolaylıkla bağlanabilir.

Toprak kaynaklı ısı pompası, genellikle müstakil villalarda, 70/55°C tasarım sıcaklıklarında işletilen radyatör veya 55/45°C tasarım sıcaklıkları ile işletilen döşemeden ısıtma sistemine, ek maliyetler getirmeden adapte edilebilmektedir. Bu tip uygulamalarda, radyatörlerde termostatik vana gibi oda bazında kontroller bulunmamaktadır. Isı pompasının sorunsuz işletimi için gerek toprak devresi, gerekse bina içi ısıtma devresinde kesintisiz ve sabit debi şartı bulunmaktadır. Bu amaçla özellikle her iki devrenin ilk dolumu, temizlenmesi, devrelerdeki havanın tahliyesi, en uygun şekilde devreye alınması ve işletimi büyük önem taşımaktadır. Devreye alma sonrasında, bina içi ısıtma devresinde konfor ve enerji tasarrufuna yönelik oda bazında bağımsız kontrol sistemleri uygulanacak ise, tesisat ilave sirkülasyon pompası, denge kabı veya gerektiğinde akümülasyon tankı eklenerek yeniden tasarlanmalıdır.

Isı pompası, dış hava sıcaklığına bağlı belirlenen eğriye uygun olarak çıkış suyu sıcaklığını ayarlamaktadır. Kullanım suyu işletimi önceliklidir.

Isı pompasına entegre üç kademeli 9 kW kapasiteli elektrikli ısıtıcı sayesinde ısı pompası seçiminde denge sıcaklığına bağlı olarak tek enerjili (monoenergetic) işletim yapılabilmektedir. Isı pompası, hesaplanan ısıtma ihtiyacının yaklaşık %80'ini karşılayacak şekilde seçilebilir. Sistem, ısı pompasının yetersiz kaldığı dış hava koşullarında, elektrikli ısıtıcı ile desteklenir. Bu şekilde tasarlanmış ve seçilmiş sistemlerde, elektrikli ısıtıcının yıllık enerji tüketimi sistemin yıllık toplam enerji tüketiminin %5'ini geçmemektedir. Sistem tasarımında, denge sıcaklığının belirlenmesi, yatırım ve işletme maliyetleri açısından çok önemlidir. Toprak kaynaklı ısı pompalarının en verimli şekilde işletilebilmesi ancak doğru tasarlanmış toprak ısı değiştiricileri ile sağlanabilmektedir. Tüm ısı pompası uygulamalarında en yüksek verim için, bina içi ısıtma tesisatı düşük işletim sıcaklıklarına göre tasarlanmış olmalıdır. Her ne kadar bazı ısı pompalarında 65°C gibi yüksek çıkış su sıcaklıkları elde edilebilse de, özellikle döşemeden ısıtma gibi düşük sıcaklık sistemleri, ısı pompaları için en uygun sistemler olarak kabul edilmektedir.

Yüksek çıkış suyu sıcaklığı ile çalışabilme, kısa süreli kullanım suyu ısıtmasında sıcak su konforu için önemlidir. LPG/mazot gibi yüksek maliyetli yakıtların kullanıldığı sistemlerde, radyatör ilavesi de mümkün değilse, yüksek sıcaklık çalışması, düşük verimine rağmen, işletme maliyetini düşürür ve önemli bir seçim kriteridir.



Şekil 3.73. MAHAL BAZINDA BAĞIMSIZ KONTROL YAPILAMAYAN, FARKLI SICAKLIKLAR İLE ÇALIŞAN İKİ ISITMA DEVRELİ TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPASI SİSTEMİ TESİSAT ŞEMASI

Şekil 3.73.

MAHAL BAZINDA BAĞIMSIZ KONTROL YAPILAMAYAN, FARKLI SICAKLIKLAR İLE ÇALIŞAN İKİ ISITMA DEVRELİ TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPASI SİSTEMİ TESİSAT ŞEMASI

Farklı sıcaklıklar ile çalışan ısıtma devrelerinin olduğu tesisatlarda gereksinim, bu tip bir sistemle karşılanabilmektedir. Toprak kaynaklı ısı pompası kontrol ünitesi ile iki farklı tasarım sıcaklığına sahip radyatör ve yerden ısıtma gibi devreler kontrol edilebilmektedir.

Bu sistemin getirdiği avantaj, düşük ve yüksek tasarım sıcaklıklarına sahip farklı ısıtma devreleri ile farklı konfor beklentilerine eş zamanlı karşılık verebilmektir. Ancak sistemde sürekli daha yüksek tesisat su sıcaklıklarına ihtiyaç olacağından, sistem verimliliği olumsuz yönde etkilenecektir.

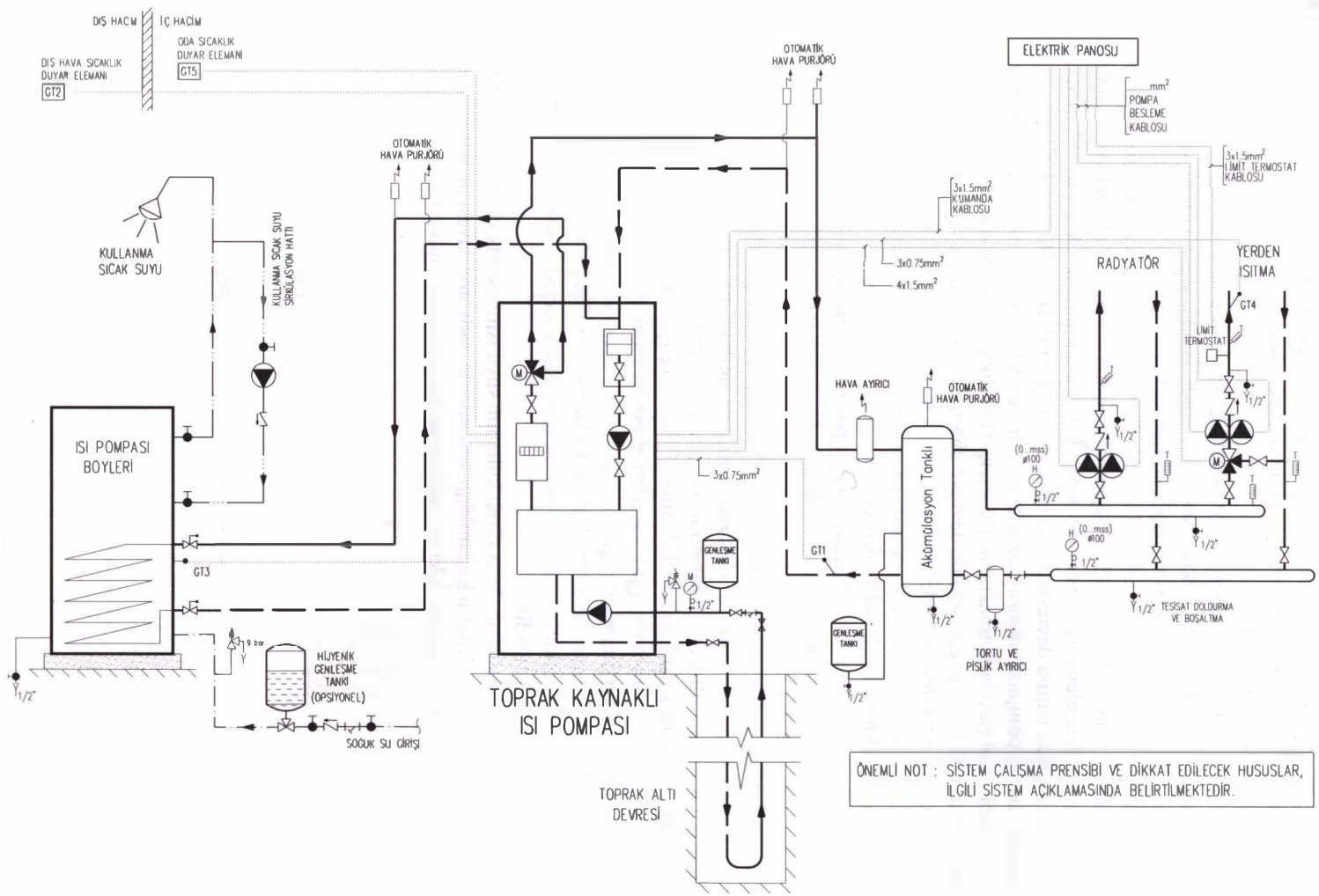
Toprak kaynaklı ısı pompası, genellikle müstakil villalarda, 70/55 °C tasarım sıcaklıklarında işletilen radyatör ve 55/45 °C tasarım sıcaklıkları ile birlikte işletilen döşemeden ısıtma sistemine, ek maliyetler getirmeden adapte edilebilmektedir. Hidrolik dengeleme için sistemde denge kabı kullanılmıştır. Örnek uygulamada, radyatörlerde termostatik vana, döşemeden ısıtma devresinde ise termostat bağlantılı iki yollu vanalar gibi oda bazında kontroller bulunmamaktadır. Isı pompasının sorunsuz işletimi için gerek toprak devresi, gerekse bina içi ısıtma devresinde kesintisiz ve sabit debi şartı bulunmaktadır. Bu amaçla özellikle her iki devrenin ilk dolumu, temizlenmesi, devrelerdeki havanın tahliyesi, en uygun şekilde devreye alınması ve işletimi büyük önem taşımaktadır. Devreye alma sonrasında, bina içi ısıtma devrelerinde konfor ve enerji tasarrufuna yönelik oda bazında bağımsız kontrol sistemleri uygulanacak ise tesisat, akümülasyon tankı eklenerek yeniden tasarlanmalıdır.

Isı pompası, dış hava sıcaklığına bağlı belirlenen eğriye uygun olarak her iki devrenin çıkış suyu sıcaklığını ayarlamaktadır. Kullanım suyu işletimi önceliklidir. Isı pompasına entegre üç kademeli 9 kW kapasiteli elektrikli ısıtıcı sayesinde ısı pompası seçiminde denge sıcaklığına bağlı olarak tek enerjili (monoenergetic) işletim yapılabilmektedir.

Isı pompası, hesaplanan ısıtma ihtiyacının yaklaşık %80'ini karşılayacak şekilde seçilebilir. Sistem, ısı pompasının yetersiz kaldığı dış hava koşullarında, elektrikli ısıtıcı ile desteklenir. Bu şekilde tasarlanmış ve seçilmiş sistemlerde, elektrikli ısıtıcının yıllık enerji tüketimi sistemin yıllık toplam enerji tüketiminin %5'ini geçmemektedir. Sistem tasarımında, denge sıcaklığının belirlenmesi, yatırım ve işletme maliyetleri açısından çok önemlidir.

Toprak kaynaklı ısı pompalarının en verimli şekilde işletilebilmesi ancak doğru tasarlanmış toprak ısı değiştiricileri ile sağlanabilmektedir. Tüm ısı pompası uygulamalarında en yüksek verim için, bina içi ısıtma tesisatı düşük işletim sıcaklıklarına göre tasarlanmış olmalıdır. Her ne kadar bazı ısı pompalarında 65°C gibi yüksek çıkış su sıcaklıkları elde edilebilse de, özellikle döşemeden ısıtma gibi düşük sıcaklık sistemleri, ısı pompaları için en uygun sistemler olarak kabul edilmektedir.

Yüksek çıkış suyu sıcaklığı ile çalışabilme, kısa süreli kullanım suyu ısıtmasında sıcak su konforu için önemlidir. LPG/mazot gibi yüksek maliyetli yakıtların kullanıldığı sistemlerde, radyatör ilavesi de mümkün değilse, yüksek sıcaklık çalışması, düşük verimine rağmen, işletme maliyetini düşürür ve önemli bir seçim kriteridir.



Şekil 3.74. MAHAL BAZINDA BAĞIMSIZ KONTROL YAPILAN, FARKLI SICAKLIKLAR İLE ÇALIŞAN İKİ ISITMA DEVRELİ TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPASI SİSTEMİ TESİSAT ŞEMASI

Şekil 3.74.

MAHAL BAZINDA BAĞIMSIZ KONTROL YAPILAN, FARKLI SICAKLIKLAR İLE ÇALIŞAN İKİ ISITMA DEVRELİ TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPASI SİSTEMİ TESİSAT ŞEMASI

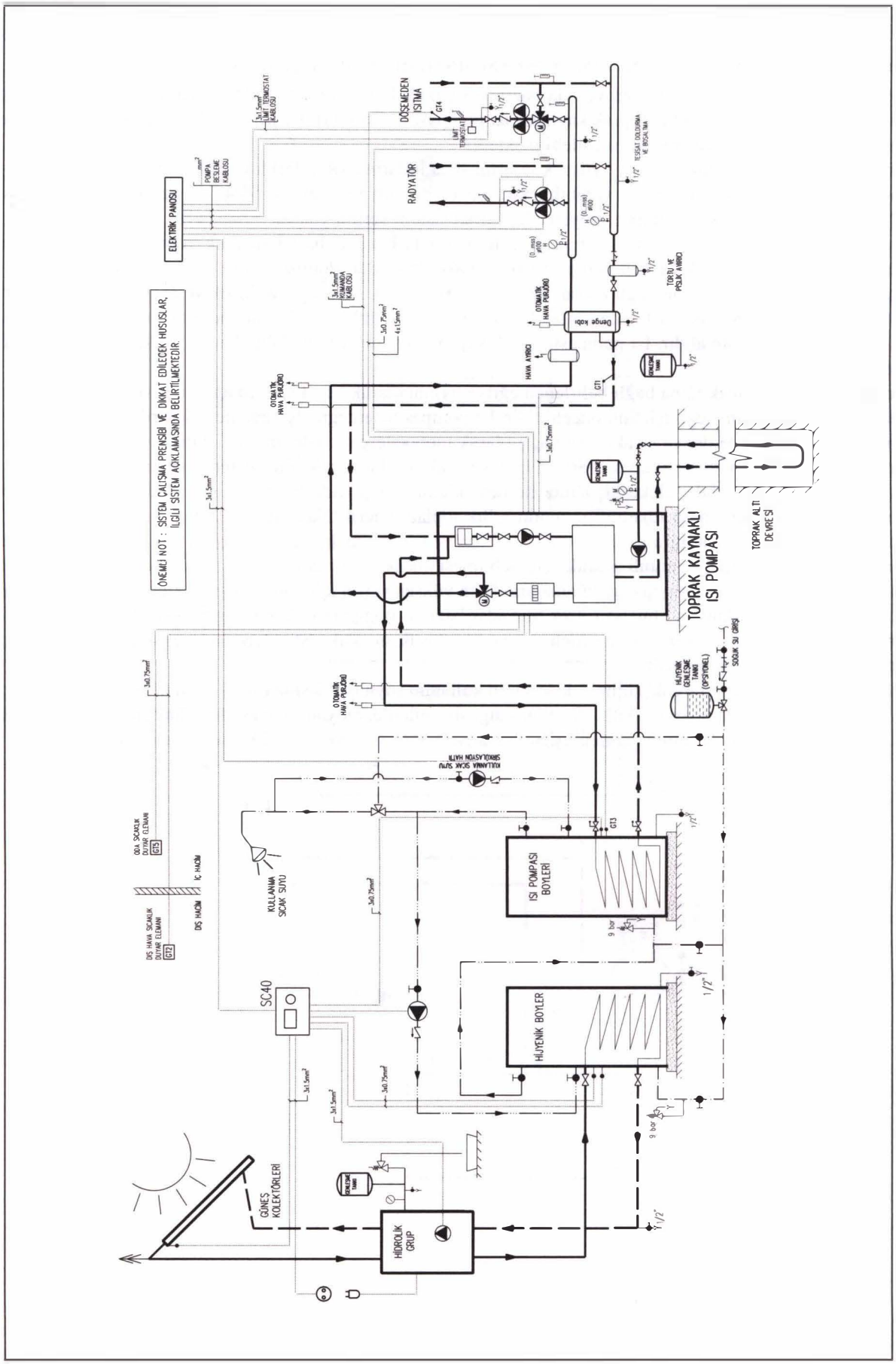
Birden fazla ısıtma devresinin olduğu ve oda bazında sıcaklık kontrolü yapılan tesisatlarda gereksinim bu tip bir sistemle karşılanabilmektedir. Toprak kaynaklı ısı pompası ile iki farklı tasarım sıcaklığına sahip radyatör ve döşemeden ısıtma gibi devreler kontrol edilebilmektedir.

Bu sistemin getirdiği avantaj, düşük ve yüksek tasarım sıcaklıklarına sahip farklı ısıtma devreleri ile farklı konfor beklentilerine eş zamanlı karşılık verebilmektir. Sistemde radyatör devresi 55/45°C, yerden ısıtma devresi 40/30°C tasarım sıcaklıklarına sahiptir. Böylece her şartta sistem verimi yüksek olmaktadır.

Uygulamada, radyatörlerde ve yerden ısıtma devrelerinde oda bazında harici sıcaklık kontrolü bulunmaktadır ve bu nedenle devrelerde sirkülasyon pompaları frekans kontrollüdür. Pompa seçimi ve sistem tasarımı bağımsız kontrol edilen devre adedine bağlı olarak ve pompaların sağlayabileceği en düşük ve en yüksek su debileri dikkate alınarak yapılmalıdır. Sistemde kullanılan akümülasyon tankı, gerekli su hacmini sağlamalıdır ve çok iyi ısı yalıtımına sahip olmalıdır. Isı pompasının şalt sayısını azaltmak için akümülasyon tankı kullanımı tercih edilmiştir.

Isı pompası, dış hava sıcaklığına bağlı belirlenen eğriye uygun olarak her iki devre için çıkış suyu sıcaklıklarını ayarlamaktadır. Kullanım suyu işletimi önceliklidir. Isı pompasına entegre üç kademeli elektrikli ısıtıcı sayesinde ısı pompası seçiminde denge sıcaklığına bağlı olarak monoenergetic işletim yapılabilmektedir. Isı pompası, hesaplanan ısıtma ihtiyacının yaklaşık %80'ini karşılayacak şekilde seçilebilir. Sistem, ısı pompasının yetersiz kaldığı dış hava koşullarında, elektrikli ısıtıcı ile desteklenir. Bu şekilde tasarlanmış ve seçilmiş sistemlerde, elektrikli ısıtıcının yıllık enerji tüketimi sistemin yıllık toplam enerji tüketiminin %5'ini geçmemektedir. Sistem tasarımında, denge sıcaklığının belirlenmesi, yatırım ve işletme maliyetleri açısından çok önemlidir. Toprak kaynaklı ısı pompalarının en verimli şekilde işletilebilmesi ancak doğru tasarlanmış toprak ısı değiştiricileri ile sağlanabilmektedir. Tüm ısı pompası uygulamalarında en yüksek verim için, bina içi ısıtma tesisatı düşük işletim sıcaklıklarına göre tasarlanmış olmalıdır. Her ne kadar bazı ısı pompalarında 65°C gibi yüksek çıkış su sıcaklıkları elde edilebilse de, özellikle döşemeden ısıtma gibi düşük sıcaklık sistemleri, ısı pompaları için en uygun sistemler olarak kabul edilmektedir.

Yüksek çıkış suyu sıcaklığı ile çalışabilme, kısa süreli kullanım suyu ısıtmasında sıcak su konforu için önemlidir. LPG/mazot gibi yüksek maliyetli yakıtların kullanıldığı sistemlerde, radyatör ilavesi de mümkün değilse, yüksek sıcaklık çalışması, düşük verimine rağmen, işletme maliyetini düşürür ve önemli bir seçim kriteridir.



Şekil 3.75. GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ (KULLANIM SICAK SUYU), İKİ BOYLERLİ TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPASI SİSTEMİ TESİSAT ŞEMASI

Şekil 3.75.

GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ (KULLANIM SICAK SUYU), İKİ BOYLERLİ TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPASI SİSTEMİ TESİSAT ŞEMASI

Güneş enerjisi ile kullanım suyunun ısıtıldığı ve toprak kaynaklı ısı pompası ile desteklendiği ısıtma sistemleri bu şekilde tasarlanabilir. Güneş enerjisi ile ön ısıtmaya tabi tutulan kullanım suyu güneş enerjisinin yetersiz olduğu durumlarda ısı pompası boylerinde ısıtılmaktadır. Yıllık sıcak kullanım suyu ihtiyacının %70-80'ini karşılayacak şekilde tasarlanmış bir güneş enerjisi sistemi ile toprak kaynaklı ısı pompasının birlikte kullanımı, primer enerji tüketimi önemli ölçüde azaltarak sistem performansını olumlu yönde etkileyecektir. Ortalama yıllık COP'si 4 olan bir ısı pompasının, kullanım suyu için güneş enerjisi ile desteklenmesi durumunda, binanın toplam ısıtma enerjisi ihtiyacının %75-80'inin çevre enerjisinden sağlanabilmesi mümkün olacaktır.

Sistemde iki adet kullanım suyu boyleri bulunmaktadır. Şebeke suyu, önce güneş enerjisi boylerinde ısıtılmakta, ardından ısı pompası boylerine girmektedir. Kullanılan transfer pompası sayesinde, güneş enerjisi boylerinin daha yüksek sıcaklıklara eriştiği durumlarda ısı pompasına ihtiyaç kalmadan her iki boylerin güneş enerjisi ile ısıtılması mümkün olacaktır. Bu transfer pompasının kontrolü güneş enerjisi kumanda panelindedir.

Toprak kaynaklı ısı pompası ile iki farklı tasarım sıcaklığına sahip radyatör ve döşemeden ısıtma devreleri kontrol edilmektedir. Bu uygulamada avantaj, düşük ve yüksek tasarım sıcaklıklarına sahip farklı ısıtma devreleri ile farklı konfor beklentilerine eş zamanlı karşılık verebilmektir. Radyatörlerde ve yerden ısıtma devrelerinde oda bazında sıcaklık kontrolü yapılmamaktadır.

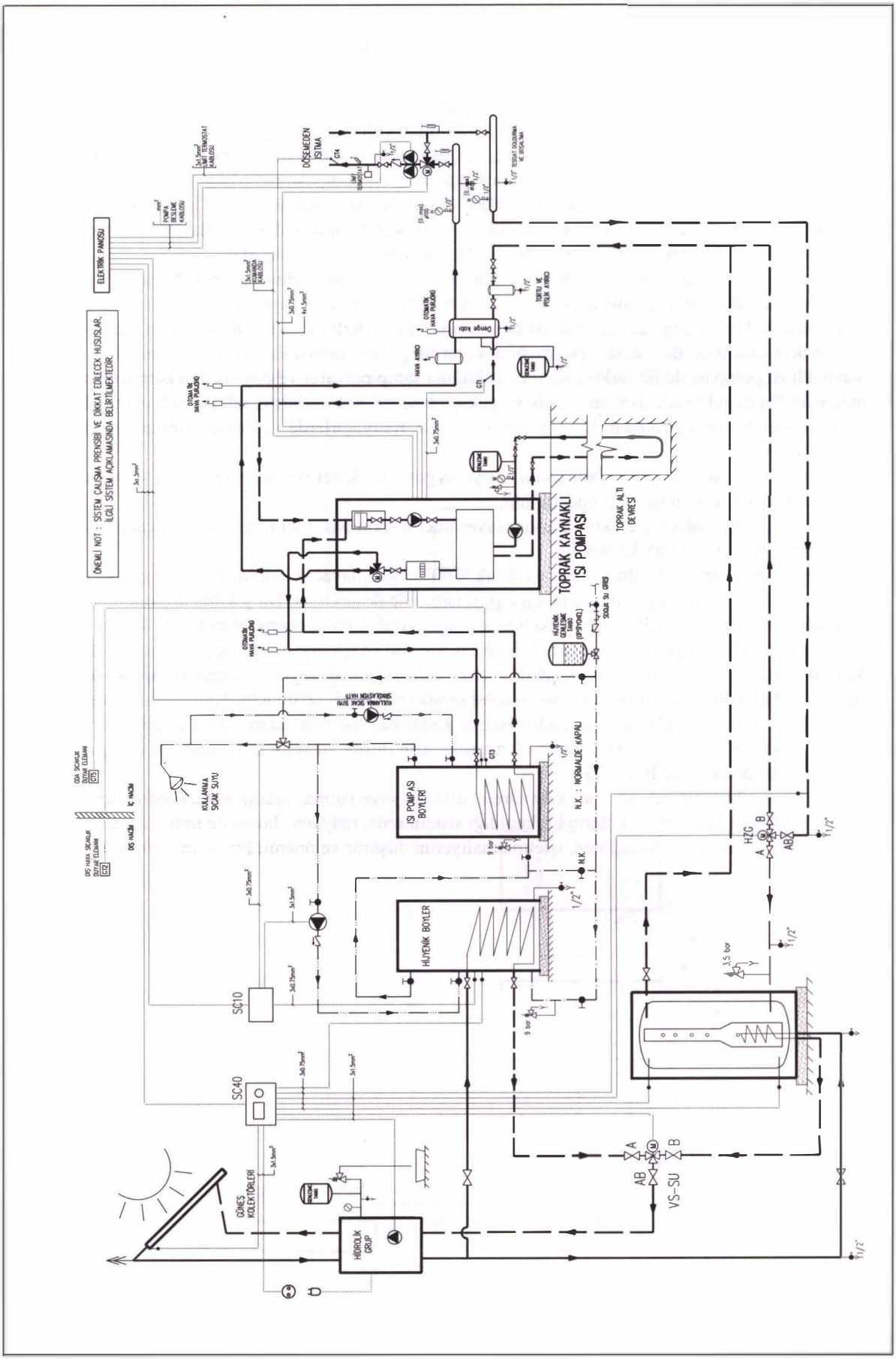
Isı pompası, dış hava sıcaklığına bağlı belirlenen eğriye uygun olarak her iki devre için çıkış suyu sıcaklıklarını ayarlamaktadır. Kullanım suyu işletimi önceliklidir.

Isı pompasına entegre üç kademeli elektrikli ısıtıcı sayesinde, ısı pompası seçiminde denge sıcaklığına bağlı olarak monoenergetic işletim yapılabilmektedir.

Isı pompasının, hesaplanan ısıtma ihtiyacının yaklaşık %80'ini karşılayacak şekilde seçilebilir. Sistem, ısı pompasının yetersiz kaldığı dış hava koşullarında, elektrikli ısıtıcı ile desteklenir. Bu şekilde tasarlanmış ve seçilmiş sistemlerde, elektrikli ısıtıcının yıllık enerji tüketimi sistemin yıllık toplam enerji tüketiminin %5'ini geçmemektedir. Sistem tasarımında, denge sıcaklığının belirlenmesi, yatırım ve işletme maliyetleri açısından çok önemlidir.

Toprak kaynaklı ısı pompalarının en verimli şekilde işletilebilmesi ancak doğru tasarlanmış toprak ısı değiştiricileri ile sağlanabilmektedir. Tüm ısı pompası uygulamalarında en yüksek verim için, bina içi ısıtma tesisatı düşük işletim sıcaklıklarına göre tasarlanmış olmalıdır. Her ne kadar bazı ısı pompalarında 65°C gibi yüksek çıkış su sıcaklıkları elde edilebilse de, özellikle döşemeden ısıtma gibi düşük sıcaklık sistemleri, ısı pompaları için en uygun sistemler olarak kabul edilmektedir.

Yüksek çıkış suyu sıcaklığı ile çalışabilme, kısa süreli kullanım suyu ısıtmasında sıcak su konforu için önemlidir. LPG/mazot gibi yüksek maliyetli yakıtların kullanıldığı sistemlerde, radyatör ilavesi de mümkün değilse, yüksek sıcaklık çalışması, düşük verimine rağmen, işletme maliyetini düşürür ve önemli bir seçim kriteridir.



Şekil 3.76. GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ (ISITMA VE KULLANIM SICAK SUYU) TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPASI SİSTEMİ TESİSAT ŞEMASI

Şekil 3.76.

GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ (ISITMA VE KULLANIM SICAK SUYU) TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPASI SİSTEMİ TESİSAT ŞEMASI

Güneş enerjisi ile kullanım suyu ısıtması ve ısıtma desteği yapılan, toprak kaynaklı ısı pompası sistemleri bu şekilde tasarlanabilir. Güneş enerjisi ile ön ısıtmaya tabi tutulan kullanım suyu güneş enerjisinin yetersiz olduğu durumlarda ısı pompası boylerinde ısıtılmaktadır. Isıtma desteği öngörülerek tasarlanmış olan güneş enerjisi sistemi sıcak su ihtiyacını çok büyük ölçüde karşılayacağı için yüksek sıcak su tüketimlerinde sistemde çok yüksek konfor sağlanabilecektir. Güneş enerjisinden en verimli şekilde ısıtma desteği sağlamak için ısıtma sistemi tasarım sıcaklıkları mümkün olduğunca düşük tutulmalıdır. Sistem, döşemeden ısıtma ile tasarlanmıştır. Böylece hem güneş enerjisinden, hem de ısı pompasından en yüksek verimle enerji eldesi mümkün olmaktadır. Döşemeden ısıtma devresindeki basınç kaybına bağlı olarak sistemde ilave sirkülasyon pompası ve denge kabı kullanılmıştır. Döşemeden ısıtma devrelerinde oda bazında sıcaklık kontrolü yapılmamaktadır.

Sistemde iki adet kullanım suyu boyleri bulunmaktadır. Şebeke suyu, önce güneş enerjisi boylerinde ısıtılmakta, ardından ısı pompası boylerine girmektedir. Kullanılan transfer pompası sayesinde, güneş enerjisi boylerinin daha yüksek sıcaklıklara eriştiği durumlarda ısı pompasına ihtiyaç kalmadan her iki boylerin güneş enerjisi ile ısıtılması mümkün olacaktır. Bu transfer pompasının kontrolü güneş enerjisi kumanda panelindedir.

Isı pompası, dış hava sıcaklığına bağlı belirlenen eğriye uygun olarak döşemeden ısıtma çıkış suyu sıcaklığını ayarlamaktadır. Kullanım suyu işletimi önceliklidir.

Yıllık toplam ısıtma enerjisi ihtiyacının %15-20'sini karşılayacak şekilde tasarlanmış bir güneş enerjisi sistemi ile toprak kaynaklı ısı pompasının birlikte kullanımı, primer enerji tüketimini büyük oranda azaltacak ve sistem performansını olumlu yönde etkileyecektir. Yıllık COP'si 4 olan bir ısı pompasının, kullanım suyu ve ısıtma desteği için güneş enerjisi ile desteklenmesi durumunda, binanın ısıtma için gerek duyacağı toplam enerji miktarının %80-85'inin çevre enerjisinden sağlanabilmesi mümkün olacaktır.

Isı pompasına entegre üç kademeli elektrikli ısıtıcı sayesinde, ısı pompası seçiminde denge sıcaklığına bağlı olarak monoenergetic işletim yapılabilmektedir. Isı pompası, hesaplanan ısıtma ihtiyacının yaklaşık %80'ini karşılayacak şekilde seçilebilir. Sistem, ısı pompasının yetersiz kaldığı dış hava koşullarında, elektrikli ısıtıcı ile desteklenir. Bu şekilde tasarlanmış ve seçilmiş sistemlerde, elektrikli ısıtıcının yıllık enerji tüketimi sistemin yıllık toplam enerji tüketiminin %5'ini geçmemektedir. Sistem tasarımında, denge sıcaklığının belirlenmesi, yatırım ve işletme maliyetleri açısından çok önemlidir. Toprak kaynaklı ısı pompalarının en verimli şekilde işletilebilmesi ancak doğru tasarlanmış toprak ısı değiştiricileri ile sağlanabilmektedir. Tüm ısı pompası uygulamalarında en yüksek verim için, bina içi ısıtma tesisatı düşük işletim sıcaklıklarına göre tasarlanmış olmalıdır. Her ne kadar bazı ısı pompalarında 65°C gibi yüksek çıkış su sıcaklıkları elde edilebilse de, özellikle döşemeden ısıtma gibi düşük sıcaklık sistemleri, ısı pompaları için en uygun sistemler olarak kabul edilmektedir.

Yüksek çıkış suyu sıcaklığı ile çalışabilme, kısa süreli kullanım suyu ısıtmasında sıcak su konforu için önemlidir. LPG/mazot gibi yüksek maliyetli yakıtların kullanıldığı sistemlerde, radyatör ilavesi de mümkün değilse, yüksek sıcaklık çalışması, düşük verimine rağmen, işletme maliyetini düşürür ve önemli bir seçim kriteridir.

3.4.4. TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPALARININ ÇEVRESEL İNCELEMESİ

Toprak kaynaklı ısı pompaları, Kuzey Amerika ve Avrupa'da çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Günümüz ısı pompası teknolojileri ile yoğuşmalı kazanlara kıyasla % 20-35, sıvı yakıtlı kazanlara kıyasla % 30-45 primer enerji tasarrufu sağlanabilmektedir. Bununla birlikte, gaz ve sıvı yakıtlı ısıtma kazanlarından farklı olarak, ısı pompalarında elektrik enerjisi kullanılmasından dolayı bölgesel olarak kirletici emisyonlar oluşmaz. Elektrik üretimi esnasında enerji santrallerinde oluşan emisyonlar ise çoğu modern enerji santralinde yüksek maliyetli atık gaz temizleme sistemlerinde filtrelenir. Böylece, küresel ölçekte ve çok nüfuslu yerleşim alanlarında emisyonların azaltılmasında önemli katkı sağlanır.

Toprak kaynaklı ısı pompaları için kaynak olarak kullanılan yer altı, ısıtma ve soğutma için termal depo olarak da kullanılabilir. Güneş ve jeotermal gibi yenilenebilir kaynaklardan sağlanan enerji veya çeşitli atık ısılar, kullanılamadığı dönemlerde depolanıp daha sonra kullanılabilir. Aynı durum soğutma uygulamaları için depolanabilen çevresel soğuk için de geçerlidir. Destek ve depo boyler sistemlerinden bölgesel ısıtma veya endüstriyel proseslerde faydalanmak da mümkündür. Yer altı, özellikle yüksek miktarda sıcak veya soğuk termal enerji depolamanın uzun zaman periyotlarında yapılması için uygundur.

Kitabımızın bu bölümünde, VDI 4640 kılavuzu temel alınarak yer altı ısı kaynaklarının kullanımına yönelik temel kavramlar ve çevresel konular incelenecektir. Amaç, doğru sistem tasarımı, uygun malzeme seçimi, sondaj, montaj ile değişik sistem entegrasyonlarının yapılabilmesi ve yer altının termal kullanımı için yapılacak çalışmaların doğru yürütülmesine yardımcı olmaktır. Bu yolla ekonomik ve teknik anlamda en uygun sistemler, uzun süreli işletimlerde dahi kesintisiz ve çevreye negatif etki yaratmadan çalışan sistemlerdir

Formüllerde kullanılan sembol ve indisler

α Isıl yayılma

ε Performans katsayısı (COP)

βa Yıllık performans faktörü (SPF)

ζ Sorpsiyon veya yanmalı motor tahrikli ısı pompaları COP'si

ζa Sorpsiyon yıllık performans faktörü veya yanmalı motor tahrikli ısı pompaları

λ Isıl iletkenlik W/(m.K)

ρ Yoğunluk kg/m^3

cp Sabit basınçta özgül ısı kapasitesi kJ/(kg.K)

ρ.cp Hacimle ilişkili özgül ısı kapasitesi kJ/(m^3.K)

T Sıcaklık K

3.4.4.1. Tanımlar

Akifer, yer altı suyu ile dolu yer katmanları veya kayaçlar olarak tanımlanır. Hidrolik iletkenliğinden dolayı absorbe etme, depolama veya yer altı suyu geçişi için uygundur.

Toprak altı yatay ısı değiştiricileri, yatay veya yeryüzünün ilk 5 metrelik katmanında eğimli olarak döşenen boru devresidir.

Toprak altı dikey ısı değiştiricileri, yeraltında dikey veya eğik döşenen boru devreleridir.

Jeotermal enerji, dünya yüzeyinin altında ısı olarak depolanan enerjidir.

Denge katmanı, yeraltında sıcaklığı yılda 0,1 K den fazla değişmeyen yüzeye yakın yer katmanıdır. Genellikle 10-20 m arası derinliktedir.

Yer altı, dünya yüzeyinin altındaki tüm materyaller için kullanılır. Bu terim toprak ve kayalardaki mineraller, gözenek dolgusu (gaz ve likit) ve organik maddeleri (örneğin kökler) içerir.

Çevre enerjisi (ısısı), havada, yüzey sularında (nehirler, göller, denizler vb) ve dünya yüzeyinin üstündeki diğer doğal maddelerde depolanan enerjidir.

3.4.4.2. Yer Altı Isı Rejimi

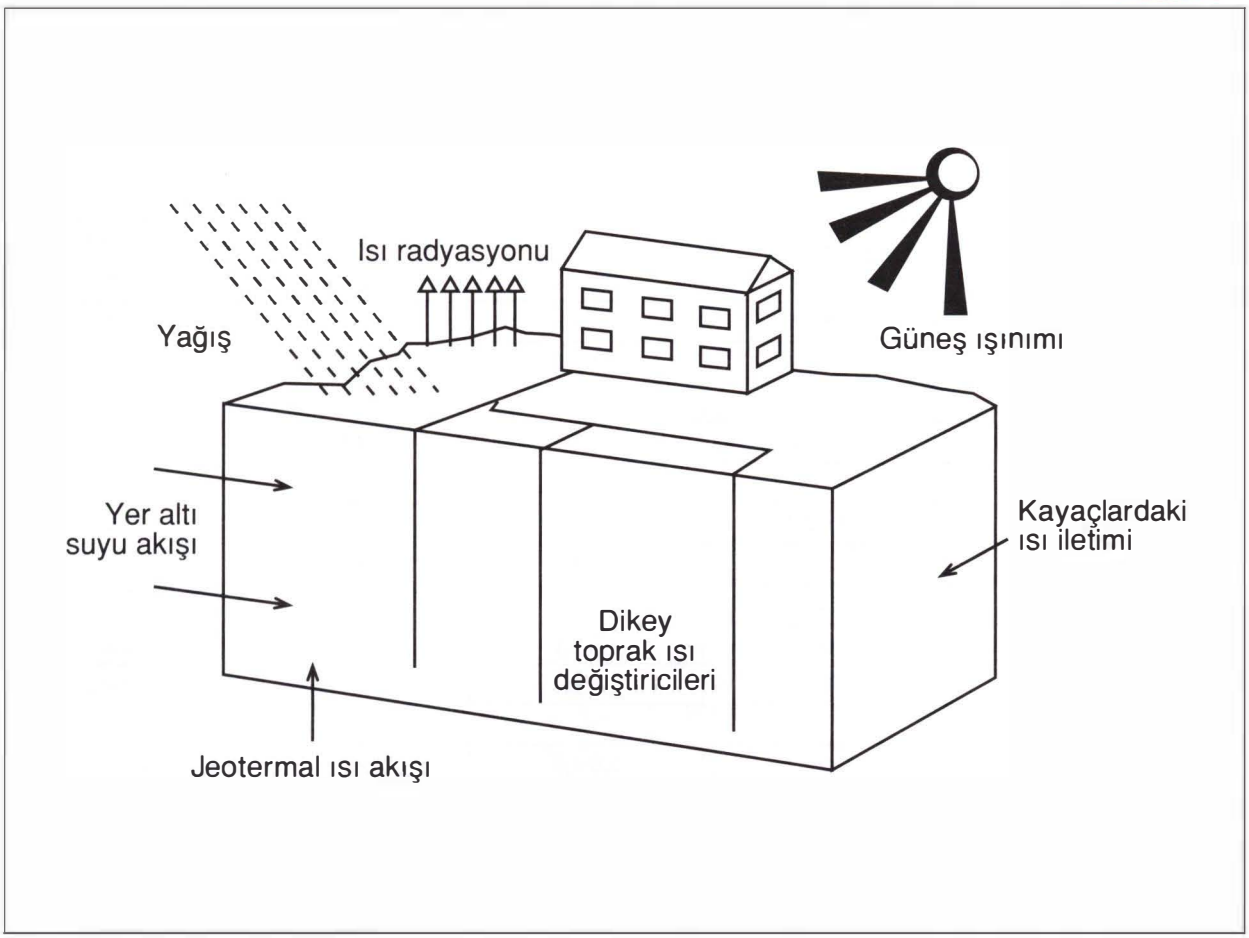
Dünyanın ortalama yıllık yüzey sıcaklığı 13°C'dir ve güneşin radyasyon enerjisi, jeotermal ısı akışı ve bu faktörlerin değişkenleri arasındaki denge tarafından belirlenir (*Şekil 3.77*). Yerküre içinden gelen ısı akısının, çok küçük olması nedeniyle (1.000 W/m^2 güneş radyasyonuna kıyasla 0,05–0,12 W/m^2), dünya yüzeyindeki enerji dengesindeki payı oldukça düşüktür. Isı atılması veya ısı çekişiyle doğal şartlar bozulduğunda eksik veya fazla ısı tekrar dengelenmelidir. Yer atındaki iletim ve taşınım ile ısı transferi (yeraltında radyasyon göz ardı edilmelidir) tüm uygun kaynaklardan gerçekleşebilmektedir.

Toprak kaynaklı ısı pompası uygulamalarında, gereken ısının, toprak altı yatay ısı değiştiricilerine veya kaynak kuyusuna kolay ulaşabilmesi veya uzaktan beslenebilmesi için toprağın yüksek ısı iletim kapasitesine sahip olması istenir.

Termal enerji depolamasında, yüksek ısı iletim katsayısı, aynı zamanda depolanan sıcak veya soğuğun daha fazla kaybı anlamına gelir.

Isı iletim kabiliyeti, kararlı halde ısı iletim katsayısı λ (W/(m.K) ile, değişken halde ise ısı yayılım katsayısı α (m^2/s) ile ifade edilebilir. Özgül ısı kapasitesi, (ρ.cp) termal enerjinin (kJ//m^3.K) depolanması için belirleyicidir. Kayaç oranıyla birlikte akışkan oranı da dikkate alınmalıdır. Belirtilen parametreler için örnekler *Tablo 3.78*'de verilmiştir. Kayaçların ısıl iletkenliği farklı yönlerde (anizotropik) farklılık gösterebilir.

Hidrolik iletkenlikte, yeraltının yekpare veya parçalanmış kayaç olup olmamasına bağlı olarak, gözenek ve çatlak yapıları, dolayısı ile geçirgenlikler arasında



Şekil 3.77. YERALTINDA YÜZEYE YAKIN TERMAL REJİM

farklılık oluşur. Hidrolik iletkenlik, yer altı suyunu ileten kesitlere bağlı olduğundan, parçalanmış kayanın hidrolik iletkenliği özellikle boşluk (çatlaklar, yarıklar ve hasarlar) boyutu ve yayılımı, çatlakların açılma genişliği ve sıklığı ile belirlenir. Yekpare kayaçların geçirgenliği için kılavuz değerler *Tablo 3.79*'da verilmiştir. Parçalanmış kayaçların su geçirgenliğinde farklılıklar söz konusudur ve çoğunlukla çatlakların düzensiz bulunmasından kaynaklanır. Bu heterojen yapı, özellikle parçalanmış kayaçlarda görülür ancak detaylı incelemelerin ardından termal amaçlar için kullanılabilir.

Yeraltının ısıl dengesine jeotermal ısı akısının katkısı, derinliğe bağlı olarak büyük ölçüde değişir (*Şekil 3.77*). Pratikte, yalnız toprak kaynaklı ısı pompası uygulamalarında faydalanılabilecek 10-20 m derinliğindeki denge katmanına kadar olan yüzeye yakın uygulamalarda, yer altının ısı fazlasını veya eksiğini dengelemek için gerekli enerji, yalnızca güneş ışınımı ve yeryüzünden süzülen su akışından sağlanır ve jeotermal ısı akısı etkisi göz ardı edilebilecek seviyededir. 20-100 m arası derinliklerde ise jeotermal ısı akısının katkısı büyüktür. Daha derin uygulamalarda (100 m'den derin) temel enerji kaynağı, jeotermal ısı akısıdır.

3.4.4.3 Sistem Tasarımı İçin Prensipler

Yer altının termal kullanımı için sistem tasarımında, iki durum ayrı ayrı incelenmelidir.

- Kısa süreli etki (sistemin maks. kapasitede işletimi)
- Uzun süreli etki (sistemin orta kapasitede uzun süreli işletimi)

Her iki durumda, sistem tarafından belirlenen sıcaklık limitleri (örn; ısı pompası minimum buharlaşma sıcaklığı) ve yer altı tarafından belirlenen sıcaklık limitleri dikkate alınmalıdır.

Yeraltından çekilen veya yeraltına aktarılan ısı ve bina veya prosesin ısıtma-soğutma ihtiyacı ile ilgili detaylı çalışma yapılması önemlidir. Isı pompası, ısıtma işletiminde etkinlik katsayısı (COP) 4,0 olan bir ısı pompası için 3 kW'lık enerji evaporatörde yeraltından, 1 kW'lık elektrik enerjisi ise ısı pompası kompresörü için şebekeden çekilir. Bunun karşılığında kondenserden 4 kW'lık ısıtma enerjisi elde edilir. Aynı şekilde diğer ısı pompası sistemlerinde de benzer durum geçerlidir.

Yatay toprak ısı değiştiricili ısı pompalarında, ısı değiştiricinin küçük boyutlandırılmasının, tam kapasiteli işletimde bitkilerin büyümesine bölgesel ve sınırlı etkileri olabilir (soğuk hava periyodunun uzaması durumunda). Genelde, küçük boyutlandırma düşük ısı kaynağı

Kayaç Tipi	Yoğunluk, ρ	Isı İletim Katsayısı, λ		Hacimsel Özgül Isı Kapasitesi, ρ.cp
	10^3kg/m^3	W/(m.K)		MJ/(m^3.K)
			Tipik Karakteristik Değerler	
Magmatik kayaçlar				
Bazalt	2,6-3,2	1,3-2,3	1,7	2,3-2,6
Diorit	2,9-3,0	2,0-2,9	2,6	2,9
Gabro	2,8-3,1	1,7-2,5	1,9	2,6
Granit	2,4-3,0	2,1-4,1	3,4	2,1-3,0
Peridotit	3,0	3,8-5,3	4,0	2,7
Rayolit	~ 2,6	3,1-3,4	3,3	2,1
Metamorfik kayaçlar				
Gnays	2,4-2,7	1,9-4,0	2,9	1,8-2,4
Mermer	2,5-2,8	1,3-3,1	2,1	2,0
Metakuvarsit	~ 2,7	~5,8	5,8	2,1
Mikaşist	~2,6	1,5-3,1	2,0	2,2
Killi şist	2,7	1,5-2,6	2,1	2,2-2,5
Sedimental kayaçlar				
Kireçtaşı	2,6-2,7	2,5-4,0	2,8	2,1-2,4
Marn	2,5-2,6	1,5-3,5	2,1	2,2-2,3
Kuvarsit	~2,7	3,6-6,6	6,0	2,1-2,2
Kaya tuzu	2,1-2,2	5,3-6,4	5,4	1,2
Kumtaşı	2,2-2,7	1,3-5,1	2,3	1,6-2,8
Antrasit	-	0,3-0,6	0,3	1,3-1,8
Grovak	2,5-2,6	1,1-3,5	2,2	2,1-2,4
Parçalanmış kayaçlar				
Çakıl, kuru	2,7-2,8	0,4-0,5	0,4	1,4-1,6
Çakıl, doymuş	~2,7	~1,8	1,8	~2,4
Moren (Buzultaşı)	-	1,0-2,5	2,0	1,5-2,5
Kum, kuru	2,6-2,7	0,3-0,8	0,4	1,3-1,6
Kum, doymuş	2,6-2,7	1,7-5,0	2,4	2,2-2,9
Kil/çamur, kuru	-	0,4-1,0	0,5	1,5-1,6
Kum/çamur, doymuş	-	0,9-2,3	1,7	1,6-3,4
Turba	-	0,2-0,7	0,4	0,5-3,8
Diğer maddeler				
Bentonit	-	0,5-0,8	0,6	~3,9
Beton	~2,0	0,9-2,0	1,6	~1,8
Buz (-10 °C)	0,919	2,32		1,87
Plastik (PE)	-	0,39		-
Hava (0-20 °C, kuru)	0,0012	0,02		0,0012
Çelik	7,8	60,0		3,12
Su (+10 °C)	0,999	0,59		4,15

Tablo 3.78. YER ALTI BİLEŞENLERİNİN 20°C'DE ISIL İLETKENLİĞİ VE HACİMSEL ÖZGÜL KAPASİTESİ

Parçalanmış Kayaçlar	Geçirgenlik, kf m/s	Geçirgenlik Değeri
Saf çakıl	$>10^{-2}$	Çok güçlü geçirgen
Kumul çakıl, orta/kaba kum	10^{-4} - 10^{-2} arası	Çok geçirgen
İnce kum, çamursu kum	10^{-6} - 10^{-4} arası	Geçirgen
Çamur, killi çamur	10^{-8} - 10^{-6} arası	Zayıf geçirgen
Kil, çamurlu kil	$<10^{-8}$	Çok zayıf geçirgen

Tablo 3.79. PARÇALANMIŞ KAYAÇLARIN GEÇİRGENLİK KILAVUZ DEĞERLERİ (DIN 18 130-1)

sıcaklıklarına ve böylece daha düşük yıllık performans katsayısına neden olur. Bazı durumlarda, ısı kaynağı sıcaklıkları, ısı pompasının en düşük işletim sıcaklık limitlerine ulaşabilir.

Dikey toprak ısı değiştiricili ısı pompaları için ısı değiştiricinin küçük boyutlandırılması, tam yükte işletimde kısa süreli düşük kaynak sıcaklıklarına neden olabileceği gibi, en düşük işletim sıcaklık limitine kadar düşmesi ile de sonuçlanabilir. Ayrıca, yer altının termal yenilenmesi yetersiz ise, küçük boyutlandırma sebebiyle, uzun vadede ısı kaynağı sıcaklıklarının kalıcı olarak düşmesi söz konusudur.

Yer altının ısıl depolama için kullanımında, hatalı boyutlandırma, ısıtma veya soğutma periyodunun bitişinden önce yetersiz ısıtma ve soğutmaya neden olabilir. Bu nedenle, yedek sistemler devreye girmek zorunda kalır veya gerekli ısıl depolama kapasitesine erişilemez.

a. Yer Altı Suyu İle İlgili Genel Şartlar

Yer altının termal kullanımı ile enerji elde edilen sistemlerin tasarım, uygulama ve işletiminde, su ile ilgili yürürlükte olan tüm yerel ve ulusal yönetmelik ve esaslara uyulmalıdır.Ayrıca, yer altının termal kullanımında, yer altı suyunun çekilmesi ve tekrar geri atılması için ilgi tüm yönetmelik ve düzenlemelere uyulmalıdır.

- Yer altı su kaynakları dikkatli kullanılmalıdır.
- Suya zararlı maddeler, yer altı suyuna karıştırılmamalıdır.
- İçme suyu koruma bölgelerinde, içme suyu çıkartma sistemlerine ait depolama alanları ve kaplıca suyu kaynakları vb koruma bölgelerinde, yer altı suyunun termal kullanımına genellikle izin verilmez.
- İçme suyunun sağlandığı alanlar, diğer kullanımların üstünde sınırsız önceliğe sahiptir. Bu prensip, yerleşim bölgelerindeki evsel kuyulardan sağlanan su ile beslenen ve koruma alanı bulunmayan yerlerde de uygulanır.
- Termal kullanım için yüzeye yakın ve serbest su kaynakları öncelikli olarak kullanılmalıdır, daha derinlerdeki yer altı suyunun kullanılmasıyla ilgili tüm düzenlemeler dikkate alınmalıdır.
- Yer altı suları, soğutma amaçlı kaynak olarak, ancak yeterli yüzey suyu veya yüzeye yakın yer altı suyu kaynağı bulunamıyorsa kullanılmalıdır.
- Kaynak olarak kullanılan yer altı suyu, farklı bir noktadan akifere geri atılmalıdır.
- Yer altı suyunun kirlenerek içeriğinin zararlı hale gelmesi veya olumsuz yönde değişmesi engellenmelidir.
- Sistem kurulumlarında, sızıntı veya kaza halinde insana ve çevreye zarar verebilecek maddeler içermeyen malzemeler kullanılmalıdır.
- Yüksek su debileri ve su kaynağı gereksinimi olan büyük sistemlerde (>150 kW ısı çekilmesi veya ısı atılması) kaynağın debi, sıcaklık gibi değerleri ölçülmeli ve tasarım bu değerlere uygun yapılmalıdır.

b. Derin Katmanda Bulunan Yer Altı Sularının Kullanımında Genel Şartlar

İkincil veya daha derin katmanlardan elde edilen yer altı sularının kullanımında çok dikkatli olunması gerekmektedir.

- Isıtılan veya soğutulan yer altı suyunun kullanılan akifere geri atılması, mutlaka ikinci bir kuyu ile sağlanmalıdır.
- Çok sayıda yatay yer altı suyu katmanının geçilmesi gerekiyor ise, zeminin doğal sızdırmazlık özelliğine eşdeğer su sızdırmazlığı sağlanmalıdır. Kirletici parçacıkların taşınması ve farklı yer altı sularının birbirine karışması önlenmelidir.
- Akiferdeki doğal su basıncı ve mevcut şartlar, ısıtılan veya soğutulan suyun tekrar gönderilmesi ile korunmalıdır.
- Yer altı suyunun, derin yer altı su katmanlarından çekilmesi ve tekrar geri atılması belirli bir yer altı suyu katmanına kadar sınırlandırılmalıdır.

3.4.4.4 Yatay Ve Dikey Toprak Isı Değiştiricili Isı Pompası Sistemleri İle İlgili Genel Şartlar

- Yer altı suyu, planlanan toprak altı ısı değiştiricisi derinliğinde olduğunda, ancak bağımsız su katmanı mevcut ise uygulama yapılmalıdır. Doğrudan buharlaşmalı toprak altı ısı değiştiricileri (boru devresinde doğrudan soğutucu akışkanın dolaştığı özel uygulamalarda) ise herhangi bir kaçak durumunda, soğutucu akışkanın yer altı suyuna karışması riskinden dolayı, en üst yer altı suyu katman seviyesinin tamamen üzerinde bulunmalıdır.
- Kapalı devredeki ısı taşıyıcı akışkan, standartlarda tanımlanan özelliklere uygun olmalıdır. (Bölüm 3.4.4.9)
- Sondaj işlemi esnasında yer altı kaynakları kirletilmemelidir.
- Derin yer altı suyu kaynaklarının bulunduğu durumlarda, mutlaka yerel ve ulusal yönetmeliklere uygun hareket edilmesi gerekir.

- Yer altı suyunun özellik değişimi sadece sıcaklık değişimi olmalıdır.
- Derin katmanlardaki suyun kimyasal özelliği, yüksek katmanlardabulunan su ile temas var ise veya farklı özelliklerdeki katmanlarda bulunan su ile karışıyorsa değişir.
- Yüksek verimli derin katmanlarda, içme suyu olarak çıkarmaya uygun yer altı suyu rezervleri, genellikle içme suyu için kullanılırlar. Dikey toprak ısı değiştiricilerinin, bu tür korunması gereken rezervlere montajına genellikle izin verilmemektedir.

3.4.4.5 Isı Pompaları Emniyet Ekipmanları

Isıtma amacı ile kullanılan ısı pompaları, dahili emniyet ekipmanları ile korunur (yüksek, düşük basınç presostatları gibi). Hava ile temas etmesi halinde yanabilir forma geçen akışkan ile çalışan ısı pompalarında, özellikle tesisat odası için özel emniyet önlemleri uygulanır. Sistem, kaynak devresinde veya ısıtma devresinde olası yüksek basınç ve sıcaklıklara karşı kontrol ve emniyet altında olmalıdır. Isı pompaları emniyet ekipmanları için DIN 8901 referans alınmalıdır.

3.4.4.6 Saha Değerlendirmesi

Yerleşim, yer altının ısıl kaynak olarak kullanımı için sistemin tasarım ve planlanmasında belirleyici önem taşır. Yer üstü yerleşimin yanı sıra yer altı jeolojik şartlar da önemli rol oynar. İçme suyu ve termal su koruma alanları gibi belirleyici unsurlar yerleşim alanının belirlenmesinde göz önünde bulundurulmalıdır.

3.4.4.7 Yerleşim Şartları

Sistemin büyüklüğü, erişilebilirliği, binalar, bitki örtüsü gibi etkenler dikkate alınmalıdır. Yer altında ise toprak ısı değiştiricileri montajı, kablolama, drenaj gibi unsurlar dikkate alınmalıdır.

Jeolojik yapı ve bölgenin yer altı suyu şartları, yer altının termal kullanımı için belirleyicilik teşkil eder. Farklı yöntemlerin kullanımı (örneğin dikey, yatay, toprak ısı değiştiricileri) farklı sistem tasarımlarını gerektirmektedir. Jeolojik çalışmalar, projelendirme aşamasında dikkate alınmalı ve mümkün olduğunca ekonomik yürütülmelidir.

a. 30 Kw Isıtma Kapasitesine Kadar Küçük Ölçekli Sistemler

Küçük ölçekli uygulamalarda, tasarım ve planlama çoğunlukla kabuller ve tahminlere göre yapılır. Detaylı jeolojik ve hidrojeolojik yer altı değerlendirmesi veya jeofiziksel ölçümler gerekirse ,yetkili ve tecrübeli sondaj ve araştırma firmalarına başvurulmalıdır. Türkiye'de yeraltı özelliklerini tespit etmek ve toprağın ısıl direncini belirleyebilmek amacıyla Çukurova Üniversitesi'nde bulunan bir araç ile ölçüm yapılabilmektedir.

Jeoloji ile ilgili çalışmalar yapan kurumların, jeolojik haritaları genellikle 1:25.000 ölçeklidir. Özellikle kentlerde, jeolojik haritaların yanı sıra jeoloji mühendislerinin araştırma raporları ve hidrojeolojik haritalardan da faydalanılabilir. Bu haritalarda, çoğunlukla derin kuyu profilleri de bulunmaktadır. Jeoloji mühendisleri odası, MTA ve benzeri meslek odaları veya kurumlardan bu haritalar ve gerekli bilgiler tedarik edilebilir. Varolan yer altı su kaynaklarının tespiti için pompa testi ile ölçüm yapılmalıdır. Böylece kaynak olarak değerlendirilebilecek su debisi tespit edilir.

b. Büyük Sistemler İçin Gerekli Ek Araştırmalar

Özellikle büyük projelerde, mevcut literatürün ve haritaların yanı sıra yakınlardaki sondaj, kuyu ve çatlaklardan alınan jeolojik bilgiler de kullanılabilir. Açılan kuyularda akiferlerin hidrolik özellikleri, kuyu testleri ve akış ölçümleri kullanılarak belirlenebilir. Jeofiziksel araştırmalar yalnız kuyulardan değil yeryüzünden de yürütülebilir. Jeoelektrik yöntemler (direnç ölçümleri, öz potansiyel ölçümleri) ve elektromanyetik ölçümler, mevcut kuyular arasındaki bazı katmanların yerinin belirlenmesinde kullanılır.

3.4.4.8 Toprak Kaynaklı Isı Pompalarının Çevresel Etkileri

Toprak kaynaklı ısı pompalarının kullanımında ve yaygınlaşmasında temel etken, sıvı veya gaz yakıtlı klasik ısıtma sistemlerine kıyasla olumsuz çevresel etkilerin büyük ölçüde azaltılmasıdır. Ayrıca, elektrikli ısı pompaları, ülkelerin sıvı veya gaz yakıtlar gibi ithal edilen fosil enerji kaynaklarına bağımlılığını azaltır.

a. Primer Enerji Gereksinimi ve CO_2 Emisyonları

Farklı ısıtma teknolojilerinin enerji tüketim ve emisyonları karşılaştırılırken, primer enerji girişinden faydalı ısı enerjisi üretimine kadar tüm proses dikkate alınmalıdır. *Şekil 3.80*'deki enerji akış diyagramlarında gösterildiği gibi, klasik ısıtma sistemlerine kıyasla ısı pompası, bedelsiz çevre ısısını kullanarak primer enerji tasarrufuna önemli katkı sağlar.

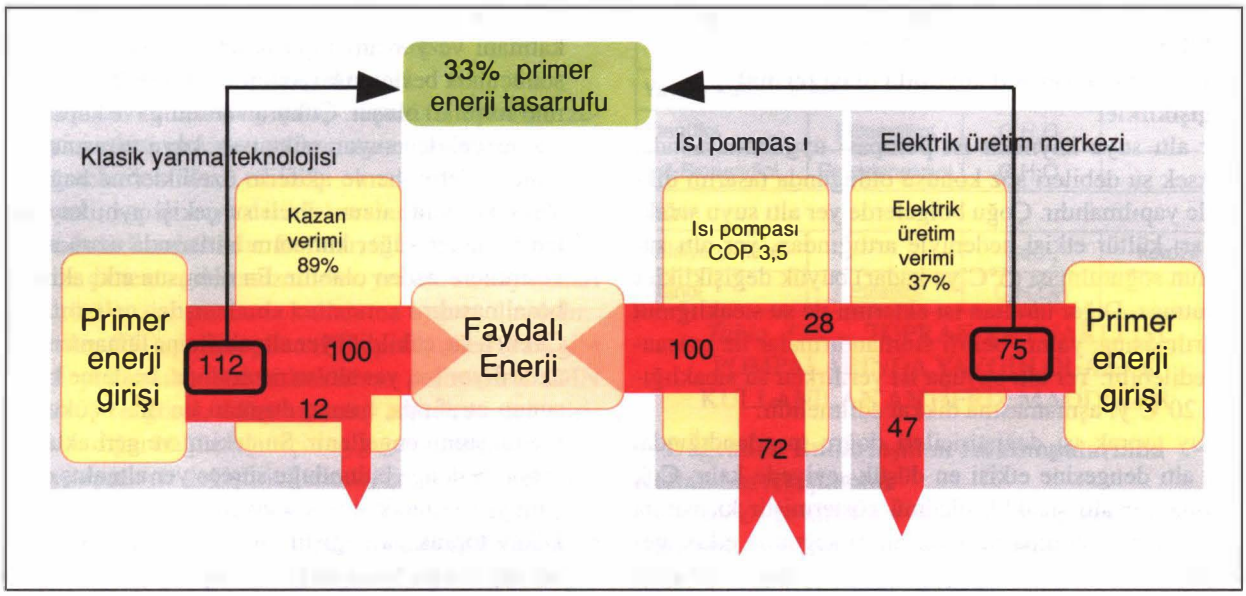
Günümüz ısı pompası teknolojisi sayesinde, ısıtmada sıvı yakıtlı kazanlara oranla %30-45, yoğuşmalı gaz yakıtlı kazanlara oranla % 20-35 enerji tasarrufu sağlamak mümkündür.

Isı pompaları, mahal ve su ısıtması için fosil yakıt kullanımının azaltılması ile CO_2 emisyonlarının azaltılmasına da önemli katkı sağlarlar.

Böylece, bugünün teknolojisinde ısı pompaları ile, sıvı yakıtlara oranla % 45-55, gaz yakıtlı yoğuşmalı kazanlara oranla % 15-30 daha az CO_2 emisyonunu sağlamak mümkündür.

Isı pompaları kullanımı ile elde edilen bu olumlu sonuçların yanı sıra iki önemli faktör ısı pompalarının yararına geliştirilmeye devam edilmektedir:

- Kazan teknolojisinin tersine ısı pompaları, hala primer enerji tasarrufu ve CO_2 salınımı anlamında büyük bir gelişme potansiyeline sahiptir.



Şekil 3.80. KLASİK ISITMA TEKNOLOJİLERİ VE ISI POMPASI ENERJİ AKIŞ DİYAGRAMI

• Elektrik üretiminde devam eden verimlilik artışı ve elektrik üretiminin toplam dünya tüketimi içerisinde artan oranı, mevcut ve gelecekteki ısı pompalarına sağlanacak en büyük faydadır.

b. Isı Pompalarında Isı Transferini Sağlayan Akışkanların Çevreye Olan Etkileri

Isı pompasının sera gazı salınımına etkisi değerlendirilirken TEWI konsepti kullanılabilir. TEWI değeri, (Toplam Eşdeğer Isıtma Etkisi) kaçaklar, servis (doğrudan) ve enerji tüketimi (dolaylı) değerlerini içerir, işletme ömrü ve ısı pompası işletimi süresince salınan CO_2 gazına eşdeğer sera gazı toplamını verir. TEWI değerlendirmelerinin, monovalent elektrikli ısı pompası ve klasik kazanlar için sonuçları, ısı pompası kullanımıyla sera etkisinin belirgin derecede azaldığını göstermektedir.

Isı pompası teknolojisinde CFC'den klorsuz HFC soğutucu akışkana geçiş (*Tablo 3.81*) sera etkisine doğrudan etkiyi azaltır. Doğal soğutucu akışkan (örneğin propan, CO_2) kullanımı ve ısı pompalarının hermetikleştirilmesi ile bu etkiyi çok daha fazla azaltmak mümkündür. Isı pompaları, yüksek enerji ve yıllık performans faktörlerinin elde edilmesiyle sera etkisinin azaltılmasında önemli bir potansiyel sunar. Arıza durumunda soğutucu akışkan kaçakları ile çevreye olan zararlı etkiler, bugün kullanılan soğutucu akışkanlarla geçmişe nazaran önemsiz boyuta indirgenmiştir.

R Kodu	Adı	Kimyasal formül	T (°C)	WGK	ODP	GWP
HFC						
R134a	Tetrafloretan	$C_2H_2F_4$	-26	1	0	1.300
HFC karışımı						
R407C		R32 / R125 / R134A oran: %23 / 25 / 52	-44	1	0	1.610
R410A		R32 / R125 oran: %50 / 50	-51	1	0	1.890
Halojensiz akışkanlar						
R290	Propan	C_3H_8	-42	s.z.y.*	0	3
R1270	Propen	C_3H_6	-48	s.z.y*	0	3
R717	Amonyak	NH_3	-33	2	0	0
R744	Karbondioksit	CO_2	-57	s.z.y*	0	1

* : Suya zararı yok
T : Buharlaşma sıcaklığı
WGK : Su zarar sınıfı
ODP : Ozon azaltma potansiyeli (relatif, R11=1,0)

GWP : Küresel ısınma potansiyeli
(relatif, CO_2 = 1,0; zaman aralığı = 100yıl)
R32 : Diflormetan, CH_2F_2
R125 : Pentafloretan, C_2HF_5

Tablo 3.81. ISI POMPALARINDA KULLANILAN SOĞUTUCU AKIŞKANLARIN ÇEVRESEL ETKİLERİ

c. Yer Altının Termal Kullanımında Olası Çevresel Etkiler

Yeraltında ve yer altı suyunda olası termal değişiklikler

Yer altı suyu kaynaklı ısı pompası uygulamalarında, yüksek su debileri söz konusu olduğunda tasarım dikkatle yapılmalıdır. Çoğu bölgelerde yer altı suyu sıcaklıkları kültür etkisi nedeniyle arttığından, yer altı suyunun soğutulması (5°C'ye kadar) büyük değişiklikler yaratmaz. Diğer taraftan ısı aktarımı ile su sıcaklığının artırılmasına, yalnız belirli sınıflandırmalar ile müsaade edilebilir. Yer altı suyuna ısı verilirken su sıcaklığının 20°C'yi aşmamasına dikkat edilmelidir.

Yatay toprak ısı değiştiricileri doğru tasarlandığında, yer altı dengesine etkisi en düşük seviyede kalır. Çok sayıda yer altı sıcaklık ölçümü göstermiştir ki, ısıtma yapan bir ısı pompasının yer altını soğutma etkisi geçicidir ve en büyük etkisi yeraltının yeniden ısınmasını geciktirmesidir. Yazın güneş ışınımı ve bu yüzeye yakın yer altı katmanlarından süzülen su sayesinde, toprak altı ısı değiştiricileri ile temas halindeki katmanlar tekrar aynı sıcaklıklara ulaşırlar.

Dikey toprak ısı değiştiricili ısı pompası sistemlerinde ise, yüzeydeki güneş ışınımı sadece bir kısım boru yüzeyine etki eder. Daha derin katmanlar, yer altı su akışları ve yer altındaki ısı iletimi ile sağlanan enerji ile beslenir. Burada, uzun süreli dengenin sağlanması gerekir. Dikey toprak ısı değiştiricisinin ısı iletim kapasitesinin (W/m) yanı sıra, yıllık çekilen ısı (kWh/m. yıl) miktarı da dikkate alınmalıdır.

Toprak altında sıcaklık dengesinin yeniden sağlanması, başlangıçta çok kısa sürelerde gerçekleşir. Daha sonra sıcaklıklar ilk haline asimptotik olarak ulaşır. Uygun tasarım yapıldığında, dikey toprak ısı değiştiricileri tarafından çekilen ısının etkisi bölgesel kalarak, yeraltındaki yerel ve doğal sıcaklık rejimi korunacaktır. Yüzeye yakın katmanlarda bu etki önemsizdir ve güneş ışınımından gelen ısı ile yüzey sıcaklık rejimi korunabilir.

Isı pompası sistemleri dışında, yer altının ısıl depolama amacıyla kullanıldığı sistemlerde, sıcak veya soğuk depolamanın yer altındaki etkisi, termal denge yıl boyunca sağlanıyorsa ve depolama sıcaklığı 20°C'nin üzerine çıkmıyor ise genellikle önemsizdir. Orta ve yüksek sıcaklıkta depolama yapılıyorsa (20-90°C arası), her durum için depolama alanından yer altına olan ısı kayıpları nedeniyle aktarılan ısının, yer altı suyu kalitesini etkilemeyecek şekilde olması sağlanmalıdır.

Hidrolik etkiler ve olası sonuçları

Yer altı suyunu kullanarak yer altından ısı çekme veya yer altına ısı aktarma sistemlerinin (yer altı suyu kaynaklı ısı pompaları, akifer deposu) yer altı suyu şartlarına etkileri aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Yer altı suyu çekiliyor fakat akifere geri aktarılmıyor, bunun yerine başka bir alanda kullanılıyor ise (örneğin içme suyu amaçlı), bağımsız yer altı suyu katmanı ve yer altı suyu basınç seviyesi azalması sonucunda besleme kuyularının etrafında çukur zemin formları oluşur. Çukurun derinliği ve kapsadığı hacim, çekilen suyun miktarına, kuyu yapısına, kuyunun işletimine ve akiferin özelliklerine bağlıdır. Yüksek debide uzun süreli su çekişi aynı kaynaktan beslenen diğer kullanım hatlarında uzun süreli kesintilere neden olabilir. En olumsuz etki akiferin boşalmasıdır.
- Çekilen su, çekildiği yer altı akiferine tamamen geri aktarılıyor ise, yer altı su rezervinde, besleme kuyusunun etrafında, basınç düşümü ile olası çukurlaşma oluşumu engellenir. Su çekimi ve geri aktarımı arasında denge bulunduğu sürece yer altı akış değişimi yerel olarak sınırlı seviyede kalır.
- Dikey toprak ısı değiştiricileri için açılan kuyular, iki veya daha fazla farklı basınç seviyesindeki yer altı suyu katmanından geçiyor ise yer altı suyu akışı etkilenebilir. Yer altı su katmanları arasında, kuyular üzerinden kontrolsüz su akışı oluşabilir. Özellikle katmanlardan biri yüksek mineralli veya kirli yer altı suyu ile dolu ise diğerine olumsuz etkileri olabilir. Uygun yalıtım bloklarının oluşturulması (örneğin kil blokları), çoğu durumda yer altı sularının etkileşimini önleyen bir koruma sağlar.

Kaçakların olası etkileri

Yer altının termal kullanımında sistemlerin işletimi, çoğunlukla çevreye zararlı etki olmaksızın gerçekleştirilir. Kapalı devre toprak ısı değiştiricili sistemlerde kullanılan ısı taşıyıcı akışkanın sızarak yayılması riski göz önüne alınarak havaya, toprağa veya yer altı suyuna karışması durumundaki oluşabilecek zararlı etkilere karşı dikkatli olunmalıdır. Bölüm 3.4.5'deki öneriler dikkate alınarak, oluşabilecek etkiler kontrol altında tutulmalıdır.

Delme işlemi sırasında çevresel koruma

Yüzeye yakın jeotermal kaynakların kullanımı kapsamındaki (400 m derinliğe kadar) uygulamalarda, sondaj firmaları yetkili ve eğitimli olmalıdır. Tüm işlemler yerel ve ulusal düzenlemelere göre yürütülmelidir.

Delme ekipmanlarından, delici rotlardan ve diğer aksesuarlarından yer altına sızıntı olmamalıdır. Zararlı maddelerin, bakteriyolojik kirleticilerin vb geçişini önlemek için gerekli tedbirler alınmalıdır. İçme suyu ve mineral kaynak suyu rezerv alanlarında yapılacak çalışmalarda, ilgili tüm yönetmelikler dikkate alınmalıdır.

Sistemin temizlenmesi için kullanılan su, içme suyu kalitesinde olmalıdır. Sadece içeriği ve uygunluğu belgelenmiş delme çamuru içeren katkı malzemeleri kullanılmalıdır. Yer altında kimyasal/biyolojik değişime neden olmayacak delme çamuru içeren katkı malzemeleri için ilgili yayınlara (DIN 4021 Madde 2.102, DVGW W 116) danışılabilir.

3.4.4.9 Yer Altı Devreleri İçin Malzeme Seçimi

a. Kuyular, Dikey ve Yatay Toprak Isı Değiştiricileri ve Boru Malzemeleri

Yer altında kurulumu yapılan sistem bileşenleri, zehirleyici etkisi olmayan ve korozyon dayanımı yüksek malzemelerden imal edilmiş olmalıdırlar. Korozyon korumalı, kapalı veya delikli borular kuyu konstrüksiyonunda kullanılmalıdır. Borular, filtre kumu, genişletme kili, çimento gibi malzemeler, yer altı su kaynakları ile yürütülen çalışmalarda kullanıma uygun olmalıdır.

Polietilen (PE), polipropilen (PP), polibütilen (PB) gibi yeterli yoğunlukta saf hidrokarbon polimerleri (DIN 8074/8075'e göre), dikey ve yatay toprak ısı değiştiricileri ve diğer bağlantılar için uygun malzemelerdir.

Dikey toprak ısı değiştiricilerinde, çelik boru kullanılması gerekiyor ise yeterli kalınlıkta olmasına, kalitesine ve korozyon dayanımlı olmasına dikkat edilmeli ve özellikle yer altı sularının kimyasal yapısı (düşük pH değeri, klor iyonları ve serbest oksijen oranı özellikle kritik konulardır) dikkate alınmalıdır.

Direkt buharlaşmalı sistemlerde (soğutucu akışkanın toprak altında dolaştığı), soğutucu akışkana uygun özelliklerde bakır boru kullanılır. Bu tip sistemlerde bakır borular yer altında plastik kaplama (PE) ile korozyona karşı korunmalıdır.

b. Yatay ve Dikey Toprak Isı Değiştiricilerinde Kullanılan Isı Taşıyıcı Akışkanlar

Kullanılacak ısı transfer akışkanı, kaçak durumunda, yer altı suyu ve toprak kirlenmesini sebep olmayacak veya mümkün olduğu kadar çevresel dengeyi koruyacak şekilde seçilmelidir.

Zehirli olmayan ve biyolojik olarak kolay bozunabilir (organik) maddeler kullanılmalıdır.

Düşük donma sıcaklıklarına (-10°C ile -20°C) ulaşabilmek için ısı transfer akışkanı olarak su ve antifriz karışımları kullanılabilir. Günümüzde kullanılan ve gerekli koruma şartlarını sağlayan antifriz maddeleri *Tablo 3.82*'de listelenmiştir.

Bu maddeler, Almanya' da suya zararlı maddeler yönetmeliğince (WGK 0 - 18.04.1996), suya zarar sınıfı 0 (genellikle zararsız) olarak sınıflandırılmıştır. Daha sonra, VwVwS 17.05.1999 tarihli düzenlemede WGK 1 olarak tanımlanmış, dip not 14 ile detayları verilmiştir.

Almanya, Avusturya ve İsviçre'deki sistemlerin çoğunda antifriz olarak %33 konsantrasyon ile etilen glikol kullanılır. Bu karışım oranı -20°C'ye kadar donma koruması sağlar.

Korozyon inhibitörleri içeren antifrizli hazır karışımlar, ısı pompalarında kullanım için uygundur. Konsantrasyon çoğunlukla yaklaşık %12'dir. Korozyon inhibitörlerinin özellikleri ve konsantrasyonları, antifrizli hazır karışımlı akışkanların, suya zarar sınıflarının artmaması için dikkatle belirlenmelidir.

Adı	Diğer Adı	Kimyasal formülü	Yorumlar
Yaygın kullanılanlar			
Etandiol	Etilenglikol	$C_2H_6O_2$	
1,2-Propandiol	Propylenglykol	$C_3H_8O_2$	
Diğer			
Kalsiyumklorid		$CaCl_2$	korozif
Etanol	Etilalkol	C_2H_5OH	

Tablo 3.82. TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPALARINDA YAYGIN OLARAK KULLANILAN ANTİFRİZ MADDELER

c. Doğrudan Buharlaşmalı Isı Pompalarında Kullanılan Akışkanlar

En yüksek yer altı suyu seviyesinin üzerinde bulunan toprak ısı değiştiricili doğrudan buharlaşmalı sistemlerde, 0°C'nin üzerinde normal basınç ve sıcaklıklarda gaz halde bulunan WGK 1 sınıfı dip not 14 dışında kalan akışkanlar da kullanılabilir. Bu tip bir sistem tasarlanırken ilgili yerel ve ulusal düzenlemelere uyulmalıdır.

Genellikle, kompresör yağlama için kullanılan yağların özellikleri göz önünde bulundurulmalıdır. Tam sentetik (ester yağları) akışkanlar kullanılmalıdır. Mineral yağlar direkt buharlaşmalı toprak kaynaklı ısı pompası sistemlerinde kullanılmamalıdır.

3.4.5 TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPALARINDA KAYNAK DEVRESİ PLANLAMASI

Bu bölümde, toprak kaynaklı ısı pompalarının tasarım esasları ele alınacak ve VDI 4640-2 detaylı olarak incelenecektir. Yer altının 400 m derinliğe kadar olan kullanımları ile ilgili genel bilgi verilmektedir.

Toprak kaynaklı ısı pompaları, ısıtma özellikli ısı pompaları, hem ısıtma hem soğutma özellikli ısı pompaları (soğutma, ısı pompasının aktif olarak kullanıldığı sistemler ve ısı pompası devre dışı bırakılarak doğrudan yer altı devresinden faydalanılarak yapılan sistemler olarak iki farklı şekilde yapılabilmektedir.) veya sadece soğutma özellikli olarak üç farkı işletim şekline sahip olabilmektedir.

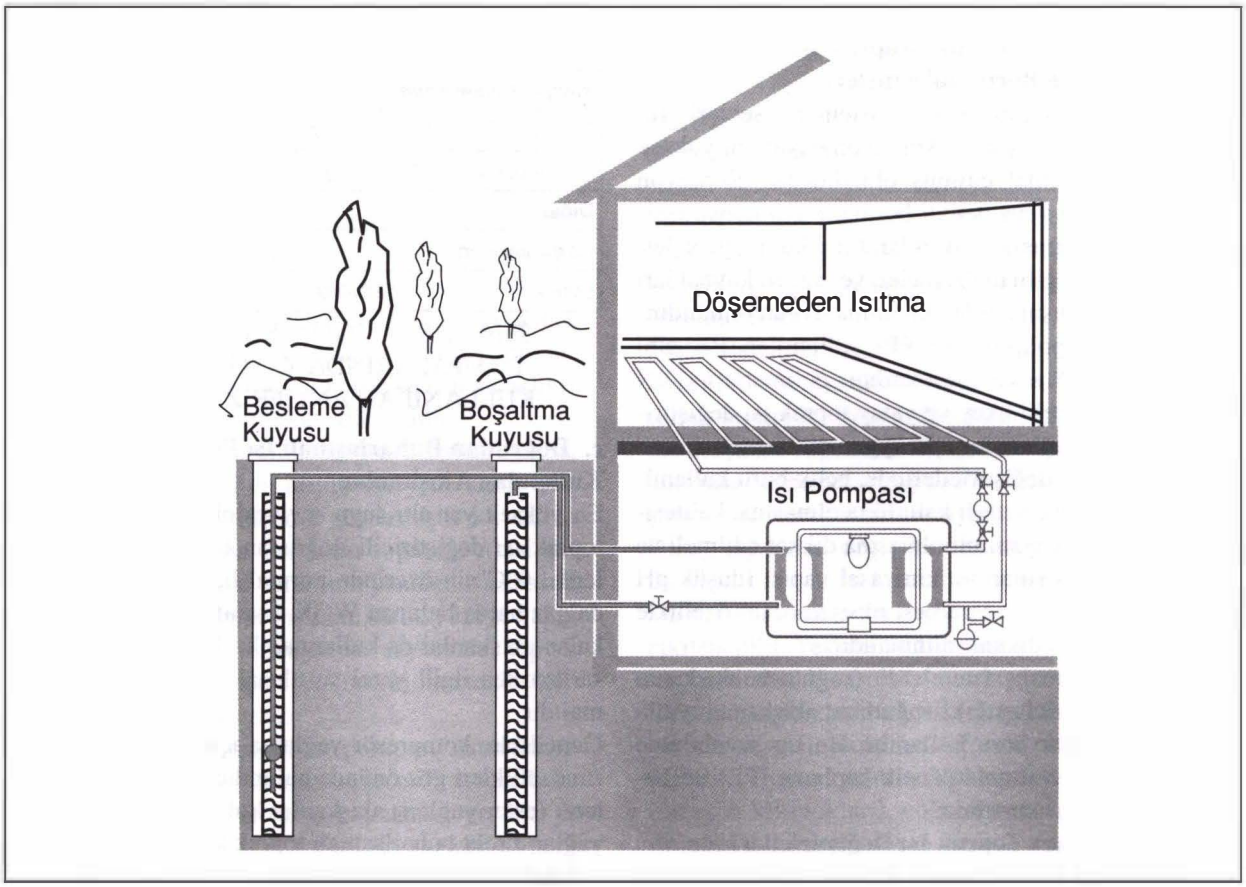
3.4.5.1 Kuyu Sistemleriyle Yer Altı Sularının Doğrudan Kullanılması

a. Tasarım

Hidrolik parametreler

Besleme kuyuları

Isı pompaları için gerekli yer altı suyu bir veya daha çok besleme kuyusundan temin edilir. Besleme kuyuları, bağlı oldukları ısı pompası için gerekli olan nominal debiyi kesintisiz olarak sağlayabilmelidir. Bu debi, her bir kW evaporatör kapasitesi için yaklaşık 0,25m³/h'e denk gelmektedir. Besleme kuyusunun verimi, bölge-



Şekil 3.83. YER ALTI SUYU KAYNAKLI ISI POMPASI SİSTEMİ

nin jeolojik durumuna bağlı olarak değişkenlik gösterecektir. Bu nedenle kullanılacak kuyunun özellikleri bir pompa testiyle onaylanmalıdır.

Boşaltma kuyuları

Isı pompası tarafından ısıtılan veya soğutulan yer altı suyu, bir veya birkaç boşaltma kuyusuna geri gönderilir. Bu kuyular, yer altı suyu akış yönünde ve besleme kuyularından yeterli uzaklıkta olmalıdırlar.

Yer altı suyunun boşaltma kuyularına geri gönderiminde, sıcaklık değişimi ± 6K değerini aşmamalıdır.

Isı pompası sisteminin kurulacağı bölgede jeolojik-hidrojeolojik durum belirlenememiş ise, bir test kuyusu açılmalıdır. Pompa testi ve yerel yönetmeliklere uygun olarak test kuyusunda jeofiziksel araştırma yapılmalıdır. Test kuyusu daha sonra besleme veya boşaltma kuyusu olarak da kullanılabilir.

Hidro-Kimyasal parametreler

Oksijen içermeyen ve redoks potansiyeli düşük olan kuyular, eğer demir veya manganez içeriyorsa zamanla kaplanırlar. Bu gibi durumlarda özel önlemler alınmalıdır. Bu tip yer altı suları havayla temas halinde olmamalıdır. Tüm sistem kapalı ve sürekli basınç altında olmalıdır. Aksi takdirde demir veya manganezin çıkartılması için su özel olarak şartlandırılmalıdır. Bu gibi durumlara karşı demir ve manganez analizi yapılmalı ve PH değeri belirlenmelidir.

Yer altı suyunun içerisindeki bileşenlere bağlı olarak, korozyon riski, metalik ve beton yapılara göre değişmektedir. Bu durumda, yer altı suyu, ilgili standartlara göre incelenmelidir. (DIN 50 930 bölüm 1-5, DIN 4030 bölüm 1 ve 2).

Yer altı suyunun boşaltma kuyularına geri gönderiminde, sıcaklık değişimi ± 6K değerini aşmadığı sürece kireç oluşumu riski yüksek değildir.

Daha büyük sistemlerde detaylı analizler için, suyun ana bileşenleri ve aşağıda belirtilen parametreler incelenmelidir.

- Sıcaklık
- PH değeri
- O_2 içeriği
- İletkenlik
- Redoks Potansiyeli
- Kalsiyum
- Magnezyum
- Sodyum
- Potasyum
- Demir
- Manganez
- Nitrat
- Fosfat
- Sülfat
- Klor

- Hidrojen Karbonat
- Amonyum
- Gerekli görülürse diğer bileşenler

Sıcaklık, PH değeri, elektrik iletkenliği, redoks potansiyeli ve O_2 içeriği gibi parametreler numuneler alınırken belirlenmelidir.

Uzmanlaşmış enstitüler ve araştırma laboratuarlarının, bu ve benzeri parametrelere bağlı olarak yapacakları analizler, yer altı suyunun, kullanılacak ısı pompası ve bileşenlerine uygunluğu ve alınması gereken önlemler konusunda fikir verecektir.

Eğer uygulama yapılması planlanan arazi, kirlilik şüphesi taşıyorsa ilgili organik bileşikler hakkında analizler yapılması önerilir.

b. Sondaj ve Kuyu Uygulaması

Hazırlık çalışmaları

Sondajı yapacak firmanın, ilgili kişi (yatırımcı, tasarımcı, taahhütçü vb) veya kurumlardan sondaj işleminin planlaması, delme işlemleri ve kuyu yapımı için gerekli olacak bütün dokümanları temin etmesi gerekmektedir. Sondaj ve kuyu yapımını yetkili ve tecrübeli firmalar üstlenmelidir. Bu firmalar gerekli alt yapıya ve gerekli sertifikalara sahip olmalıdır. Planlama, yatırımcı ve tasarım mühendislerinin iş birliğiyle yürütülmelidir. Aşağıdaki konularda fikir birliği sağlanmalıdır.

- Kuyuların sayısı
- Sondaj metodu
- Kuyuların derinliği
- Kuyuların çapı
- Kuyuların yerleşimi

Yatırımcı veya tasarıncı tarafından ilgili kurumlardan alınan izinler sondaj firmasına iletilir. Kuyu ve sondaj çukurları planlanırken daha önce yapılan yerel araştırmaların sonuçları da gözden geçirilmelidir. Sondaj firması bütün bu gerekli belge ve dokümanları teslim aldıktan sonra sondaj çalışmalarına başlamalıdır. Sondaj çalışmaları başlamadan önce firma bu uygulama planını onay almak üzere yatırımcıya (müşteri) iletmelidir.

Uygulama alanının her açıdan sondaj ve çalışma yapmaya müsait olduğuna emin olunmalıdır. Elektrik, su, telefon kabloları gibi altyapı dağıtım hatlarının uygulama planında değerlendirilmiş olması gerekmektedir.

Ön organizasyon çalışmaları

- Sorumlulukların belirlenmesi
  - Sondaj firması sondaj işlerine refakat etmesi için bir sondaj ustası/sondaj mühendisini görevlendirmelidir.
  - Jeolojik-hidrojeolojik özellikleri net olmayan geniş alan uygulamalarında, bir jeolog da hazır bulundurulabilir.
  - Bu kişiler, müşteri/proje mühendisinin belirlemiş olduğu yetkili(ler) ile irtibat halinde olmalıdır.
- Alan gereksiniminin belirlenmesi (genel vaziyet planı, sondaj alanının ulaşılabilirliği, ulaşım ve nakliye güzergahları vb)
- Sondaj çamuru ve diğer atıkların planlanması
- Su, elektrik gibi yardımcı malzemelerin ve altyapının temin edilmesi gibi hususlar da ayrıntılı olarak planlanmalıdır.

Sondaj işlemi

Sondaj firması, tüm sondaj süresi boyunca gereksinim duyulan denetleyici ve danışmanlık fonksiyonunu yerine getirmelidir. Çevresel etkiler ve gerekli önlemler için bölüm 3.4.4.8'e başvurabilirsiniz.

Kuyu yapımı

Saha incelemeleri, pompa testleri ve sondaj çukuru araştırmalarına göre sondaj mühendisi veya bir jeolog tarafından ilgili yerel yönetmeliklere göre son bir jeolojik çalışma hazırlanmalıdır.

c. Özel Bileşenler

Besleme kuyuları

Besleme kuyularında korozyon dayanımı yüksek dalgıç pompalar kullanılmalıdır. Su kalitesine bağlı olarak belirlenecek plakalı eşanjörlerde, girişte mutlaka pislik tutucu konulmalıdır. Böylece ısı kaynağı devresi, ısı pompası devresinden güvenli bir şekilde ayrılmış olacaktır.

Boşaltma kuyuları

Boşaltma kuyusunda, boşaltma borusunun en alt seviyesi, durgun su seviyesinin altında olmalıdır.

Borular ve bağlantı parçaları

- Borular ve bağlantı parçaları, uygulanan sistem tipine ve ısı değiştirici malzeme standardına göre belirlenmelidir (bölüm 3.4.5.2). Duvarlara gömülü ve bina içinden geçen borular, ilgili standartlara göre yalıtılmalıdır. Bina dışında yer altı suyu taşıyan borular, donmaya karşı yeterli derinlikte yerleştirilmiş veya çok iyi yalıtılmış olmalıdır.
- Yer altı suyu kaynağından ısı pompasına kadar olan hatlar da en iyi şekilde yalıtılmalı, ısı kaybı veya kazancı en düşük seviyede tutulmalıdır.
- Isı pompasında soğutulan yer altı suyu, boşaltma kuyusuna gidene kadar donma riskine karşı çok iyi yalıtılmalıdır.
- Yer altı suyu bütün devre boyunca hiçbir zaman havayla temas etmemelidir. Isı pompası bağlantıları yapılmadan önce hattın sızdırmazlığı ve temizliği kontrol edilmelidir.

3.4.5.2 Yatay Toprak Isı Değiştiricileri

a. Tasarım

Sadece ısıtmaya çalışan ısı pompalarında bazı basit uygulamalarda (örneğin ısı pompası işletim süreleri 1.800-2.400 saat/yıl arası olan müstakil evlerde) yatay toprak ısı değiştiricilerinin tasarımında, belirli özgül ısı verilerinden (W/m^2) yararlanılabilir. *Şekil 3.84*'de yatay toprak ısı değiştiricili bir ısı pompası sistemini göstermektedir.

Spiral ve diğer farklı yatay toprak ısı değiştiricileri tipleri için *Tablo 3.85*'deki değerler kullanılmamalı sistem ayrıca tasarlanmalıdır.

Tablo 3.85 aşağıdaki işletim koşullarının geçerli olduğu durumlarda kullanılabilir:

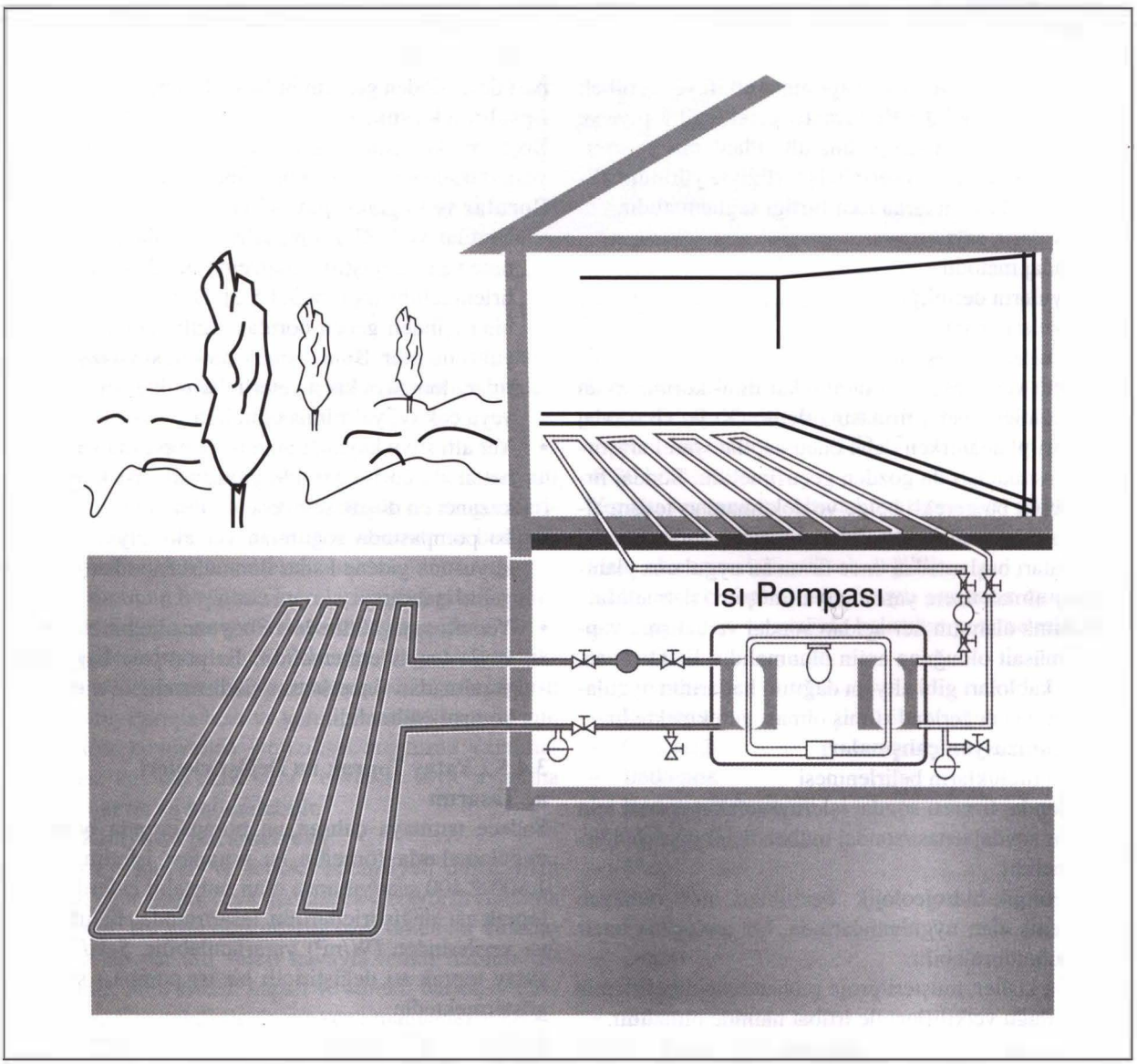
- Sadece ısıtma yapılan sistemler,
- Isı pompası ile ısıtma + kullanım sıcak suyunun yarattığı pik yük saatlerinin dikkate alındığı durumlar.

Daha uzun çalışma süreleri söz konusu olduğunda, bahsedilen özgül ısı kapasitesinden farklı olarak, dikkate alınması zorunlu bir diğer konu ise ortamdan yıllık olarak çekilen ısı miktarıdır. Yatay toprak ısı değiştiricileri için bu değer, kWh/m².yıl olarak verilebilir ve 50-70 kWh/m².yıl arasında olmalıdır. Bu değer yalnız ısıtma yapan sistemler için geçerlidir, yaz boyunca toprağa ısı aktarımı yapılıyorsa bu değerler değişkenlik gösterecektir. Soğutma işletimi olan sistemlerin tasarımında, yer altı özellikleri, çekilen özgül ısı kapasite değerlerine daha az etki eder.

Sürekli işletimde (haftalık ortalamada), ısı taşıyıcı akışkanın yatay toprak ısı değiştiricisine dönüş sıcaklığı, toprağın denge sıcaklığına oranla ± 12 K sıcaklık fark değerini aşmamalıdır. Pik yüklerde bu değer ± 18 K'i aşmamalıdır.

Toprak	Topraktan Çekilen Özgül ısı	
	1.800 saat	2.400 saat
Kuru, yoğun temaslı olmayan toprak	10 W/m²	8 W/m²
Yoğun temaslı toprak, rutubetli	20-30 W/m²	16-24 W/m²
Doymuş kum/çakıl	40 W/m²	32 W/m²

Tablo 3.85. YILLIK 1.800 ve 2.000 SAAT ÇALIŞMA KOŞULLARINDA YATAY TOPRAK ISI DEĞİŞTİRİCİLERİNDEN ÇEKİLEBİLECEK OLASI ÖZGÜL ISI DEĞERLERİ



Şekil 3.84. YATAY TOPRAK ISI DEĞİŞTİRİCİLİ ISI POMPASI SİSTEMİ UYGULAMASI

b. Uygulama

Dikkat edilmesi gereken hususlar:

- Yatay toprak ısı değiştiricileri üst üste konulmamalıdır.
- Yatay toprak ısı değiştiricilerinin üzerindeki katmanlar (hava/su) geçirgen olmalıdır.
- Bazı özel durumlarda, gerekli tasarım çalışmaları yapılarak bu konularda istisnai uygulamalar yapılabilir.
- Bazı durumlarda, uygulama ile ilgili yerel izinler almak gerekebilir

Isı değiştirici uygulama derinliği ve uzunluğu

Toprak altı sıcaklığı, 1 m derinlikte bile ısı çekişi olmadan donma sıcaklığına ulaşabilir. 2 m derinlikte ise minimum sıcaklık, ortalama 5°C mertebelerinde olmaktadır. Bu sıcaklık derinlik arttıkça artar, fakat zemin yüzeyinden gelen (güneş ısınımı ile) ısı miktarı azalmaktadır. Bu sebepten dolayı, kış işletimi ardından baharda, buzlar hemen çözülmemektedir. Bu nedenle, montaj derinliği 1,2 m olup 1,5 m'yi aşmamalıdır. Uygulamada boru aralıkları genellikle 0,3-0,8 m arasında olmaktadır.

Yeraltındaki soğuk hatlar, herhangi bir gidiş veya dönüş borusundan en az 70 cm uzaklıkta olmalıdır.

Toprak altı çalışmaları

Toprağın doğal yapısını etkilememek için her toprak altı devresi, farklı bir çukurda yer alabilir. Diğer bir olasılık ise devreler için toprağın geniş bir şekilde kazılması olacaktır. Boruların zarar görmemesi için uygulama kum bir katmanın içine yapılmalıdır. Boruların 30 cm yukarısına bir uyarı bandı konulmalıdır. Daha sonra gerçekleşebilecek bir kullanım için uygulama alanı, ilgili düzenlemelere uygun olarak kapatılmalı ve sıkıştırılmalıdır.

Kullanılan malzemelerin özellikleri

- Yoğuşmaya karşı toprak kaynaklı sistemin bütün bileşenleri korozyon korumalı olmalıdır.
- Dış mekanda kalacak olan borular UV korumalı olmalıdır.
- Malzeme seçiminde, daha sonrası için atık malzemelerin ve kalıntıların çevreye etkileri de düşünülmelidir.
- Toprak ısı değiştiricisi boruları, korozyona karşı korumalı olmalıdır. Genellikle plastik borular kullanılmaktadır (DIN 8074 ve DIN 8075 normlarına göre PE-MRS 8). Borular, planlanan sıcaklık aralığıda çalışmaya uygun olarak seçilmelidir.

Boruların döşenmesi

- Toprak ısı değiştirici boruları, paralel bağlı devreler, halinde düzenlenmelidir. Sistemin en yüksek noktasında bu paralel devreler, gidiş ve dönüş kolektörlerinde toplanmalı ve hava pürjörü veya uygun bir hava ayırıcı bileşen kullanılmalıdır.
- Her bir devreye açma-kapama ve debi ayar vanaları konulmalıdır.
- İzolasyon maliyetlerini azaltmak açısından, mümkün olduğunca çok ekipman, binanın dışarısında toprak altına yerleştirilmelidir. Her devrenin akışı bunların üzerinden sağlanmalıdır.

Basınç emniyeti

- Isı taşıyıcı akışkanın hacimsel değişimi uygun, önlemler alınarak dengelenmelidir. Basınç dengelemesinde "açık genleşme tankları" kullanılması durumunda yerel şartlar belirleyici olacaktır.
- Kapalı devre sistemlerde basınç maksimum 3 bar mertebesinde olmalıdır. Isı taşıyıcı akışkanın hacimsel değişimi (bütün sistemin hacminin ortalama %0,8-1,0), DIN 4807 normlarına uygun, membranlı bir genleşme tankı ile dengelenebilir. Aşırı doldurma veya herhangi bir sebepten oluşacak yüksek basınca karşı önlem olarak, membranlı bir emniyet vanası konulmalıdır. Bu vananın ucundaki tahliye borusu ise bir toplama kabına ulaştırılmalıdır.
- Sistem basıncını izleyebilmek için, minimum ve maksimum basınç değerlerinin altında ve üzerinde değerlere sahip bir manometre konulmalıdır. Sistemde herhangi bir sızıntı durumunda kaçak tespiti için sesli veya görsel uyarı verebilen bir donanım tavsiye edilir.

Akışkan doldurma işlemleri ve havanın alınması

- Toprak ısı değiştirici devresinin dolum işlemi, sadece hazır karışımlı ısı taşıyıcı akışkan kullanarak yapılmalıdır. Hazır ısı taşıyıcı akışkan, su ve antifriz karışımlı bir bileşendir (Bölüm 3.4.4.9).
- Karışım oranı, donma koruması için sağlanan en düşük etki sıcaklığı, evaporasyon (buharlaşma) sıcaklığından en az 7 K düşük olacak şekilde ayarlanmalıdır (Üretici teknik kataloglarından yararlanılabilir). Güvenli bir işletim için -20°C'ye kadar donma koruması sağlanmalıdır.
- Isı taşıyıcı akışkan, her bir toprak ısı değiştirici devresindeki hava tamamen tahliye edilene kadar dolaştırılmalıdır.

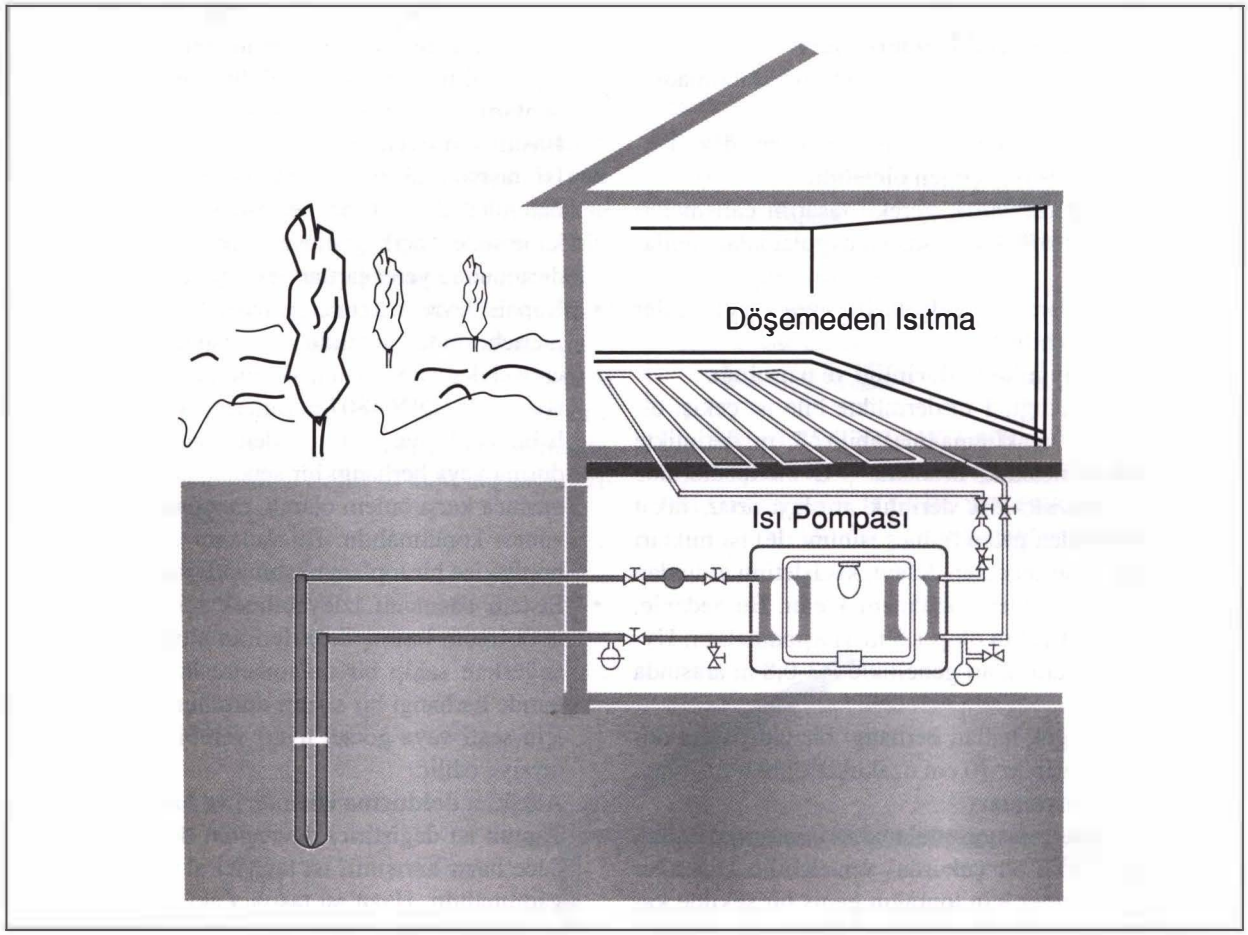
Devreye alma

- Devreye almadan önce bütün sistem, işletme basıncının 1,5 katı basınçta çalıştırılmalıdır. Yapılan bu test sonuçları işletmeci ile paylaşılmalıdır.
- Bütün sistem bileşenlerinin işlevleri gözden geçirilmelidir.
- Her bir devreden geçen debinin eşit olduğu kontrol edilmeli ve eğer gerekliyse balanslama yapılmalı ve kayıt altına alınmalıdır. Sistemin işletmecisi, sistemin kullanılması ve korunması konusunda ve bir sorun çıkarsa ne yapılacağı hakkında bilgilendirilmelidir.

3.4.5.3. Dikey Toprak Isı Değiştiricileri

a. Tasarım

Dikey toprak ısı değiştiricileri genellikle 10-200 m arası derinlikte olmaktadır. 400 m'den daha derin dikey toprak ısı değiştiricilerine yönelik esaslar bu bölümde



Şekil 3.86. DİKEY TOPRAK ISI DEĞİŞTİRİCİLİ ISI POMPASI SİSTEMİ UYGULAMASI

yer almamaktadır. *Şekil 3.86'* da dikey toprak ısı değiştiricili bir ısı pompası sistemi görülmektedir.

Sürekli işletimde, ısı taşıyıcı akışkanın yatay toprak ısı değiştiricisine dönüş sıcaklığı, toprağın denge sıcaklığına oranla ± 11 K sıcaklık fark değerini aşmamalıdır, pik yüklerde bu değer ± 17 K'i aşmamalıdır.

Seçilecek dikey toprak ısı değiştiricisinin etkisi, kuyuyu çevreleyen toprağın etkisine nazaran düşük kalmaktadır. Küçük boru çapı, büyük et kalınlığı, düşük termal iletkenliğe sahip malzemelerin kullanıldığı devrelerde, kısa süreli de olsa ısı taşıyıcı akışkan sıcaklıklarının aşırı düşmesi söz konusu olabilir. Isı değiştiricilerinde düşük akışkan sıcaklıklarını engellemek için, toprak ısı değiştiricisinde laminer akışı engellemek ve ısı değiştirici (boru) yüzeyleri ile toprak arasında uygun dolgu malzemesi kullanarak mümkün oldukça iyi bir ısı iletimi sağlamak gerekmektedir. Sondaj işlemi sırasında jeolojik özelliklere bağlı olarak tasarlanandan farklı bir süreç yaşanıyorsa, tasarım kontrol edilip şartlara ve gelişmelere uygun olarak yeniden tasarlanmalıdır.

Sadece ısıtma yapılan ve ısıtma kapasitesi 30 kW'a kadar olan ufak sistemler

Isı pompası sistemleri tasarımında, ısıtma kapasitesi 30 kW'a kadar olan ve sadece ısıtma yapılan ufak sistemlerde (gerektiğinde sıcak su kullanımı da sağlayan), dikey toprak ısı değiştiricileri uygulamaları için, katmanların yapısına bağlı olarak bazı özgül ısı çekişi değerleri (W/m) *Tablo 3.87'*de verilmiştir.

Söz konusu uygulamalarda, daha fazla yıllık işletim saatleri için uzun süreli etkiyi belirleyen yıllık ısı çekiş değerleri de göz önünde bulundurulmalıdır. Bu değer kWh/m.yıl şeklinde verilir ve dikey uygulamalar için 100-150 kWh/m.yıl arasında olmalıdır.

Bu değerler, yalnız ısıtma yapan sistemler için geçerlidir ve yaz boyunca soğutma yapılan sistemlerde farklı değerler elde edilecektir.

Şekil 3.88'de gösterilen nomogram işletme saatlerinden bağımsız olarak, belirtilen durumlar gerçekleştiği takdirde kullanılabilmektedir. Bu nomogram İsviçre şartlarına göre geliştirilip "Enerji Ekonomisi Kurumu" tarafından hazırlanmıştır. Saha ölçümleri bakımından onaylanmamış olsa da Almanya'da ve Avusturya'da yapılan tasarımlar için referans noktaları vermektedir. Almanya'da hem güney hem de kuzey şartları geçerli olduğundan kuzeydeki sistemler için dikey toprak ısı değiştiricisi uzunluğu daha fazla olacaktır. Unutulmamalıdır ki, nomogram için girdi değeri olan "*a*", COP veya yıllık performans faktörünü değil, ek enerji tüke-

Toprak ve Kayaç Özellikleri	Özgül Isı Çekme Kapasitesi W/m	
	1.800 saat	2.400 saat
Genel Kılavuz Değerleri		
Zayıf iletim özellikli (kuru çökelti) <1,5 W/m°K	25	20
Normal kayaçlı ve ıslak toprak 1,5 - 3,0 W/m°K	60	50
Yüksek termal iletkenlikli birleştirilmiş kayaçlar >3,0 W/m°K	85	70
Ayrıntılı Değerler		
Çakıl, kum, kuru	<25	<20
Çakıl, kum, doymuş	65 - 80	55 - 65
Yüksek yer altı su akışı olan çakıl kumlu zemin	80 - 100	80 - 100
Çamur, killi, nemli	35 - 50	30 - 40
Kireçtaşı	55 - 70	45 - 60
Kumtaşı	65 - 80	55 - 65
Silisiyöz magmatit (Granit)	65 - 85	55 - 70
Bazik magmatit (Bazalt)	40 - 65	35 - 55
Gnays	70 - 85	60 - 70
Kayaç yapısı ve diğer etkenler bu değerlerin değişmesine yol açabilir.		
Verilen değerler aşağıdaki durumlarda geçerlidir. - Sadece ısı çekişi (ısıtma işletimi) - Her bir dikey ısı değiştirici devresi uzunluğu 40 ila 100 m arasında - İki kuyu arasındaki minimum uzaklık: - 40 - 50 m uzunluktaki ısı değiştiriciler için minimum 5m - 50 – 100 m uzunluktaki ısı değiştiriciler için minimum 6m - DN 20, DN 25, DN 32 mm çift U-borular veya minimum çapı 60 mm olan koaksiyel boruların dikey toprak ısı değiştiricileri olarak kullanımı		

Tablo 3.87. YILLIK 1.800 ve 2.000 SAAT ÇALIŞMA KOŞULLARINDA DİKEY TOPRAK ISI DEĞİŞTİRİCİLERİNDEN ÇEKİLEBİLECEK OLASI ÖZGÜL ISI DEĞERLERİ

ten diğer sistem bileşenleri için gerekli enerji miktarı çıkarıldıktan sonraki yıllık verim faktörünü simgeler. Aşağıdaki eşitlikten yararlanılarak hesaplanabilir.

$$a = \frac{Q_H}{(Q_H/\beta_a) - P_p}$$

a : Nomogram girdisi
Q_H : Yıllık ısıtma gereksinimi (kWh/yıl)
β_a : Yıllık performans faktörü
P_P : Yıllık ek enerji gereksinimi (sirkülasyon pompası, diğer ısı kaynağı sistem bileşenleri)

Nomogram aşağıdaki sınır koşullarına göre uygulanır :

Yıllık ısı enerjisi gereksinimi	: 4-16 MWh/yıl
Isıtma Kapasitesi	: 3-8 kW
Yükseklik (deniz seviyesinden)	: 200-1.400 m a.s.l
Toprağın ısıl iletkenliği	: 1,2-4,0 W/m.K
1 sondaj çukuru için ısı değiştirici uzunluğu	: 60-160 m
2 sondaj çukuru için ısı değiştirici uzunluğu	: 60-100 m
Nomogram girdisi "*a*"	: 3,8-4,6

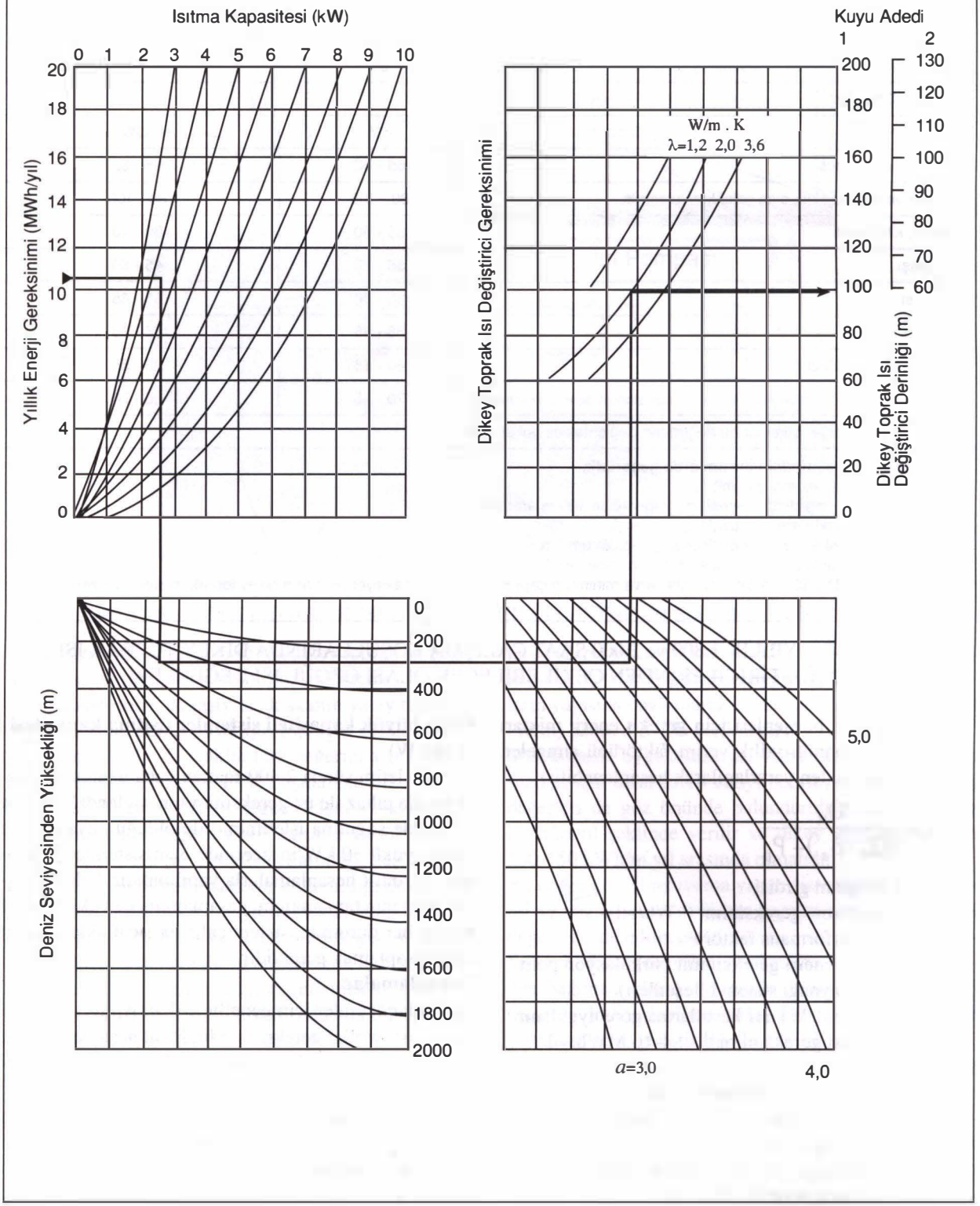
Daha büyük kapasiteli sistemler (ısıtma kapasitesi > 30 kW)

Yıllık işletim süresi 2.400 saatten daha uzun olan, fazla sayıda cihaz ile ısı gereksiniminin sağlandığı, ısıtma haricinde soğutma işletiminin de olduğu veya toplam ısıtma yükü 30 kW'ın üzerinde olan sistemlerde tasarım, ayrıntılı hesaplamalarla yapılmalıdır. Yıllık çalışma süresinin tamamı için, hesaplanmış ısı yüküne bağlı olarak her durumda, sistem çalışma sıcaklıklarını ayrı ayrı hesaplamak gereklidir.

Hesaplamalar

Analitik çözümler için genellikle denklemleri basitleştirici varsayımlar gerekmektedir. Basit hesaplamalar ısı transferinin sadece iletim ile gerçekleşen kısmını kapsamaktadır ve yer altı suyu ile gerçekleşen ısı transferi hesaba katılmaz. 100 kW'a kadar olan işletmelerde yer altı suyunun akış etkisi ikinci işletim yılı sonunda oluşan sıcaklık değişimine göre değerlendirilmelidir.

İlk olarak, aylık ortalama ısıtma/soğutma gereksinimlerine ve buna paralel olarak kısa süreli maksimum yüklere göre hesap yapmanın yararlı olduğu kanıtlanmıştır.



Tablo 3.88. DİKEY TOPRAK ISI DEĞİŞTİRİCİLERİ İÇİN TASARIM NOMOGRAMI (YILLIK ISI ÇEKİŞ DEĞERLERİ AŞILMAMALIDIR.)

Buradan yola çıkarak, ortalama ısı kaynağı sıcaklık düşüm eğrisi çıkartılabilir ve değişik işletim şekilleri için sıcaklık aralıkları tespit edilebilir (ısıtma, doğal soğutma, ısı pompası ile soğutma).

Dikey toprak ısı değiştiricileri çevresel sıcaklıklarının tespiti için 1950 yılında Amerika'da bir hesaplama metodu geliştirilmiştir. Kelvin'in çizgi kaynak teorisi ve Ingresoll'un bu teoriye dayalı formülü kullanılarak, termal iletkenliğe, ısı çekişi/aktarımı kapasitesine ve boru yüzeyinden uzaklığa bağlı olarak sıcaklıklar hesaplanabilir. Boru devresi akışkan sıcaklıkları, doğrudan hesaba katılmaz. Guernsey bu formülden yola çıkarak, pratik hesaplamalarda kullanılabilen basit ampirik bir formül üretmiştir.($\alpha \times t/r^2 > 1$ olduğu durumlarda geçerlidir). SI birimlere çevrilmiş denklem:

$$\Delta T = \frac{0,1833 \times Q}{\lambda}\left(\log_{10}\frac{\alpha \times t}{r^2} + 0,106\frac{r^2}{\alpha \times t} + 0,351\right)$$

ΔT : Sıcaklık Farkı
Q : Borunun her bir m'sindeki ısı akışı
Λ : Termal iletkenlik
r : Borunun merkezinden olan uzaklık
t : Zaman
α : Termal yayılma gücü

Termal yayılma gücü α aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$\alpha = \frac{\lambda}{\rho \times C_p}$$

λ : Termal iletkenlik
ρ : Kayaçın öz kütlesi
C_p : Sabit basınçtaki özgül ısıl kapasite

Dikey toprak ısı değiştiricilerini pratik olarak boyutlandırmak için başka bir metot da Claesson tarafından 1990 yılında İsveç'teki Lund üniversitesinde geliştirilmiştir. Algoritmalar, modelleme ve parametre çalışmaları sonucunda, ısı akışı için değişik sondaj kuyusu geometrilerinde (g-fonksiyonları) çeşitli fonksiyonlar için SBM simülasyon modeli kullanılarak çıkartılmıştır. Bu g-fonksiyonları, sondaj kuyularının sayısına, dizilişine ve aralarındaki mesafeye bağlıdır. Eğimli sondaj çukurları için eğim de hesaba katılır. g-fonksiyonları çok sayıda farklı sondaj kuyusu geometrisi için geliştirilmiştir. Bu metot, g-fonksiyonları hesaplamalarını içeren özel bilgisayar yazılımları vasıtası ile kullanıma uygundur. g-fonksiyonlarına göre, dikey toprak ısı değiştiricilerinin hesaplaması için İsviçre, Almanya ve ABD'de farklı yazılım programları geliştirilmiştir.

Bu metot Eskilson P'nin "38 kuyu konfigürasyonu için sıcaklık tepki g-fonksiyonu" adlı kitabında detaylı olarak tanımlanmıştır.

Nümerik simülasyon

Büyük ölçekli toprak kaynaklı ısı pompalarının toprak ısı değiştiricilerinin tam olarak hesaplanması, sadece nümerik simülasyonlar kullanılarak yapılabilir. Özellikle, toprak ısı değiştiricileri birbirlerini etkileme olasılığı taşıyorsa veya yer altı suyu akışının da hesaba katılarak tasarım yapılması gerekiyorsa, bu simülasyonlara mutlaka başvurulmalıdır. Bunun gibi metotlar, uzun süreli ve geniş bir alandaki toprak ısı değiştiricilerinin etkilerinin belirlenmesi için uygundur.

Özellikle, ısı transferi simülasyonu ve yer altı su akışı etkilerinin hesaplanması için iki metot uygundur:

- Sonlu Farklar (Daha basit matematik formülü)
- Sonlu Elemanlar (Daha geniş düzlemsel esneklik)

Her iki metot için de tasarımın yapılmasına olanak tanıyan bilgisayar programları mevcuttur. Fakat bu tarz çalışmalar, nümerik simülasyonlar konusunda tecrübeli kişiler tarafından yapılmalıdır. Böylece matematiksel sorunlar çözümlenip, güvenilir çözümler elde edilebilecektir.

b. Uygulama

Sondaj

Toprak ısı değiştiricileri ile bina duvarı arasında en az 2 m mesafe olmalıdır. Çalışmalar, binanın zeminini statik açıdan etkilememelidir.

Ön organizasyon çalışmaları

Sondajı yapacak firmanın ilgili kişi veya kurumlardan (yatırımcı, projeci, taahhütçü vb) sondaj işleminin planlaması, delme işlemleri ve kuyu yapımı için gerekli olacak bütün dokümanları temin etmesi gerekmektedir. Sondaj ve kuyu yapımını yetkili ve tecrübeli firmalar üstlenmelidir. Bu firmalar, gerekli alt yapıya sahip ve gerekli mercilerden sertifikalı olmalıdır. Planlama, müşteri ve proje mühendisleri iş birliğiyle yürütülmelidir. Aşağıdaki konularda fikir birliği sağlanmalıdır.

Sondaj kuyularının sayısı, derinlikleri, çapları bölüm 3.4.5.1'de anlatıldığı üzere müşteri ve tasarım mühendisi arasında kararlaştırılmalıdır.

30 kW'dan daha büyük ısıtma kapasiteli sistemlerde, toprağın jeolojik ve hidrojeolojik özelliklerinin net olmaması durumunda bir test kuyusu açılmalıdır. Bu test kuyusu, jeofiziksel ölçümler için kullanıldıktan sonra toprak ısı değiştiricisi için değerlendirilebilir.

Gerekli mercilerden alınacak onaylar ve tüm izinler müşteri ve proje mühendisi tarafından sondaj firmasına iletilmelidir. Üçten fazla sondaj kuyusu olan sistemler için sondaj şirketi bütün evrakları teslim aldıktan sonra bir uygulama planı hazırlamalıdır. Bu uygulama planı, sondaj çalışması başlamadan önce müşterinin onayını almak üzere müşteriye gönderilmelidir.

Tüm organizasyon ve teknik iş hazırlıkları elden geçirilmelidir (bölüm 3.4.5.1-b). Dikey ısı değiştiricileri için yapılması gereken teknik hazırlıklar, montaj veya boru malzemesi teminini de içermelidir.

Sondaj uygulaması

Bölüm 3.4.5.1'deki kuyu ve sondaj uygulaması başlığı ile aynı uygulamalar yapılır. Saha incelemeleri sonuçlarına göre sondaj mühendisi veya ilgili jeolog, en son sondaj kuyusu profilini oluşturmalıdır. Bu çalışmaya göre, sondaj kuyusuna yerleştirilecek ısı değiştiricilerinin montajı ve kuyu dolum işleri müşteri ile birlikte kesinleştirilmelidir.

Dikey toprak ısı değiştiricilerinin imalatı ve test edilmesi

Dikey toprak ısı değiştiricileri, dönüş parçası ve kangal halinde düz borudan oluşmaktadır. Uygun malzemeler için bölüm 3.4.5.2-b'ye bakınız.

Şekil 3.89'da dikey toprak ısı değiştirici yerleşimi için örnekler gösterilmektedir. Dönüş parçası ve bileşenleri fabrika veya atölyede standart olarak üretilmektedir. Bağlantı metotları ve malzeme kaynak işleri için, termoplastik malzemelerin kaynak işleri ile ilgili meslek odaları ve diğer yetkili kurumların düzenleme ve yönetmelikleri göz önünde bulundurulmalıdır (DVS2207 ve DVS 2208). Sahada montajı yapılan dönüş parçaları ve bileşenleri DIN 4279-7 normlarına göre basınç ve debi testinden geçirilmelidir. Basınç testi, boru malzemesi nominal basıncının 1,5 katı basınçta yapılmalıdır. Debi testinde, 1 m/s debili işletimde en fazla 10 mbar direnç değerine ulaşılmalıdır.

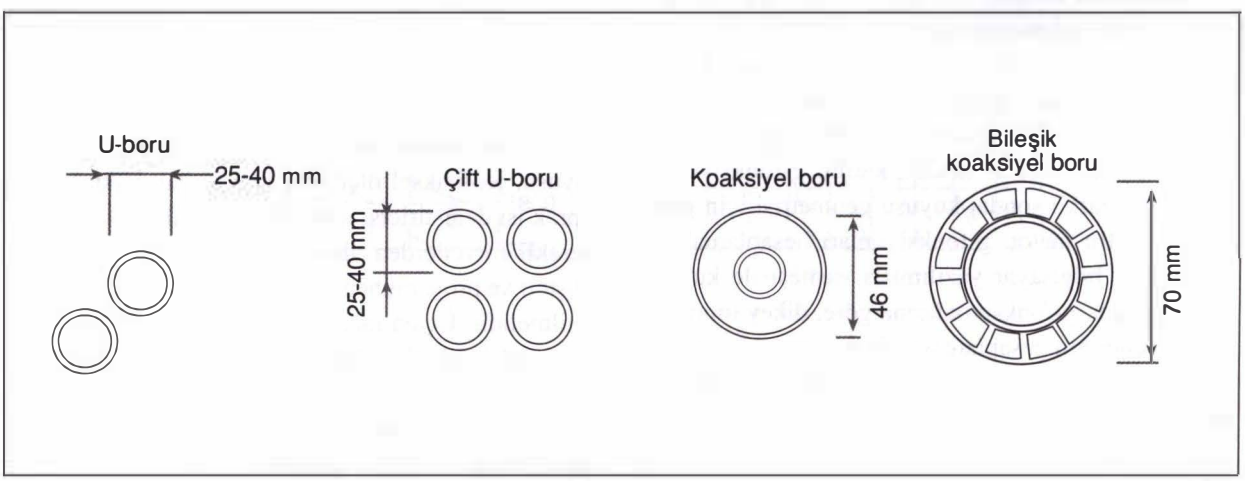
Dikey toprak ısı değiştiricilerinin montajı

Dikey ısı değiştirici uygulamaları, genellikle izin gerektirmektedir. Dikey ısı değiştiricileri, malzeme seçimi ve boyutlandırma işlemleri bakımından yatay ısı değiştiricileri ile aynı yöntem ile değerlendirilmelidir. Yatay ısı değiştiricilerinden farklı olarak, ön imalatı yapılmış dikey ısı değiştiricileri, toprağın altında dik olarak veya belirli bir açıyla yerleştirilmektedir. Toprağın altındaki soğuk hatları, gidiş ve dönüş borularından en az 70 cm uzakta olmalıdır.

Dikey toprak ısı değiştiricileri, sondaj kuyuları içerisine yerleştirilir. Doğru montaj ve dikkatli yapılan dolgu işlemleri sorunsuz bir işletim için temel ön koşullardır.

Dikey toprak ısı değiştiricileri, fabrika üretimi olarak temin edilebilmektedir. Hazır dikey toprak ısı değiştiricileri montajı, genellikle sondaj firmaları tarafından yapılmaktadır. Isı değiştiriciler, mekanik darbelere karşı korunmalıdır.

- Dikey ısı değiştiricilerin montajını kolaylaştırmak için kuyuya yerleştirilmeden önce içleri su ile doldurulur. Kuru sondaj çukurlarında, en son aşamada, dolgu yapmadan önce boruların dolgu malzemesi içerisinde yükselmesini engellemek için ısı değiştiricilerin su ile doldurulması gereklidir. Isı değiştiricinin uç kısmına ağırlık konulup konulmaması ayrıca değerlendirilmelidir.
- Dikey toprak ısı değiştiricilerin sondaj çukuruna yerleştirilmesinde, U-boruyu sondaj çukurunun iç yüzeyine kuvvet uygulayarak yerleştirmeye çalışmak yanlış olacaktır. Isı değiştirici boruların alt kısmında gerekli basıncı sağlayabilecek uygun bir araç kullanarak, borular düz bir şekilde sondaj çukurunun içerisine yerleştirilebilir. Genellikle su ile doldurulmuş ısı değiştirici boruların başta çok hızlı kaymasını önlemek için boruları tutmak ve derinlik artıkça yavaşça itmek gerekmektedir.
- Isı değiştirici boruları ile aynı anda dolgu borusu da, sondaj çukurunun içerisine yerleştirilmelidir. Sondaj çukuru derinliğine bağlı olarak birden fazla dolgu borusu ile dolgu işleminin devamlılığını sağlamak gerekebilir.
- Isı değiştirici borular yerleştirildikten sonra, doldurulma işlemi, yapılmadan önce, su dolu ısı değiştiricisi borularına, basınç testi yapılması tavsiye edilir.
- Dolgu işlemi aşağıdaki işletim testi sonuçlarına bağlı olarak yapılmalıdır.



Tablo 3.89. DİKEY TOPRAK ISI DEĞİŞTİRİCİLERİ İÇİN ÖRNEK YERLEŞİM MODELLERİ

- test basıncı 6 bar,
- ön basınçlandırma 30 dak.
- test süresi 60 dak.
- izin verilen en yüksek basınç kaybı 0,2 bar

- Donmanın gerçekleşebileceği aylarda, ısı değiştirici borular basınçlı hava kullanarak kısmen boşaltılmalı ve bağlantıları tamamlanıncaya ve son dolum işlemi yapılıncaya kadar bu şekilde (akışkan seviyesi yaklaşık toprağın 2 m altında olacak şekilde) muhafaza edilmelidir.
- Dikey ısı değiştirici borular, bağlantıları yapılana kadar kapaklarla sıkıca kapatılıp, yapışkan bantlarla örtülmelidir.

Sondaj kuyularının dolgu işlemi

Dikey ısı değiştirici borular yerlerine yerleştirildikten sonra, boruların toprak ile teması düzgün bir dolgu işlemiyle yapılmalıdır. Isı değiştirici boruların çevresi, dip kısımdan en üst kısma kadar hiçbir boşluk kalmadan doldurulmalıdır. Bu dolgu işlemi aşağıdaki nedenlerden dolayı düzgün ve dikkatli şekilde yapılmalıdır:

- Kayaçlardan ısı taşıyıcı akışkana doğru veya tam ters yönlü gerçekleşecek ısı transferini iyileştirmek.
- Sondaj kuyusunun üst kısmından içeriye kirletici madde girmemesi ve yer altı su havzalarının kuyu içerisine sızmaması için sızdırmazlığın sağlanması.

Dolgu işleminin uygunluğu için kuyu dibinden en üst kısma kadar uygun karışım ile dolum yapılmalıdır. Dolgu, su geçirmez, dayanıklı, dikey toprak ısı değiştiricisi ile kayaç arasında fiziksel ve kimyasal açıdan dengeli bir yapıya sahip olmalıdır. Hava boşlukları ve ceplerinin oluşumu engellenmelidir. Ancak, bazı özel durumlarda farklı yaklaşımlar yapılabilir. Dolgu işlemi sırasında aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir:

- Dikey ısı değiştirici borular sondaj kuyusuna yerleştirilirken, en dip noktaya kadar ulaşacak dolgu malzemesinin basılacağı bir boru ile birlikte indirilir. Dolgu işlemi ve kuyu derinliğine bağlı olarak bu boru, işlem devam ederken çıkartılabilir. Derin sondaj kuyusu işlemlerinde (derinlik > 60 m) dolgu borusunu çıkartmak zor olabilir ve bazen kuyu içerisinde bırakmak gerekebilir. Bu gibi durumlarda çift boru uygulaması yapılabilir. Biri en dip noktaya ikincisi de kuyunun yarı derinliğine yerleştirilebilir. Dolgu işlemi, en dip noktadan orta seviyeye kadar aşağıda kalan boru ile gerçekleştirilir, kalan kısım yukarıdaki boru ile doldurulur.
- Üst dolgu borusunu çıkartırken, çıkan boru hacmi yerinde hava kalmaması için, dolum seviyesi her zaman ilk dolgu seviyesinin altında kalmalıdır. Sondaj çukuru içerisinde alt kısımda bırakılan dolgu borusu ise karışımla dolu kalmalıdır.
- Dolgu malzemesi bütün işletim sıcaklıklarına uygun olmalıdır. Özellikle sadece ısı çekişi yapılacaksa, dolgu malzemesi donmaya karşı dayanıklı olmalıdır. Uygulamalarda, bentonit (doğal kil minerali)- HOZ (yüksek derecede sulfata dayanıklı ve yavaş piriz alan özel çimento)-su veya bentonit-HOZ-kum-su karışımları tavsiye edilmektedir. Saf bentonit-su karışımları, düşük termal iletkenliğe sahip oldukları (10°C'de <0,7 W/m.K) ve donmaya karşı dayanıklı olmadıkları için kullanılmamaktadır. Çimento eklenmesi -15 dereceye kadar kullanım imkanı sağlamakta, kuvarslı kum eklenmesi ise termal iletkenliği arttırmaktadır (10°C'de 0,8 W/m.K den fazla).
- Bentonit-HOZ-kum-su karışımlarında, bentonit %10, çimento %10, kum ise yaklaşık %30 oranında olmalıdır. Sondaj kuyusu içerisine yerleştirilen dikey ısı değiştirici boruların termal genleşmesini engellememek ve kuyu dolgusunun esnek kalmasını sağlayabilmek için yoğun çimento veya aynı şekilde yoğun kaliteli harç veya çimento harcı kullanılmamalıdır.
- Kuvarslı kum eklemek, dolgu pompalarında yüksek miktarda aşınmaya sebep olabilir. Kuvarslı kum yerine, % 25/25/50 oranlarında saf bentonit-HOZ-su karışımına kuvars harcı ilavesi daha uygun olacaktır. Bentonit yerine diğer şişen killer veya topraktan elde edilen kil taşı da kullanılabilir.

Özel Durumlar

Geçirgen yapıdaki parçalanmış kayaçlar (gözenekli akiferler) ve 50 m'yi aşmayan sondaj kuyuları için, dikey toprak ısı değiştiricilerinin tamamen üst akifer katmanında bulunması ön koşulu ile, daha önceden bahsedilen dolgu işlemlerinden farklı uygulamalar yapılabilir. İri çakıl veya yeterli büyüklükte iri taneli sondaj kesikleri içeriye dolacağından, yer altı su seviyesinin üzerinde sondaj kuyusu dolgusu, yukarıda belirtilen aşamalardaki gibi yapılabilir veya sondaj çukurundaki söz konusu derinlikler *Tablo 3.87*'deki düşük özgül ısı çekme değerlerlerine göre yapılmalıdır. Yüzeyde killi bir katman oluşturulmalıdır ve ilgili yerel yönetmelik ve düzenlemelere uygun hareket edilmelidir.

Mevcut sondaj çamurları, dikey toprak ısı değiştiricilerinin ve dolgu borularının montajı yapıldıktan sonra, sondaj kuyusunu doldurmak için kullanılabilir. Endüstriyel olarak hazırlanmış bir karışım da (5:1 oranında bentonit-çimento karışımı veya farklı kireçtaşı harçları) sondaj çamuruna eklenmelidir. Sondaj çamurunun kuyu içerisine dolumu bir veya daha çok dolgu borusuyla sağlanabilir. Belirli bir miktar malzeme içeri pompalandıktan sonra dolgu borusunun bir kısmı çekilir ve yeni bir katman doldurulur.

Açılı dikey toprak ısı değiştiricileri

Açılı ısı değiştiriciler, toprak altına yerleştirilen kalın çeperli çelik borulardan oluşmaktadır. Açılı ısı değiştiricilerin kayaçlar ile olan teması için ek dolguya gerek duyulmamaktadır. Bu tarz ısı değiştiricilerinin montaj-

ları özel firmalar tarafından yapılmalıdır. Ancak, açılı ısı değiştiricilerini açılı sondaj kuyularına da yerleştirebilmek mümkündür.

Çelik dikey toprak ısı değiştiricileri ile yapılan uygulamalarda korozyon koruması büyük önem taşımaktadır. Gerekirse, katotik koruma yöntemleri ile borular güvence altına alınmalıdır.

Bağlantı borularının döşenmesi

- Toprak ısı değiştirici boruları, paralel bağlı devreler halinde düzenlenmelidir. Sistemin en yüksek noktasında bu paralel devreler, gidiş ve dönüş kolektörlerinde toplanmalı ve hava pürjörü veya uygun bir hava ayırıcı kullanılmalıdır.
- Her bir devreye açma-kapama ve debi ayar vanaları konulmalıdır.
- İzolasyon maliyetlerini azaltmak açısından, mümkün olduğunca çok ekipman, binanın dışarısında toprak altına yerleştirilmelidir. Her devrenin akışı bunların üzerinden sağlanmalıdır.

Basınç emniyeti

- Isı taşıyıcı akışkanın hacimsel değişimi uygun önlemler alınarak dengelenmelidir. Basınç dengelemesinde "açık genleşme tankları" kullanılması durumunda yerel şartlar belirleyici olacaktır.
- Kapalı devre sistemlerde basınç maksimum 3 bar mertebesinde olmalıdır. Isı taşıyıcı akışkanın hacimsel değişimi (bütün sistemin hacminin ortalama %0,8-1,0), DIN 4807 normlarına uygun, membranlı bir genleşme tankı ile dengelenebilir. Aşırı doldurma veya herhangi bir sebepten oluşacak yüksek basınca karşı önlem olarak, membranlı bir emniyet vanası konulmalıdır. Bu vananın ucundaki tahliye borusu ise bir toplama kabına ulaştırılmalıdır.
- Sistem basıncını izleyebilmek için, minimum ve maksimum basınç değerlerinin altında ve üzerinde değerlere sahip bir manometre konulmalıdır. Sistemde herhangi bir sızıntı durumunda kaçak tespiti için sesli veya görsel uyarı verebilen bir donanım tavsiye edilir.

Akışkan doldurma işlemleri ve havanın alınması

- Toprak ısı değiştirici devresinin dolum işlemi, sadece hazır karışımlı ısı taşıyıcı akışkan kullanarak yapılmalıdır. Hazır ısı taşıyıcı akışkan su ve antifriz karışımlı bir bileşendir (Bölüm 3.4.4.9).
- Karışım oranı, donma koruması için sağlanan en düşük etki sıcaklığı, evaporasyon (buharlaşma) sıcaklığından en az 7 K düşük olacak şekilde ayarlanmalıdır (Üretici teknik kataloglarından yararlanılabilir). Güvenli bir işletim için -20°C'ye kadar donma koruması sağlanmalıdır.
- Isı taşıyıcı akışkan, her bir toprak ısı değiştirici devresindeki hava tamamen tahliye edilene kadar dolaştırılmalıdır.

Devreye alma

- Devreye almadan önce bütün sistem, işletme basıncının 1,5 katı basınçta çalıştırılmalıdır. Yapılan bu test sonuçları işletmeci ile paylaşılmalıdır.
- Bütün sistem bileşenlerinin işlevleri gözden geçirilmelidir.
- Her bir devreden geçen debinin eşit olduğu kontrol edilmeli ve eğer gerekliyse balanslama yapılmalı ve kayıt altına alınmalıdır. Sistemin işletmecisi, sistemin kullanılması ve korunması konusunda ve bir sorun çıkarsa ne yapılacağı hakkında bilgilendirilmelidir.

3.4.5.4 Farklı Toprak Isı Değiştiricileri Uygulamaları

a. Temel Kazıklarının Isı Değiştirici Olarak Kullanılması (Enerji Kazıkları)

Yük taşıma özellikleri zayıf olan zeminlerde, yapıları inşa etmek için temel kazıkları çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Prensipte iki farklı tip temel kazık çeşidi bulunmaktadır:

- Fabrikada üretilip sahada toprağın yerleştirilen kazıklar
- Sahada üretilen itmeli beton kazıklar, matkaplı beton kazıklar gibi betonun sahada önceden açılmış deliklere döküldüğü tipler

Eğer enerji kazıkları kısmen veya tamamen yer altı suyunun içerisindeyse, bu tip uygulamalar özel izin gerektirmektedir. Enerji kazıkları, ısı pompaları için ısı kaynağı olabildikleri gibi ayrıca ısıtma ve soğutma özellikli sistemler için de uygun ısı değiştiriciler olarak kullanılabilirler.

Tasarım

Enerji kazıklarının tasarımı, dikey toprak ısı değiştiricileri tasarlanırken kullanılan metotların aynısı uygulanarak yapılabilmektedir. Fakat hesaplamalar, kazık sıcaklığı hiçbir zaman donma sıcaklığına ulaşmayacak şekilde yapılmalıdır. Eğer enerji kazıkları soğutma için kullanılacaksa, mümkün olan en yüksek sistem sıcaklığı sorumlu kişiler ile birlikte kararlaştırılmalıdır.

Statik hesaplamalara göre gerekli olan önkoşullar her zaman öncelikli önem teşkil etmektedir. Güvenli bir temel için kullanılacak kazıkların sağlayabileceği termal enerji hesaplanır ve ısıtma veya soğutma işletimi için gerekli ek kapasite diğer bağımsız sistemlerle desteklenerek sağlanır. Müstakil villa inşaatlarında kullanılacak temel kazıkları ile, ısı pompalarının tekli (monovent) işletim şekli ile ısıtma yapmasına yeterli olacak şekilde desteklenmesi sağlanabilir. 10 kW ısıtma gereksinimi ve 1.500 saat ısı pompası işletim süresi söz konusu olan örnek bir yapı için 20-26 adet her biri 12 m uzunluğunda enerji kazıklarına ihtiyaç duyulacaktır.

Fabrikada üretilen kazıklar

Değişik kesit alanlarına sahip temel kazıkları bulunmaktadır (dörtgen, altıgen, dairesel). Tipik dörtgen ka-

zıkların boyutları 24x24 cm², 30x30 cm² veya 40x40 cm² olabilir. Zayıf yapıya sahip kazıklar, kesit alanına bağlı olarak 2-14 m arasındaki uzunluklarda üretilirler.

Enerji kazıklarının üretiminde nominal çapları 20 mm veya 25 mm olan PE borular (DIN 8075 normlarına göre), çelik kafeslere bağlanmaktadır. Kazığın üst kısmında yaklaşık 50 cm'lik kısmı bağlantı boruları için kullanılmalıdır. Borular yukarı ve aşağı birkaç tur döndürülmesi durumunda (dört tura kadar, bu durumda kazık kesitinde sekiz boru kullanılmış olur), kazığın boyuna göre her bir kazık için yaklaşık 50-100 m arası boru kullanılmış olacaktır. 6 m ve daha uzun kazıkların kullanılması durumunda, enerji verimli şekilde üretilmektedir. Enerji kazıkları olarak kullanılacak kazıklar için maksimum uzunluk 14 m'dir.

Fabrikada üretilmiş enerji kazıklarının kullanımında, yerleştirme için ekstra bir işçilik gerekmemektedir. Buna rağmen bağlantı boruları için bırakılan boşluğun, binanın dışarısında kalmamasına özen gösterilmelidir. Fabrikada üretilen kazıkları kullanmanın bir diğer avantajı da, bu kazıkların içerisine yerleştirilen boruların montajının fabrikada sızıntılara karşı test edilmesi, yerleşiminin kontrol edilmesi ve boruların beton ile temasının en yüksek seviyeye çıkartılarak optimum ısı transferinin sağlanabilmesidir.

Fabrikada üretilen kazıkların bir diğer tipi de içi boş olanlarıdır. Borular hazır kazıkların içerisindeki boşluklara yerleştirilebilir. Kesit alanına bağlı olarak, ikiden dört boruya kadar uygulama yapılabilmesi mümkündür. Boşluk sonradan doldurulmalıdır. Bu kazıkların avantajı, bütün kazık boyunun enerji yüzeyi olarak kullanılabilir olmasıdır (birkaç ek parçadan oluşan derin kazıklarda bile kullanılabilir). Dezavantajları ise boruların konumları tam olarak kontrol edilemez ve boşlukların sonradan sahada doldurulma zorunluluğudur.

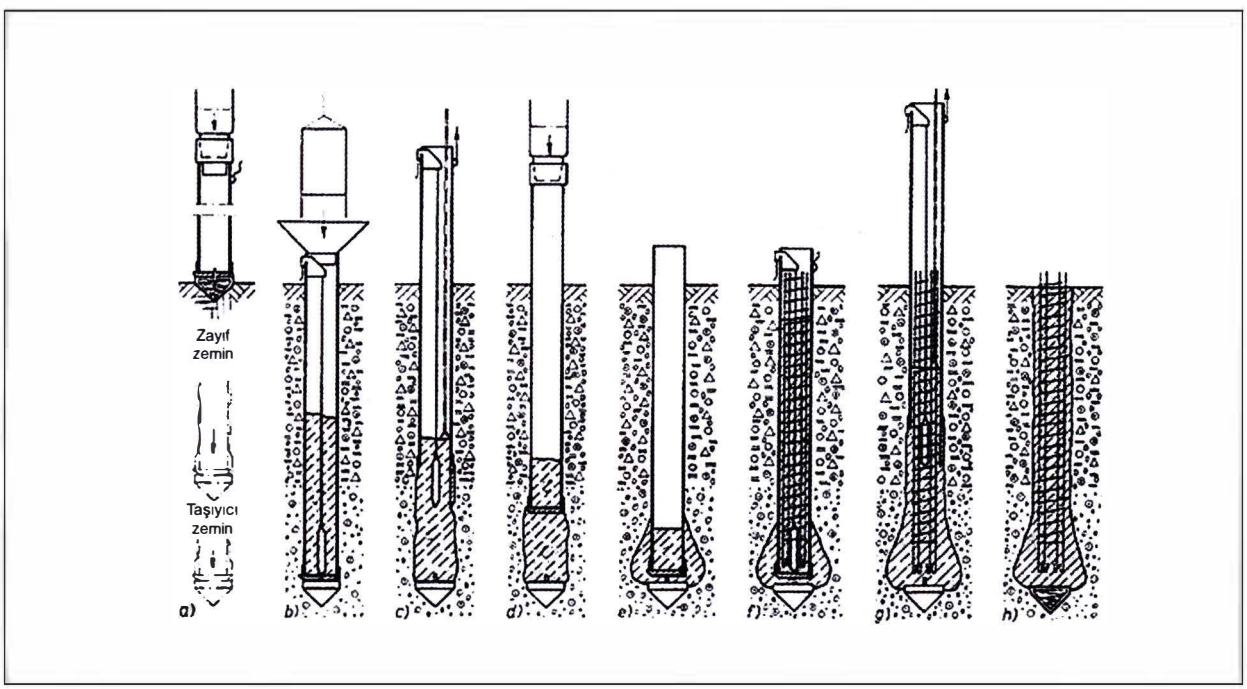
Sahada üretilen beton kazıklar

Sahada üretilen beton kazıklar, itmeli beton kazıklar ve matkaplı beton kazıklar olarak ikiye ayrılır. İtmeli beton kazıklar için çelik bir boru, örneğin titreşimli bir itme makinesi kullanılarak, toprağın içerisine itilir. Destek çelik kafes, bu çelik borunun boşluğuna yerleştirilir ve betonla doldurma işlemi gerçekleştirilir. Çelik boru beton dökme işlemi yapılırken çıkartılır. Daha büyük yükler için, çapları 2,5 m'ye kadar olan kazıklar kullanılır.

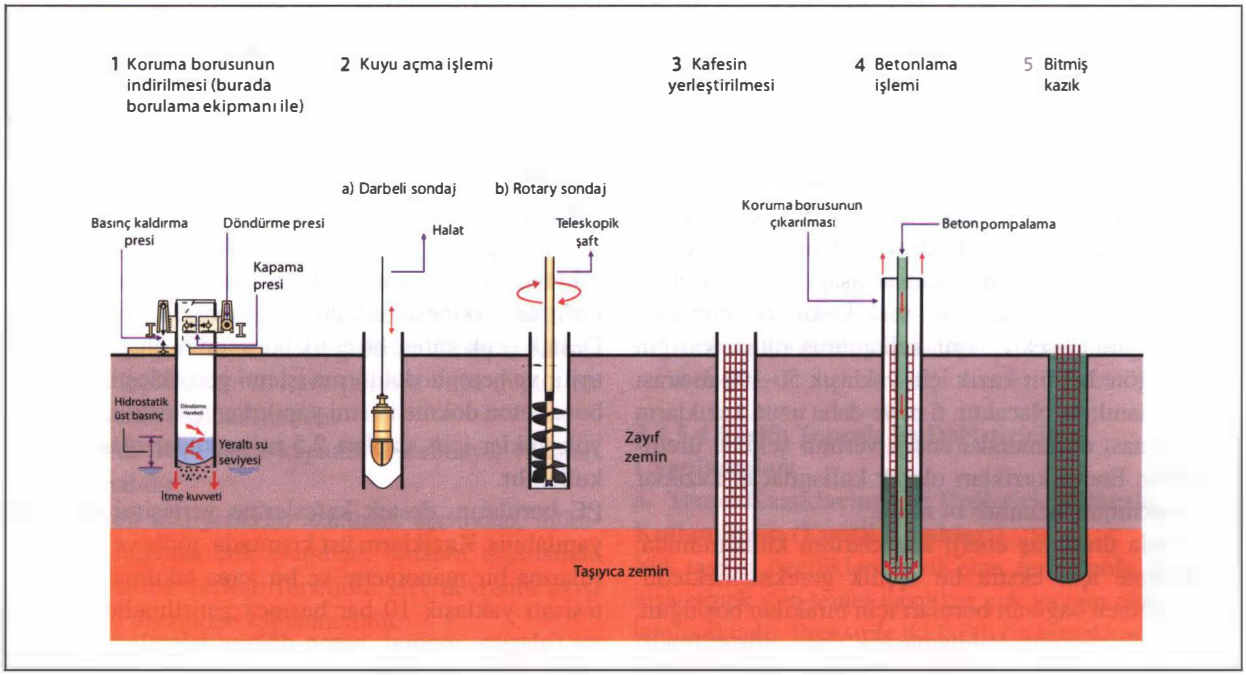
PE boruların, destek kafeslerine yerleşimi fabrikada yapılabilir. Kazıkların üst kısmında, gidiş ve dönüş borularına bir manometre ve bir vana takılmalıdır. Boru tesisatı yaklaşık 10 bar basınca getirilmelidir ve daimi (ulaşım, montaj, beton dökme işlemleri süresince gidiş-dönüş kolektörlerine bağlanana kadar) basınçta tutulup kayıt altına alınmalıdır. Uzun kazık uygulamalarında, tüm kazık uzunluğu kullanılacaksa ve her bir destek kafesi birbiri üzerine eklenerek uygulama yapılacaksa, destek kafesleri arasında mümkün olduğunca az boru bağlantısı kullanılmalıdır (her biri için bir gidiş ve dönüş devresi).

b. Yer Yüzeyi İle Temas Halinde Olan Betonarme Yapı Bileşenleri

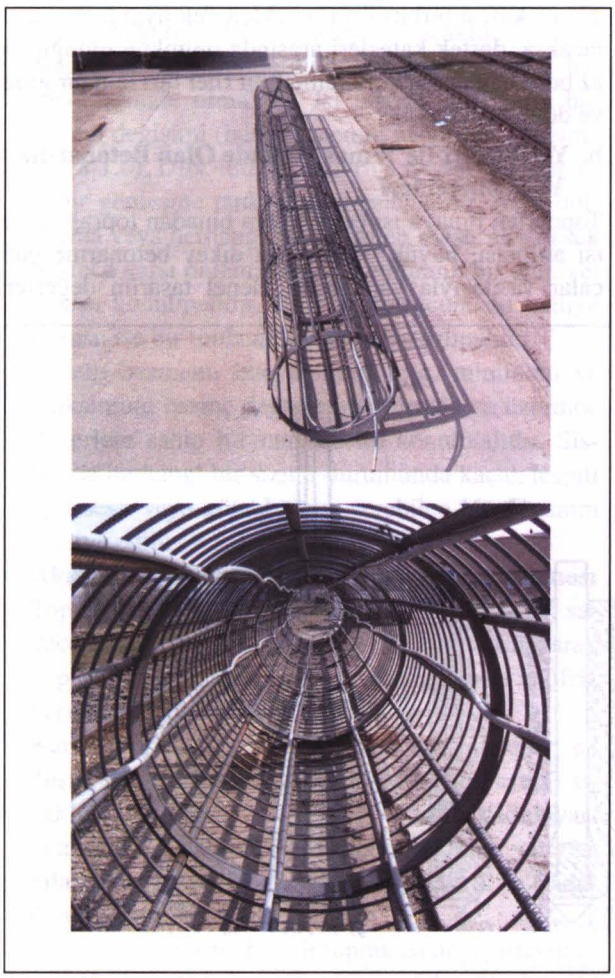
Topraktan binaya ısı çekişi veya binadan toprağa olan ısı atılması, büyük yatay veya dikey betonarme parçalar vasıtasıyla yapılabilir. Genel tasarım değerleri



Şekil 3.90. İTMELİ BETON KAZIK UYGULAMASI



Şekil 3.91. MATKAPLI BETON KAZIK UYGULAMASI



Şekil 3.92. SAHADA ÜRETİLEN BETON KAZIK UYGULAMASINDA ÇELİK KAFESLER

bu bölümde verilmeyecektir. Eğer sıcaklıklar 0°C'nin altına düşerse, buz oluşumunun beton yüzeylere çok zararlı etkisi vardır. Binanın dışında kalan ve toprak ile temas halindeki beton yapı bileşenleri, özellikle kışın taze havanın ön ısıtması, yazın ise ön soğutması yapmak için kullanılabilir.

Yatay yapısal elemanlarda çelik örgü bulunur. Çelik örgüler, PE boruların 20-30 cm aralıklarla sabitlenmesinde kullanılabilirler (DIN 8075 normlarına göre). Dikey yapısal elemanlarda ise (ince uzun duvarlar, istinat duvarı), destek kafesleri PE boruların sabitlenebileceği şekilde hazırlanmıştır (DIN 8075 normlarına göre). Her bir borunun devreler halinde eşit uzunluklarda olması gerekmektedir. Borular döşendikten ve hepsi kolektörlerde toplandıktan sonra, sistem 10 bar basınçta çalıştırılmalı ve test edilmelidir. Yatay döşeme uygulamalarında, bütün testler uygun olduğu takdirde boru tesisatı ince betonla örtülmeli, daha sonra üst kısımda kalan yapısal inşai faaliyetler sürdürülmelidir.

c. Kompakt Yatay Toprak Isı Değiştiricileri

Yatay toprak ısı değiştiricilerini küçük arazilerde uygulayabilmek amacıyla çeşitli çözümler geliştirilmiştir. İki değişik tip ön plana çıkmış ve yaygınlaşmıştır:

- çukur içi ısı değiştiricileri
- spiral ısı değiştiricileri

Diğer bir metod ise ısı transfer yüzeyini genişletmek için bakır borulara ve bakır levhalardan özel toprak ısı değiştirici uygulamasıdır. Fakat bu uygulama çok yaygın olmadığından bu bölümde bahsedilmeyecektir.

Yatay kompakt toprak ısı değiştiricileri, ısıtma ve soğutma yapan sistemler için çok uygundur. Bu nedenle spiral kolektörler Kuzey Amerika'da son derece yaygındır. Fa-

kat sadece ısıtma yapan sistemler için, kompakt tasarımlar ile sınırlı sonuçlar elde edilmektedir. Sadece ısıtma yapan sistemlerde, toprak sıcaklığının doğal dengesine ulaşması için geniş bir alan gerekmektedir.

V tipi çukur toprak ısı değiştiricileri

V tipi çukur toprak ısı değiştiricileri için 3 m derinliğinde eğimli yüzeyleri olan bir çukur kazılmalıdır. PE borular (DIN 8075 normlarına göre), yakın aralıklarla (yaklaşık 10 cm) çukurun içerisine döşenip taşıyıcı askılarla sabitlenmelidir. Daha sonra çukur yeniden doldurulmalıdır. İşlem sırasında DIN 4124 şartları mutlaka dikkate alınmalıdır. Çukurun zemin yüzeyi, güvenlik şartları sağlandığı takdirde, kullanılabilir alan olarak kabul edilebilir. Tasarım değerleri burada verilmeyecektir. Uygulamalarda, yazın toprak altı için ısıtma periyodu (ısı pompası soğutma işletimi) olmayan sistemlerde, zeminin doğal sıcaklık değişimini sağlaması ve uzun süreli işletimde buzlanmayı önlemesi için yeterli ısı değiştirici yüzeyi sağlanmalıdır.

Spiral toprak ısı değiştiricileri

İki değişik tipte spiral ısı değiştirici tipi bulunmaktadır.

- slinky kolektör
- svec kolektör



Şekil 3.93. V TİPİ ÇUKUR TOPRAK ISI DEĞİŞTİRİCİSİ UYGULAMASI

Bunların ilk uygulamaları kuzey Amerika'da yapılmıştır. Slinky uygulamalarında, standart sarmal plastik boru geniş bir çukur içerisine, sarmallar üst üste gelecek şekilde dairesel olarak döşenir. Daha sonra çukur doldurulur. Bu sistem, ısı pompasının her kW ısıtma kapasitesi başına 5-6 m uzunluğunda çukur gerektirmektedir.

SVEC kolektörlerde ise plastik bir boru fabrikada davul şeklinde bir silindirin etrafına sarılmıştır. Montaj esnasında hazırlanan çukur boyunca halkalı yay şeklinde açılarak ve ardından sabitlenerek üzeri yeniden kapatılır.

SLINKY kolektörler, ayrıca dik olarak dar çukurların içerisine yerleştirilebilir. Fakat bu tarz kolektörler, dik



Şekil 3.94. YATAY SLİNKY TOPRAK ISI DEĞİŞTİRİCİSİ UYGULAMASI



Şekil 3.95. DİKEY SLİNKY TOPRAK ISI DEĞİŞTİRİCİSİ UYGULAMASI

spiralleri yüzünden hava birikimi problemi yaşatmaktadır ve Avrupa'da henüz kullanılmamaktadır.

d. Madenler ve Tüneller

Toprak altında yapay olarak oluşturulan boşluklar ısı kaynağı olarak da kullanılabilir. Almanya ve Kuzey Amerika'da kullanılmayan madenlerden, İsviçre'de de büyük tren yollarından ve tünellerden gelen sular bu amaçla kullanılmaktadır.

Madenlerde bulunan su, toprağın üzerindeki sondaj kuyuları ile çekilip tekrar maden tünellerine gönderilir. Su, madenlere genellikle başka bir sondaj kuyusu ile gönderilir, fakat besleme ve boşaltım kuyuları arasında mümkün olabildiğince uzun bir mesafe olmalıdır. Dağ eteklerindeki madenlerde, vadilerden doğal olarak tünellere gelen sular da ısı kaynağı olarak kullanabilir.

Bu sistemlerde, suyun miktarı ve kalitesine bağlı olarak kuyuların ve tünellerin tasarımları uygun olmalıdır.

3.4.5.5 Toprak Kaynaklı Isı Pompası Sistemlerinin Sökülmesi

a. Isı Pompasının Sökülmesi

Isı pompası sökülürken, soğutucu akışkanın ve kompresör yağının doğru olarak boşaltılması gerekmektedir.

b. Isı Kaynağı Sisteminin Sökülmesi

Sistem söküldükten sonra da, yer altı su kaynaklarına her hangi bir zarar verilmemesi sağlanmalıdır. Bu ihtimal, sistem kurulurken de göz önünde tutulmalıdır.

Yer altı suyu kuyularının sökülmesi

Eğer yer altı suyu kuyuları ve ısı pompası sistemi kullanılmayacaksa, ısı pompası parçalarının yer altı suyuna istenmeyen kirletici etkileri ve hasar gören kuyuların patlayarak, çevreye ve insanlara vereceği zararlar önlenmelidir.

Bütün pompalar ve yerin altında kalmaması gereken bütün borular, uygun bir şekilde topraktan çıkartılmalı ve atık olarak değerlendirilmelidir. Açılan kuyular kesinlikle doldurulmalı ve eski jeolojik yapısına geri çevrilmelidir. Yeraltı suyuna zarar vermeyen malzemeler kullanılmalıdır. Sorumlu ve yetkili birimler sökme işleminden mutlaka haberdar edilmelidir.

Yatay toprak ısı değiştiricilerin sökülmesi

Yatay toprak ısı değiştiricilerinde, öncelikle ısı taşıyıcı akışkan, su kullanılarak boşaltılmalı ve devre temizlenmelidir. Akışkan, atık olarak gerekli işlemlere tabi tutulmalıdır. Eğer bölüm 3.4.4.9-b'de anlatılan boru malzemeleri kullanıldıysa, bu malzemeler toprağın altında olduğu gibi bırakılabilir aksi takdirde sökülmelidir.

Dikey toprak ısı değiştiricilerin sökülmesi

Eğer dikey toprak ısı değiştiricileri bir süreliğine kullanılmayacak ise, ısı taşıyıcı akışkan boruların içerisinde bırakılmalıdır. Sistem, yetkili kurumların gerekli periyodik onayını almaya devam etmelidir. Eğer sistem hiç kullanılmayacak ise, boruların içerisindeki taşıyıcı akışkan, su vasıtasıyla boşaltılmalıdır. İlk montaj işlemlerinin başlamasından itibaren, boru malzemelerinin bölüm 3.4.4.9-b'de belirtilen şartlara uygunluğu kontrol edilmelidir, böylelikle bu sistem sökülürken borular olduğu gibi toprağın altında bırakılabilecektir. Toprağın altında bırakılacak olan ısı değiştirici borular, yer altı suyuna zarar vermeyecek malzemelerle yoğun bir şekilde doldurulmalıdır. Ayrıca sorumlu birimler sökme işleminden haberdar edilmelidir.

3.4.6 TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPALARINDA KAYNAK DEVRESİ PLANLAMASI

3.4.6.1 Giriş

Bu bölümde Ashrae'nın "Toprak Kaynaklı Isı Pompaları Kitabı"ndan faydalınılarak, ticari yapılarda Toprak Kaynaklı Isı Pompası uygulamalarının (TKIP) yararları, tasarımı ve kurulumu için gerekli bilgiler sunulmakta ve ısı pompaları kullanımı hakkında bilincin arttırılması hedeflenmektedir. Ayrıca, TKIP sisteminin toprak altı devresi, yeryüzü suyu ya da kuyu suyu, sistemin ihtiyacı olan su debisi ve binanın kapalı su devresinin tasarımı gibi konulara açıklık getirerek TKIP sisteminin seçimi ve uygulanabilirliğinin incelenmesi için gerekli olan bilgileri bir arada sunmaktadır. Sistem tasarımının yanında, kurulum ve devreye alma konularında da yol gösterici ilkeler içermektedir. Bölümde, toprak kaynaklı ısı pompası sistemlerinin altyapı elemanları ve cihazların gereğinden daha büyük seçilmesi ve bundan dolayı oluşabilecek yüksek yatırım maliyetlerinden kaçınmak için yapının ısıtma ve soğutma gereksinimlerini hesaplama yöntemi gözden geçirilmektedir.

TKIP'lar, enerjinin verimli kullanılmasını sağlayan önemli teknolojilerden biridir.

a. Toprak Kaynaklı Isı Pompası Sistemlerinin (TKIP) Gelişimi

Çok zonlu TKIP sistemleri, tek zonlu TKIP sistemleri ile özellikle Amerika'da 30 yıldır uygulanan, klasik çok zonlu su kaynaklı ısı pompası (SKIP) sistemlerinin kombinasyonudur. İlk olarak 1980 yıllarının ortalarında uygulanmıştır. Ticari TKIP sistemleri, su kaynaklı ısı pompası sistemlerinin bütün avantajlarına sahip olmakla birlikte, binaların işletim maliyetlerinin de önemli ölçüde azalmasını sağlamaktadır. Yenilenebilir bir enerji kaynağı olarak kullanılan toprak devresi, uygun şartlar sağlandığında, kış aylarında su kaynaklı ısı pompası devre su sıcaklığını yükseltmek için gerekli olan enerjiyi sağlayan klasik kazanların yerini alır. Özellikle aynı anda ısıtma ve soğutma yapılan binalarda, bu yükler birbirine aşağı yukarı yakın olduğunda, soğutma kulesi ihtiyacı da ortadan kalkabilmektedir. Bu da işletme, hatta yatırım maliyetlerinin düşmesine yardımcı olmaktadır.

Sistem, soğutma yapılan mahallerden aldığı ısıyı ısıtma ihtiyacı olan mahallerde kullanarak ısı geri kazanı-

mı sağlar, böylece toprak veya su kuyusundan çekilebilecek enerji ihtiyacını en aza indirerek, pompa için harcanacak enerjiden tasarruf edilir.

b. Toprak Kaynaklı Isı Pompası Sistem Çeşitleri

Ticari binalarda uygulanabilecek üç farklı TKIP sistemi mevcuttur:

- Toprak ısı değiştiricili TKIP sistemleri
- Yer altı suyu kaynaklı TKIP sistemleri
- Yüzey suyu kaynaklı TKIP sistemleri

Toprak ısı değiştiricili TKIP sistemi, toprak altına yatay veya dikey olarak yerleştirilen borulardan oluşmaktadır. Birbirinden bağımsız olarak toprak altına yerleştirilen boru hatları, paralel olarak bina içerisindeki su devresine bağlanırlar. Özellikle kuzey ülkelerinde yapılan uygulamalarda, kaynak tarafı su sıcaklığının aşırı düşmesine bağlı olarak antifriz kullanımı gerekebilir.

Yer altı suyu kaynaklı ısı pompası sistemi, açık ve kapalı devre olarak uygulanabilir. Açık devre uygulamalarında, yer altı suyu doğrudan ısı pompasına bağlanmakta ve tekrardan kaynağa geri gönderilmektedir. TKIP sistemlerinde yer altı suyunun doğrudan kullanımı, tesisatın kirlenmesi ve daha önemlisi korozyon riskinden dolayı tercih edilmemektedir.

Kapalı devre yer altı suyu kaynaklı TKIP uygulamasında ise, bina tesisat suyu ile yer altı suyu arasında izolasyonlu bir plakalı eşanjör kullanılır. Sistemlerde, genellikle kuyuya gidişi ve dönüşü sağlayan bir dalgıç pompa kullanılmaktadır. Plakalı eşanjör kullanımı ise, az miktarda ısı kaybına neden olmasına rağmen işletim güvenliği anlamında, fayda sağlamaktadır.

Yüzey suyu kaynaklı TKIP'de ise, makara şeklindeki plastik borulardan oluşan ısı değiştiricileri veya dayanımı yüksek plakalı eşanjörler suyun içerisine bırakılır. Isı değiştiricileri daha sonra, toprak ısı değiştiricili sistemlerde olduğu gibi cihazlara bağlanır ve donma riskine karşı, boruların içerisinde dolaşan suya iklim koşullarına bağlı olarak belirli oranda antifriz ilave edilir.

Seçilecek en uygun sistemin hangisi olacağına karar vermemizi sağlayacak birçok seçim kriteri bulunmaktadır. Bu kriterler; yer altı suyunun uygunluğu, yüzey suyunun uygunluğu ve ölçüleri, toprak alanı ve ısıl kapasitesi, yapının yüksekliği ve ölçüleri, mekanik oda alanı ve yerel yönetmeliklere bağlı kullanım koşullarıdır.

c. TKIP Sistemlerinin Avantajları

TKIP sistemi, bina sahiplerine ve kiracılara çok sayıda avantaj sağlamaktadır. Bu bölümde bunlardan birkaçı üzerinde durulacaktır.

Bina sahibine sağladığı avantajlar

- Toprak kaynaklı ısı pompası sitemleri (TKIP), binalarda zonlama yapıldığı takdirde, kiracıların veya mal sahiplerinin taşınmadan evvel cihazların montajını yaptırarak sistemden faydalanmalarını mümkün kılacak esnekliğe sahiptirler.
- Sistem elektrik ile çalıştığı için, elektrik bağlantısı dışında (doğalgaz, LPG vb) herhangi bir bağlantıya ihtiyaç duyulmamaktadır.
- Sistemlerde, mekanik oda kullanımı küçük olduğundan, daha fazla satılabilir veya kiralanabilir alandan yararlanılabilir.
- Binanın dışında bulunan cihaz sayısı az olduğundan bakım ve güvenlik maliyetleri de azalmaktadır. Çatı üzerinde herhangi bir dış ünite kullanılmadığından, mimari açıdan kullanım kolaylığı sağlamakla beraber görüntü kirliliği de oluşmamaktadır.
- Sistem, düşük ses seviyelerinde çalışmaktadır, bu nedenle bina içerisinde herhangi bir gürültüye neden olmaz.
- Toprak kaynaklı ısı pompası sistemleri (TKIP), özelliklede bina içi tesisatında, basit, düşük basınçlı ve iki borulu sistem kullanıldığından, diğer sistemlere göre daha kolay ve ucuz tasarımlara sahiptirler. TKIP sistemleri, ticari binalarda kullanılan klasik HVAC sistemlerine göre daha cazip durmaktadır.
- Çoklu zon dağıtım sistemi sayesinde, cihazlarda ayrı ayrı sorun çıkabilmesine rağmen, merkezi sistemlerde olduğu gibi bütün sistemin aynı anda arızalanması ihtimali düşüktür.
- Filtre değişimi gibi kolay bakım işlemleri, bina personeli tarafından da yapılabileceği için bakım maliyetleri oldukça düşüktür.
- Klasik sistemler yerine TKIP sistemleri kullanıldığı durumlarda, soğutma kuleleri için gerekli bakım işlemleri de ortadan kalkacaktır. Bütün bu gerekçeler değerlendirildiğinde bakım maliyetleri oldukça düşük çıkmaktadır.

Kiracıya sağladığı avantajlar

- Kiracı kendi konforunu kontrol edebilmektedir. Termostatın kontrolünün anlaşılması ve kullanımı çok kolaydır.
- Isı pompası üniteleri, kullanılan odanın dışında, tavan arasına da yerleştirilebilirler.
- Gerek görülmesi durumunda, üniteler yeni yerleşim planına uygun olarak başka yere konulabilirler. İç mekanlarda kolay değişiklik yapılabilir.

d. Alternatif HVAC Sistemleri İle Karşılaştırma Notları

Çok farklı merkezi ısıtma ve soğutma sistem tasarımları, direkt olarak ticari yapı projelerinde de düşünülebilir. Merkezi ısıtıcılı ve soğutuculu sistemler, değişken hava debili (VAV) ve bireysel cihazlarla kullanılmaktadırlar. Küçük ölçekli ticari uygulamalarda TKIP sistemleri, çatı üstü (rooftop) ısıtma ve soğutmada sisteminde olduğu gibi, kullanılan diğer sistemlerle yarışmaktadırlar. Özetle, geleneksel su kaynaklı ısı pompası, göz önünde bulundurulması gereken bir alternatiftir. Su kaynaklı ısı pompaları, tasarım ekipleri tarafından basit ve hızlı tasarlanabilen ısı pompası sistemleri olduklarından, dikey toprak ısı değiştiricili TKIP sistemleri

ile ekonomik yönden karşılaştırabilmektedirler. Bazı yatırımcılar, su kaynaklı ısı pompalarının satın alma ve işletme maliyetlerini bireysel sistemlerle karşılaştırmış ve yayınlamışlardır. Burada verilen değerler, alternatif sistemlerle karşılaştırılabilir.

Su kaynaklı ısı pompası ile karşılaştırıldığında, TKIP ile oluşabilecek olası maliyet artışları:

- **Toprak ısı değiştiricileri:** Sondajlar, çukurlar, borulama, sulu harç, donatılar ve bütün işçilik gibi unsurların fiyatları, bölgeden bölgeye farklılık göstermektedir ve bu değişiklikler dikkate alınmalıdır.
- **Isı pompaları:** Soğuk iklimlerde, giriş akışkan sıcaklığının düşük olması, biraz daha büyük kapasiteli bir ısı pompasına gereksinim duymamıza neden olabilir.
- Büyük kapasiteli ısı pompaları için, büyük debilere karşılık verebilecek daha büyük çaplı borulara ihtiyaç vardır.
- Soğuk iklimlerde, büyük kapasiteli ısı pompalarının ihtiyaç duyduğu daha büyük sirkülasyon pompaları veya çoklu pompa sistemleri gerekir.
- Yüzey sıcaklığının 10°C dereceden az olduğu yerlerde terlemeyi önlemek için borulara izolasyon yapmak gerekir.
- Çalışma aralığı genişletilmiş ısı pompaları, giriş suyu sıcaklığının 0°C derecelere yaklaştığı bölgelerdeki TKIP uygulamaları için tasarlanmışlardır. Klasik su kaynaklı ısı pompalarına nazaran daha pahalıdırlar. Bu da, çoğu su kaynaklı ısı pompasında olmayan ve TKIP cihazında olan etkili tasarım özelliklerine bağlıdır.

Su kaynaklı ısı pompası ile karşılaştırıldığında, TKIP ile elde edilebilecek olası maliyet azalmaları:

- Çoğu TKIP sisteminde, konvansiyonel bir sulu devrede kullanılan ve devre sıcaklığının düşürülmesi için gerekli olan açık/kapalı devre su soğutmalı kule ya da ısı atıcıya, ve sıcaklığın arttırılmasında da kazan veya kazan sistemlerine ihtiyaç duyulmamaktadır.
- Daha ufak mekanik oda alanlarına ihtiyaç duyulur çünkü kazana gereksinim yoktur.
- Çatıya yerleştirilmesi gereken sistemler elemine edilebilirler, böylece mimari açıdan görüntü kirliliği oluşmaz ve çatıda yapılan bakım ve montaj işlemlerine olan gereksinim ortadan kalkar.

3.4.6.2 Arazi Ölçüm Gereksinimleri

TKIP sistem uygulaması ve açık devre yeraltı suyu ile kapalı devre toprak kaynaklı ısı değiştirici arasındaki seçim, doğru bilginin objektif biçimde değerlendirilmesi esasına dayanmalıdır. Bu bölüm, uygulama yapılacak arazi hakkında hangi bilgilere ihtiyaç duyulduğu ve TKIP sisteminin tasarımı hakkında bazı bilgiler içermektedir. Bu bilgiler, sistemin tasarımının temelini oluşturduğundan, arazinin incelenmesi tasarım aşamasının ilk adımıdır.

Bazı araziler, cihaz ve kurulum maliyetini arttıracak özelliklere sahip olmasına rağmen, birçok arazi, TKIP sistemi kurulumu için uygunluk arz etmektedir. Bazı durumlarda, arazinin uygun olmama durumuyla karşı karşıya kalınabilir. Doğru uygulamalar için aşağıdaki bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır.

- arazinin uygunluğu
- arazinin yüzeye yakın bölgelerindeki jeoteknik özellikleri
- toprak örtüsünün yapısı ve kalınlığı
- toprak örtüsü ve kayaçlardaki akiferler, (Akifer; yer altı suyunu tutan ve ileten kayaç ortamı, Kayaç; bir ya da daha fazla mineralin bir araya gelmesiyle oluşmuş yapıdır.)
- kayaçların yapısı
- yeraltı suyunun kalitesi
- doğalgaz ile hidrokarbonların varlığı

Jeoteknik ve hidrojeolojik öğeleri oluşturan bu bilgiler, değişik tipteki TKIP'lerin uygulanmasında arazinin uygunluğunu belirleyecektir. Arazi özelliklerinin başlangıç aşamasında teşhis edilmesi, kurulum aşamasında ortaya çıkabilecek olası maliyet artışlarını ortadan kaldıracağı gibi, sistemin daha verimli çalışmasını sağlayarak, başta yapılan araştırma maliyetlerini de kısa sürede amorti edecektir. Sistemi tasarlayacak ekip, en uygun sondaj ve hafriyat işlemleri için gerekli cihazların seçimi hakkında gerekli bilgi ve birikime sahip olmalıdır. Böylece olası zaman ve maliyet kayıpları da minimuma indirgenecektir. Yeryüzüne yakın katmanlarda yapılacak uygulamaları etkileyebilecek cihaz seçimi ve tasarımıyla ilgili faktörler *Şekil 3.96* ve *Şekil 3.97*'de gösterilmektedir.

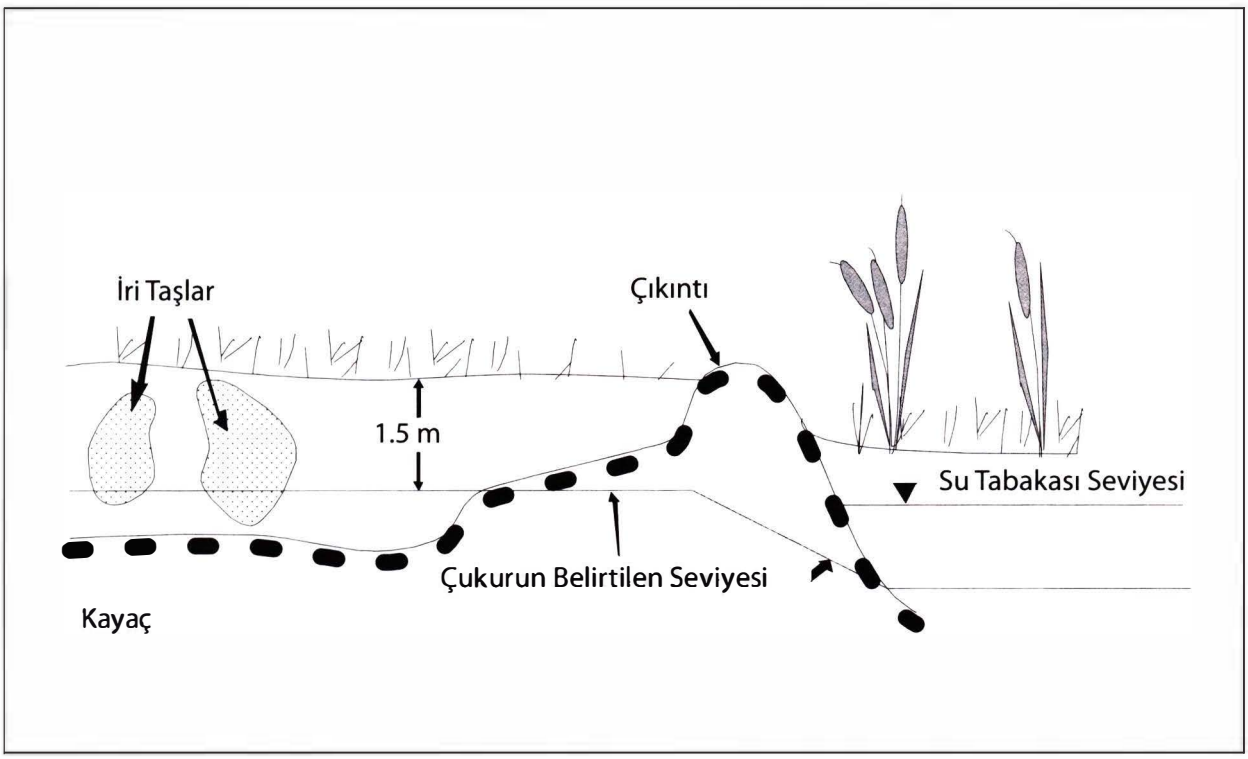
a. Arazi Planı

Başlangıç aşamasında, mal sahibinin mülk üzerinde toprak ve su kaynaklarını kullanım hakkı olup olmadığı incelenmelidir. Tüm TKIP sistemleri için vaziyet planı hazırlanmadan aşağıdaki araştırmalar yapılmalıdır:

- Arazinin fiziksel büyüklüğü ve şekli incelenmelidir.
- Mevcut ve planlanan yapılar belirlenmelidir.
- Ağaçlar ve elektrik direkleri tespit edilmelidir.
- Doğal alanın genişletilmesi ya da derecelendirilmesi ve sonradan yapılma yeraltı suyu kaynakları araştırılmalıdır.
- Kaldırımlar ve alt yapı hizmetleri incelenmelidir.
- Mevcut rögarlar ve kuyular tespit edilmelidir.

b. Yüzey Suyu Kaynaklarının İncelemeleri

Potansiyel bir yüzey suyu kaynağının elverişli bir bölgede kullanıma uygunluğu belirlendiğinde, sudan elde edilen ve dışarıya bırakılan ısının çevresel etkisi değerlendirilmelidir. Kabul edilebilir sıcaklık artış ve azalma limitleri, tasarımcıya zeminin uygun olup olmaması ile ilgili izlenim verecektir. Yukarıda belirtilen ortak arazi planı tasarım kriterlerine ek olarak, yüzey suyu kaynaklı yatırımlarda aşağıdaki bilgilere de gereksinim duyulmaktadır:



Şekil 3.96. YATAY TOPRAK ISI DEĞİŞTİRİCİLİ SİSTEMİ ETKİLEYEN ARAZİ ÖZELLİKLERİ

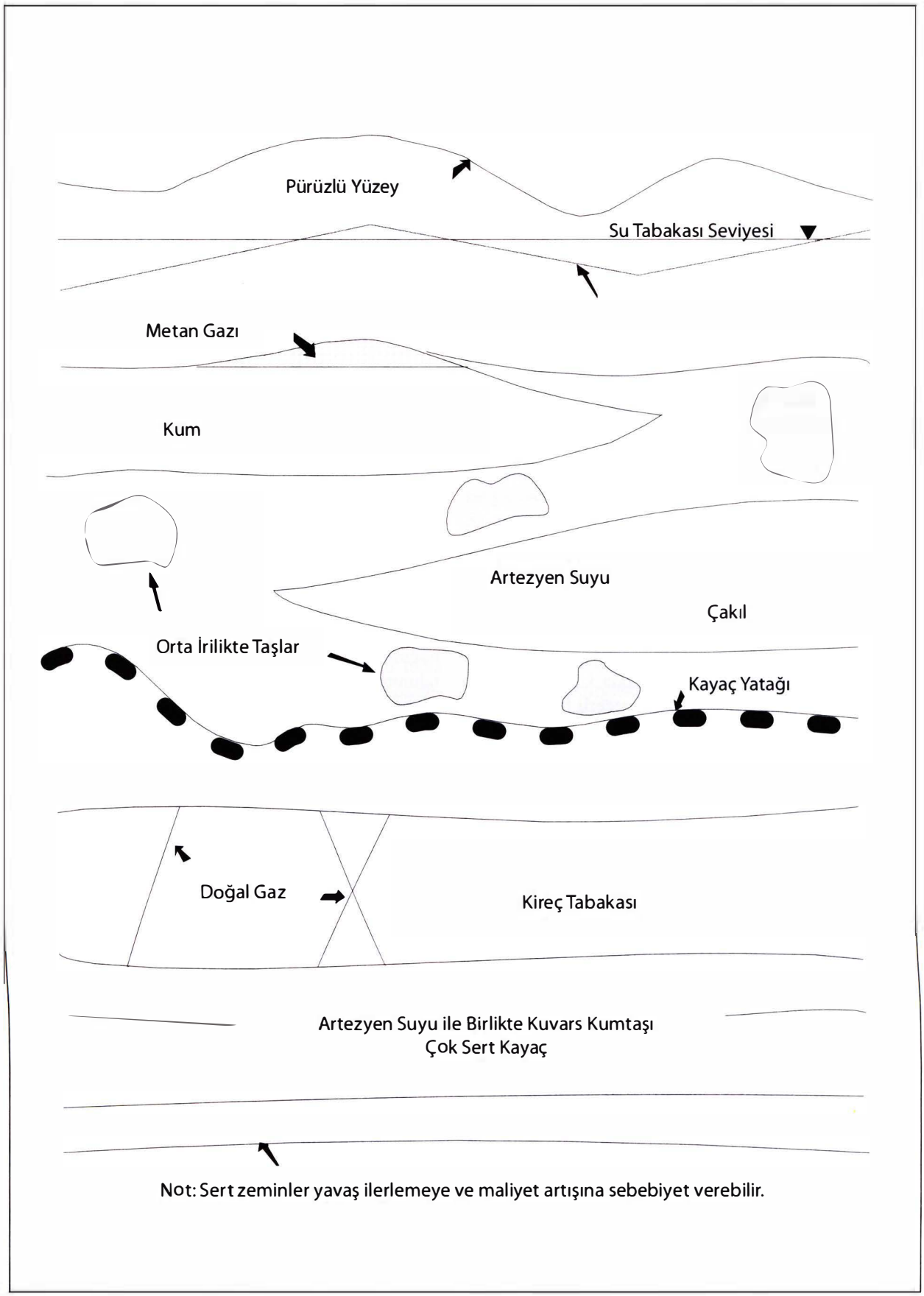
- Suyun diğer kullanımlarından elde edilen bilgiler (sulama, artezyen vb)
- Kazı, yapım, kurulum anlamında izne gerek olup olmadığını bilmek için, arazi geçerli bütün düzenlemelerin incelenmesi ve izne tabi ısı taşıyıcı akışkanların veya diğer sınırlamaların bilinmesi
- Yüzey suyuna bağlı yaşamın, çevre düzenine olan potansiyel etkilerinin bilinmesi
- Su derinliğinin ve yüzey alanının ortalama tahminleri ile su hacminin belirlenmesi
- Isı değiştiricilerinin yerleştirileceği su derinliğinin ölçülmesi
- Suyun içerisindeki ve dışındaki debilerin tahmini değerlerinin belirlenmesi
- Maksimum buz kalınlığı, dalga boyu ve sezonsal su seviyelerinin değişiminin bilinmesi
- Su kalitesinin değerlendirilmesi

c. Jeolojik Ve Hidrojeolojik Unsurların İncelenmesi

Yeraltı suyu kaynaklı bir sistem ele alındığında, hidrojeolojik bir incelemenin yapılması gerekmektedir. Toprak ısı değiştiricisi sisteminin düşünülmesi durumunda jeoteknik araştırma yapılması gerekir. Toprak ısı değiştiricisi sisteminde bile hidrojeolojik araştırmayı optimum kalitede tutmak, sistem kurulumundan ziyade yeraltı suyunun kaliteli kalmasını sağlar. Yeraltı suyunun ısı pompası kullanımından önce kirli olması halinde bu durum belgelendirilmelidir ki, ilerde sistemde suyun kullanılmasından dolayı yaşanabilecek sorunlarda ısı pompası sahibi sorumlu tutulmasın. Yeraltı suyu kaynağının potansiyeli ile arazinin jeolojik potansiyelinin tahmini değerleri, bu iki seçenek arasında kesin sonuca gitmemize yardımcı olacaktır.

Hidrojeologlarının yapmış olduğu, araziye ait teknik incelemeler aşağıdaki unsurlardan oluşmaktadır :

- Kazı işlemleri, delme işlemleri, akışkanlar ve diğer faktörlerin, hangi izinlere tabi olup olmadıklarını karara bağlayan düzenlemelerin incelemelerinin yapılması gerekmektedir.
- Yayınlanmış jeolojik ve hidrojeolojik raporlar ve haritalar varsa, bunların gözden geçirilmesi gerekmektedir.
- Hangi sistemin kullanılacağı kararının önceden alınması durumunda, yapılacak yer altı incelemelerinin zemin çeşidine göre biçimlendirilmesi gerekmektedir.
- Yatay toprak ısı değiştiricileri için test çukurları yeterli olurken, dikey toprak ısı değiştiricileri için test sondaj kuyularının açılması gerekmektedir.
- Yeraltı suyu kaynaklı sistemler için test kuyuları gerekmektedir.
- Hangi sistemin uygulanacağına karar verilmemişse, test kuyusu yaklaşımı bütün sistem seçeneklerine ait bilgilerin elde edilmesi bakımından gerekmektedir.
- Test kuyusu, ısı pompası için kullanılmasa bile eninde sonunda yangın (sprinkler) sistemleri vb için gerekli olan su kaynağı kazıları için gerekli olabilmektedir.



Şekil 3.97. DİKEY TOPRAK ISI DEĞİŞTİRİCİLİ SİSTEMİ ETKİLEYEN ARAZİ ÖZELLİKLERİ

d. Yer Altı Suyu Sistemlerinde Test Kuyularının Özellikleri

Test kuyuları, yer altı suyu kaynağının yeri ve kapasitesine bağlı olarak çekilebilecek su miktarı değerinin tespit edilmesi amaçlı açılırlar. Tahmini değerlerin, beklenenin altında olması durumunda, test kuyusu tasarımcıya, toprak ısı değiştirici sisteminin tasarımı için gerekli bilgileri verecektir.

Yüzölçümü yaklaşık 3.000 m^2'nin altında binalarda kullanılması planlanan yer altı suyu için bir adet test kuyusu açılması önerilir. Daha büyük binalar için en azından iki kuyu açılması gerekmektedir. Aşağıdaki listede test için gerekli maddeler sıralanmıştır:

- Su kullanımına dair geçici bir belge de dahil olmak üzere arazi için gerekli bütün izinlerin alınması gerekmektedir.
- Mülk üzerinde yapılan jeofizik çalışmaları, test kuyularının yerleşimi bakımından yapılmalıdır.
- Test kuyusu için açılan kuyuların, sonradan besleme kuyusu olabilmesi için yerleşimin öngörüyle yapılması gerekmektedir,
- Test kuyusunun çapı, istenilen debide çalışacak sistem pompasının montajına izin verecek büyüklükte olmalıdır.
- Test kuyuları besleme kuyusu veya sürekli gözlem kuyusu olarak kullanılmayacak ise, bölgesel düzenlemelere göre uygun şekilde kapatılmalıdırlar.

e. Test Kuyusu Örneklemesi ve Test Edilmesi

- Hidrojeolog, açılan her kuyu ile ilgili olan verileri toparlamalı, yer altı koşullarının değiştiği derinlik değerlerini not almalı, farklılık gösteren toprak çeşitlerini ve hangi derinliklerde su katmanı olduğunu belirlemeli ve bütün bunları denetlemelidir.
- Sonradan tasarlanabilecek olası bir toprak ısı değiştiricisi analizine imkan sağlanabilmesi amacıyla, kaya zemin verileri kayıt altına alınmalı ve etiketlenmelidirler.
- Düzenli olarak tutulan veriler (stratigrafi), yeraltı suyu derinlikleri, statik su seviyesi, fiziksel özellikler ve çeşitli derinliklerindeki yer altı suyu sıcaklıklarının detaylarını içerirler.
- Kuyu sondajı, temiz ve tortusuz su elde edilene kadar devam etmelidir.
- Bütün test kuyularında, sistem su gereksiniminin aynı debide karşılanabileceğinin ve kuyunun tekrar yüklenebileceğinin test edilmesi için, pompalar en azından 24 saat boyunca çalıştırılmalıdır.
- Pompalama testleri sırasında, yer altı suyu sıcaklıkları ve su örnekleri kimyasal ve mikrobiyolojik ölçümler için kayda alınırlar.
- Mevcut suyun kalitesini ve yer altı suyu sistemlerinde kullanımının uygunluğunu belirlemek amacıyla analizler yapılmalıdır. Test esnasında ve kuyu oluşumundan sonra su analizlerine devam edilmelidir. Su kalitesi testi için lütfen bölüm 3.4.6.2-i'ye bakınız.

Test kuyusu raporu

Hidrojeolog tarafından hazırlanan analiz sonuçlarını içeren bir rapor, mühendisin kullanımı için hazırlanmalıdır. Bu rapor aşağıdaki maddeleri içermelidir:

- Bir ısı pompası sisteminde, yeraltı suyunun çekilmesi ve geri basılmasına ilişkin düzenlemeler hakkındaki görüşler
- Yeraltı suyu akışının hızı ve yönü ile hidrolik yüksekliğin ölçüm değerleri
- Yer altı stratigrafisi, güvenli sürdürülebilir yeraltı suyu seviyesi, sıcaklık profili, toprak iletkenlikleri ve su kalitesi analiz belgelerinin tanımı
- Bu etmenlerin, yer altı suyu kaynaklı ısı pompası ve toprak ısı değiştiricisinin çalışmasına olan etkileri,
- Kuyu yerleri hakkındaki görüşler
- Isı kaynağına bağlı kirletici maddelerin mevcut düzenlemelere göre incelenmesi
- Sondaj metodu, kuyu çapı, kuyu derinliği, kuyu yerleşimi ve dolgu malzemelerinin üretimi ve kurulumuna dair tavsiyeler
- Hidrojeologun, arazinin jeolojik koşullarının delme ve dolgu işlemlerine nasıl etki edeceğini belirttiği bir rapor

f. Dikey Toprak Isı Değiştirici Sisteminin Test Deliği Özellikleri

Fiziksel olarak test delikleri, test kuyuları ile aynıdırlar ancak amaçları farklıdır. Test delikleri, yeraltı suyu kaynağının kapasitesinin belirlenmesinden daha ziyade dikey toprak ısı değiştiricili bir sistemin tasarımı ve planlanması için gerekli verileri sağlarlar. Pompalamaya ihtiyaç olunmayan bir durumda, küçük çaplar kullanılabilir. Test delikleri, yeraltı suyu derinliğine ulaştıklarında, su örneği alınır ve bu örnek sayesinde su ile ilgili kalite değerleri elde edilir.

Yaklaşık 3.000m^2'den küçük bir binada kullanılması planlanan dikey toprak ısı değiştirici için en azından bir adet test deliği önerilmektedir. Daha büyük binalar için en azından iki adet delik açılmalıdır. Her bir test deliği, planlanan en derin ısı değiştirici boyunun 15 m aşağısına kadar açılmalıdır.

Aşağıdaki unsurların haricinde kalan durumlarda, test delikleri için alınan örneklemeler, yapılan testler ve raporlama gereksinimleri test kuyuları ile aynı özellikleri taşımaktadırlar:

- Test deliği derinliğinin üzerinde kalan toprak için ısıl analiz gerekmektedir.
- Isıtma ve soğutma işletimi için kuyu açılması, pompanın test edilmesi ve su için yapılan özel testler uygulanmamaktadır.
- Dolgusu yapılmamış, dikey toprak ısı değiştirici kurulumu için kullanılmayan her test deliği, ya bir hidrojeolog tarafından tasarlanmış bir kontrol kuyusu kurulumu için kullanılmalı ya da tamamen dolgu ile kapatılmalıdır.

g. Yatay Toprak Isı Değiştirici Sistemi İçin Açılan Çukur Özellikleri

Test çukurları, toprak ısı değiştiricisinin tasarımı için gerekli bilgileri sağlamak amacıyla açılırlar. Zemine yakın olan kısımda kaya yatağına, iri taşlara, yüksek su seviyesine ya da nemli toprağa rastlamak, kurulumun tasarım ve planlama açısından verimli olacağının göstergesidir. Sistemin tasarımı, kurulum mevkiinde ya da laboratuar ortamında gerçekleştirilen test sonuçları sonucunda, mevcut toprağın niteliğinden ve ısıl özelliklerinden etkilenebilmektedir. Test çukurları, an azından bir jeoloji teknisyeninin gözetimi altında açılmalıdır.

Bir hektardan küçük bir alanda kurulması planlanan bir yatay toprak ısı değiştiricisi için, daha fazla değişik arazi koşullarıyla karşılaşılmayacağı öngörülene kadar en azından dört adet test çukuru açılmalıdır. İki hektardan daha büyük araziler için, hektar başına en azından iki çukur açılması tavsiye edilir. Test çukurları, ısı değiştiricinin konulacağı derinlikten bir metre daha derine açılmalıdırlar.

h. Gözlem Kuyuları

Gözlem kuyuları, zemin sıcaklıkları, yer altı suyu seviyesi ve yer altı suyu kalitesi gibi yer altına dair verileri toparlamak için kullanılırlar. Bu bilgiler, uzun dönemde kurulu sisteme ait bilgiler verir, ancak bu bilgiler doğrultusunda hesaplanan kazanç proje bütçesi ile çakışmayabilir.

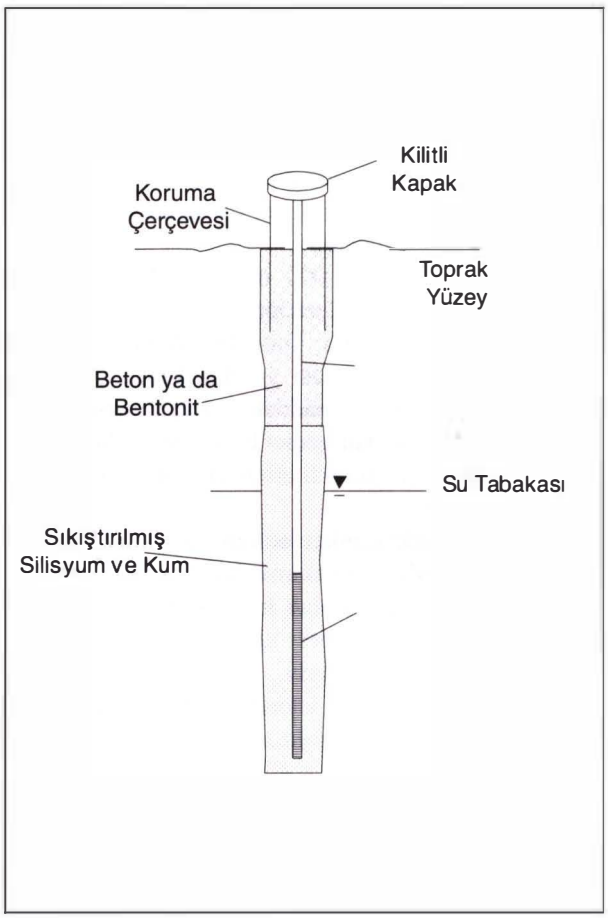
Jeolojik ve hidrojeolojik incelemeler amacıyla, açılmış bir deliğin düzgün bir gözlem kuyusu haline getirilmesi, deliği tamamen dolgu ile kapatmak yerine alternatif bir çözüm olacaktır. Klasik bir gözetleme kuyusu *Şekil 3.98*'de gösterilmiştir. Yüzey suyunun, kuyu içerisine girmesi beton veya bentonit kullanımıyla engellenmelidir. Kuyu temiz tutulmalı ve korunmalıdır.

i. Su Kalitesi

Yer altı suyunun sistem bileşenleri ile doğrudan temas etmesi durumu söz konusu ise, suyun kalitesine dair detaylı bilgilerin edinilmesi gerekir ki; seçilen bileşenlerin malzemeleri ile zeminde bulunan suyun özellikleri uygun seçilebilsin. Kaliteli bir içme suyu elde edilmesi, toprak kaynaklı ısı pompasına zararlı bir etkisinin olmayacağı anlamına gelmemektedir.

Suyun kalitesi, suya bulaşmış saf olmayan maddelerle bağlantılıdır. Bunlar da suda çözünmüş katıları, sıvıları, gazları ve suda çözünmeyen/asılı kalan partikülleri içerirler. Değişik kirleticiler korozyona ve organizmaların çoğalmasına sebep olabilirler.

Bütün bu sonuçlar, sistemin ekonomik performansına etki edebilir. Dolayısıyla sistem tasarımı ve bileşenlerin seçimine önem gösterilmelidir. Tasarım kriterleri, yasal düzenlemelere de uygun olmalıdır. Toprak kaynaklı bir sistemin kurulumundan önce, ısı pompasında meydana gelebilecek problemleri önlemek amacıyla, suyun kalite belgesine ihtiyaç duyulur.



Şekil 3.98. GÖZLEM KUYUSU

Zaman içerisinde yeraltı suyundaki kirletici madde miktarları değişebileceğinden, genellikle sistemin bir ısı değiştirici (eşanjör) vasıtasıyla yer altı suyundan ayrılması tavsiye edilir. Yeraltı suyu, sistem bileşenlerine zarar vermemesi amacıyla şartlandırılıp, ısı değiştiricisi (eşanjör) gereksinimi olmadan kullanılabilir. Bu uygulamada dahi şartlandırılmış suyun toprağa geri basılması çevresel açıdan genellikle kabul edilemez.

Suyun kalite analizi

Suyun kalite analizi, potansiyel çok sayıda bileşeni ve etkileşimi ortaya çıkarmaktadır. Su şartlandırma uzmanı ya da korozyon mühendisi gibi yetkili bir kişiyle, suyun kimyasal değerlendirmesi için bir sözleşme yapılması gerekir. Bu kişiler, tasarıncının sistemde kullanabileceği olası malzemeleri bilmesi gerekir. Uygun testler ve analizler vasıtasıyla, uzman kişi, hangi malzemelerin suyun özelliğinden etkilenebileceğini ve hangi işlemlerin bu etkileri en az seviyeye indirebileceğini teşhis etmelidir.

Oksidasyona sebep olan maddeler sıkça yer altı suyunda bulunurlar. Bu maddeler *Tablo 3.99*'da belirtilmişlerdir. Çözünmüş gazların konsantrasyonları arazide iyi bir şekilde belirlenmekle beraber, diğer bileşenlerin konsantrasyonlarını da belirlemek için laboratuar şartlarında çalışmak gerekir.

KOROZYONA SEBEP OLAN MADDELER	BAŞLICA ETKİLERİ
OKSİJEN	Karbon ve düşük alaşımlı çelik için son derece koroziftir. Konsantrasyonunun 50 ppb'den daha fazla olması ciddi oyuk açılmalarına neden olur.
HİDROJEN İYONU	Çelik korozyonunun hava içermeyen su ile ilk katodik reaksiyonu, hidrojen iyonu indirgenmesidir. Korozyon derecesi 8 pH'ın üzerinde ciddi oranda azalmaktadır. Düşük pH, paslanmaz çeliğin paslanmazlık özelliğini bozabilir. Asitler çimentonun yapısını bozabilir.
KARBONDİOKSİT TÜRLERİ	Çözünmüş karbondioksit pH'ı düşürür. Çeliğin korozyonu ve alkalilik arasında güçlü bir bağ
HİDROJEN SÜLFÜR TÜRLERİ	Kuvvetli katodik etki
AMONYAK TÜRLERİ	Bakır bazlı alaşımlarda SCC'ye neden olur.
KLORÜR İYONU	Çukur açma ve SCC'de klorüre bağlı eşik
SÜLFAT İYONU	En önemli etkisi, çimentodaki korozyondur.

Tablo 3.99. KOROZYONA SEBEP OLAN MADDELER

RYZNAR DİZİNİ	
< 4	UÇ DEĞER
4'TEN BÜYÜK 5'TEN KÜÇÜK	KUVVETLİ
5'TEN BÜYÜK 6'DAN KÜÇÜK	ORTA
6'DAN BÜYÜK 7'DEN KÜÇÜK	HAFİF
>7	YOK
Ryznar dizini = 2xpHs - pHa pHs : Kalsiyum karbonatın çökeleceği pH derecesi pHa : Akışkanın ölçülmüş pH derecesi	

Tablo 3.100. RYZNAR KARARLILIK DİZİNİ

Kalsiyum karbonatın eğiliminin ölçeklendirilmesi, Ryznar kararlılık dizini ya da Langelier doyma dizini kullanılarak yapılır. Bu işaretler genel anlamda bileşenleri hesaplamalarına rağmen, alçı ve çözünmüş diğer tuzlar gibi maddelerin varlığını göz ardı ederler. Halbuki su kalite uzmanı, bu bileşenleri hesaplar. *Tablo 3.100*'de, Ryznar dizini kullanılarak tahmini su ölçeklendirme seviyeleri özetlenmiştir.

Tablo 3.101'de verilen bazı su koşullarında, sıklıkla bakteri zehirlenmesi olarak da adlandırılan ve akışın engellenmesine bağlı korozyona istinaden organizma çoğalması ortaya çıkabilir. Su kalite uzmanı, potansiyel bakteri çoğalmasına karşı uygun testleri yapmalı ve gerekli kontrol tavsiyelerini belirtmelidir.

Su kalite uzmanı, gerekirse yakın arazilere ait yer altı suyu özelliklerini incelemelidir.

Bu kılavuzda, tipik küçük bir ofis binası örnek olarak alınacaktır. Bu ofis binası, yaklaşık 5.600 m^2 alana kurulu, üç katlı ve dış cephesi cam kaplama olan bir binadır. Binanın Toronto'da olduğu ve ASHRAE 90.1-1989 standartlarına uyduğu kabul edilmiştir. Ofis binası, şehir dışındaki banliyö bölgesinde, bina alanının 3 katı büyüklüğünde bir araziye inşa edilmiştir. Bina haricinde kalan alan, yatay sistem kurabilmek için yeterince büyük değildir. Arazi ile ilgili önemli bilgiler aşağıda sıralanmıştır:

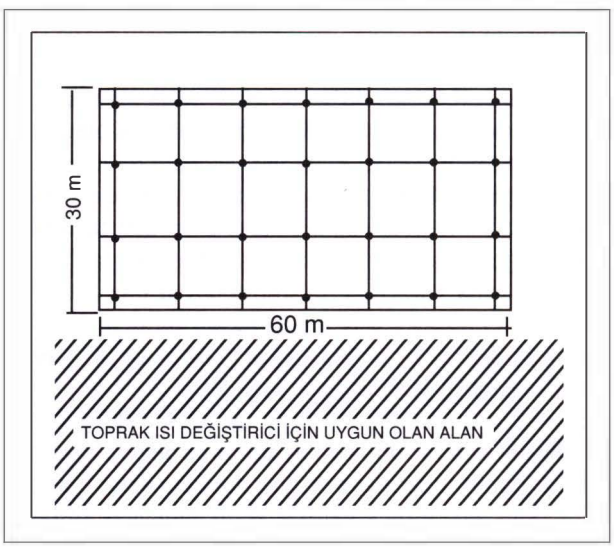
- pH 6,0 - 8,0
- Çözünmüş O_2 < 5 mg/l
- Ferruzlu demir > 2mg/l
- İndirgenme şiddeti 14,5 - 21
- Su sıcaklığı 7,8 - 16,1°C
- Redoks potansiyeli (E_h) > 10 mV

İndirgenme şiddeti rH = (Eh / 0,0992xT) + 2 pH

T : mutlak sıcaklık (K)

E_h: Normal hidrojen elektroduna göre potansiyel oksijen indirgenmesi (mV)

Tablo 3.101. BAKTERİ BÜYÜMESİNE SEBEP OLAN KOŞULLAR



Şekil 3.102. ÖRNEK BİR OFİS BİNASI

- yüzey suyu mevcut değildir.
- yer altı suyu miktarı yeterli değil ve düşük kalitede
- toprak kaynaklarının kullanımını yasaklayan herhangi bir belediye düzenlemesi yoktur.
- kuyu kayıt defterinde toprakta hidrokarbonların olduğuna dair herhangi bir ifade yoktur.

- kuyu kayıt defteri aynı zamanda 35 metre derinliğinde granit olduğunu belirtmiştir.

3.4.6.3 BİNA YÜKÜNÜN HESAPLANMASI

Sistem seçimi yapılmadan önce, cihazların boyutlandırılması, toprak kaynaklı ısı pompasının tasarımının ve sistem tarafından karşılanması gereken ısıtma ve soğutma yüklerinin hesaplarının yapılması gerekmektedir. İlk olarak bina zonlara ayrılmalıdır. Daha sonra ise, her bir zondaki ısıtma ve soğutma yükleri belirlenmelidir. Son olarak, blok yükleri olarak da adlandırılan, binanın toplam yükleri hesaplanmalıdır. Modelleme ile birlikte, zonlar için gerekli olan ısı pompaları seçilir. İkinci olarak da, kazan vb cihazlar boyutlandırılır ve/veya toprak kaynağı gereksinimleri belirlenir. Bunlar su kuyusu ya da ısı değiştirici gereksinimleridir.

Bu bölümde binanın zonlanması, tasarım ve ısıtma ile soğutma yüklerinin hesaplanması konularına yer verilmiştir.

a. Bina Zonlaması

Bir zon, binada bir adet termostat ile hizmet gören ya da alternatif olarak birkaç ısı pompasına karşılık gelen birkaç termostat ile hizmet gören yerdir. Bir zondaki bölgeler her zaman benzer yüklere sahip olmalıdırlar.

Genel kural olarak, termal zonlar benzer işlevlere, benzer termostat ayarlarına, kişi sayısına, cihazlara, aydınlatmaya bağlı benzer yüklere, benzer güneş ışığı kazanımlarına ve benzer havalandırma yüklerine sahip mahallerden oluşurlar. Çevre zonlar aynı yönelmeye ya da ana yöne sahip olmalıdırlar. İç alanların geniş dış yüzeyleri olmamalıdır. Açık bir ofiste, ayırıcı duvarlar olmamasına rağmen çevrede ve içeride farklı yüklemeler oluşmaktadır.

Bir yapıda, üst ve alt katlar, orta katlardan farklı şekilde ele alınmalıdırlar. Bu iki örnekte, çatı ve zemin yükleri ile ana girişteki sızmalar, diğer katlarla olan farkı ortaya koyarlar.

Yaz mevsiminde, bir binanın iç zonu sadece insanlardan, cihazlardan, aydınlatmalardan ve havalandırmalardan gelen soğutma yüküne sahiptir. Kış aylarında havalandırma yükleri, özel durumlarda; mevcut insan sayısına, cihazların açık ya da kapalı olma durumlarına, iç ve dış hava sıcaklık farkına bağlı olarak, toplam ısı enerjisi ihtiyacını arttırır.

Binanın kesin zonlaması yapılmadan evvel, kullanım bilgilerini, ihtiyaç duyulan aydınlatma değerlerini, kullanım alanı bilgilerini ve ihtiyaç duyulan detaylı mimari planları elde etmek gerekir. Aynı zamanda, tasarımı etkileyebilecek yerel yapı yöntemlerinide dikkate almak gerekmektedir.

b. Zonlama Yapılan Mahaller İçin Gerekli Olan Isıtma Ve Soğutma Yüklerinin Hesaplanması

Bina zonlaması yapıldıktan sonra, ısıtma ve soğutmaya ait tasarım ve pik yükler hesaplanır. Binanın planı ve diğer bilgiler aşağıdakilerin hesaplanması için gerekmektedir.

- Bina cephesinin ısı geçirgenlik katsayısı
- Güneş ışınımı kazanımları
- İnsanlardan, aydınlatmadan ve cihazlardan kaynaklanan iç kazanımlar
- Sızdırma kayıp ve kazançları
- Havalandırma kayıp ve kazançları

Her zonda maksimum kayıp, ve kazançların belirlenmesi gerekir. Bir mahaldeki maksimum soğutma yükü, iç ısı kazançlarının önemli olmadığı Temmuz ya da Ağustos aylarında, maksimum güneş ışınımı kazanımı olduğu anda ortaya çıkar. Kuzeye bakan çevre zonlar yaz aylarında en düşük güneş ışınımına sahipken, güneye bakan zonlar, en yüksek ışınıma sahiptirler. Kış aylarında ise maksimum güneş ışınımları sabah saatlerinde elde edilir. Bu genel saptamalar, iç yüklerde sezonsal değişikliklerin meydana geldiği binalar için geçerli değildir.

Bundan sonraki bölümlerde, kısaca ısıtma ve soğutma yüklerinin hesaplanmasına dair konular işlenecektir. Tasarımcının bilgisayar destekli hesaplamalar yapması önerilmektedir.

c. Zonlar İçin Isıtma Yükü Hesabı

- Tasarımcı, ilk olarak dış hava şartlarını belirlemelidir.
- Dış hava koşullarına bağlı olarak, iç ortamda elde edilmesi istenen sıcaklık belirlenir. Isı yükünün belirlenmesi, ısı pompasının boyutlandırılması için gerekmektedir. Makul bir konfor seviyesini elde etmek ve aşırı büyük bir cihaz konulmasını engellemek amacıyla bir iç sıcaklık değeri seçilir. Şartlandırılacak alanın kullanım şekline bağlı olarak bağıl nem ve sıcaklık değerleri seçilir.
- Isıtılmayan mahallerdeki sıcaklık değerleri için kabuller yapılır. Bu alanlar, dış ve iç sıcaklık değerleri arasındaki ortalama bir sıcaklığa sahip olmalıdırlar.
- Her zon için, ısı geçirgenlik katsayılarını seçmek ve duvar, zemin, tavan, kapı ile döşeme tabanlarındaki ısı kayıplarını hesaplamak gerekir.
- İnfiltrasyon kaynaklı ve havalandırmaya bağlı ısı yüklerinin hesaplanması gerekir. Mekanın dolu olduğu zamanlarda havalandırmaya bağlı infiltrasyon yükleri azalırken, mekanın boş olduğu zamanlarda havalandırma azalacağı için infiltrasyon yüklerinde artış görülecektir.
- İnfiltrasyona ve havalandırmaya bağlı tüm yükler hesaplanır ve mahallin ısı kaybına eklenir. Şartlandırılmayan mahallerden geçen gidiş ve dönüş kanallarının kayıpları hesaplanır ve cihaz kapasite hesabına eklenir.
- Çevre zonlardaki ısı yükleri hesaplanırken, iç kazanımlar ihmal edilebilir. Isıtma sezonunun belli zamanlarında çekirdek zonlarda soğutma ihtiyacı ortaya çıkabilir.
- Her zon için sonuçta elde edilen ısıtma yükleri ile duyulur ve toplam soğutma yükleri, uygun kapasitede ısı pompası seçmemize yardımcı olur.

d. Zonlar İçin Soğutma Yükü Hesabı

- Bina ısı kaybının belirlenmesinden farklı olarak, soğutma yükünün ortaya çıkış saati aynı doğrulukta önceden belirlenemez. Zonun soğutma yükü, gün içerisinde birkaç saatlik aralıklarla değişen kişi sayısı, güneş ışınımı gibi değişkenler doğrultusunda hesaplanır.
- Elle veya bilgisayar destekli hesap yöntemleri için veri sayfası oluşturulması tavsiye edilir.
- Soğutma yükü hesabı, günün farklı saatlerine göre hesaplanmalıdır. Genellikle en sıcak günlere göre yapılmalıdır. Eğer ele alınan bina, okul örneğinde olduğu gibi, yaz aylarında az soğutma yüküne ihtiyaç duyulan bir yapı ise değerlendirmeler ona göre yapılmalıdır.
- Maksimum iç yüklerin (insanlar, aydınlatma, cihazlar) gerçekleştiği saatler, maksimum soğutma yüküne ihtiyaç duyulan saatlere karşılık gelmektedir. Ofislerde bu yükler genellikle akşam üstü çalışma saatlerinin sonunda oluşmaktadır. Havalandırma ve infiltrasyon yükleri de öğleden sonra maksimum değerlerine ulaşmaktadırlar. Güneş ışınımı yükü ise camların yönlerine bağlıdır.
- Tüm zon yükleri hesaplandıktan sonraki adım ise binanın maksimum yükünü belirlemektir.

e. Blok Isıtma ve Soğutma Yükleri

Blok ısıtma ve soğutma yüklerinin bilinmesi, kazan, kule vb cihazların boyutlandırılması, toprak ısı değiştiricisinin ya da kuyu suyu ihtiyacının tayini için gereklidir. Bina maksimum yük altındayken, her bir zonun yüklerinin toplamından blok yüklerini elde ederiz. Isıtma blok yükü genellikle gece saatlerinde ortaya çıkmaktadır. Zonun soğutma yükü, gün içerisinde birkaç saatlik aralıklarla değişen kişi sayısı, güneş ışınımı gibi değişkenler doğrultusunda hesaplanır. Bu yükler aşağıdaki gibi bir araya getirilirler:

- Her zon için saate bağlı soğutma yükleri ve en yüksek toplam yükün gerçekleştiği saat göz önüne alınarak cihaz boyutlandırılır.
- Bütün zonlara etki eden ısıtma yükü kapasiteleri toplanır.

Burada elde ettiğimiz blok ısıtma ve soğutma yükleri, toprak ısı değiştiricisinin ya da su kuyusu gereksinimlerinin belirlenmesinde gerekli olacaktır.

f. Yıllık Isıtma Ve Soğutma Yükleri

Bu bölüme kadar yalnızca zonlamaya, maksimum yük hesaplamalarına ve blok yüklerine yer verildi. Tasarım yükleri ve maksimum yük miktarları, zonlardaki ısı pompalarının boyutlandırılması, borulama ve dağıtım sistemlerinin seçimi, pompaların boyutlandırılması için gereklidir.

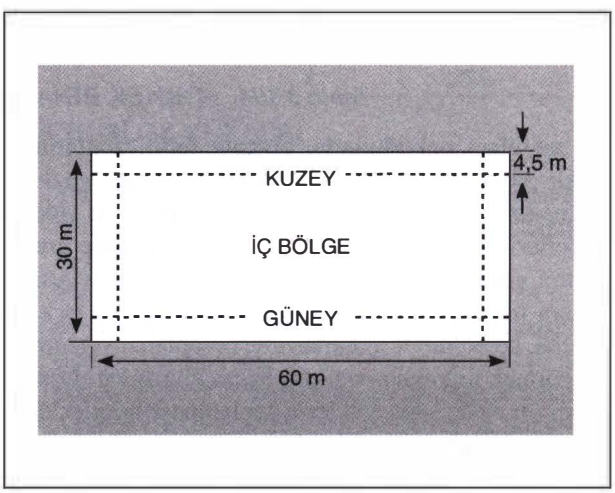
Bölüm 3.4.6.5 toprak ısı değiştiricisinin boyutlandırılması ve tasarımı konularını içermektedir. Toprak ısı değiştiricisi, ısı pompasının performansının bozulmamasını ve sistemin mali yönden optimizasyonunu sağlamak amacıyla, su çevriminin sıcaklığı maksimum ile minimum değerler arasında kalacak şekilde boyutlandırılmalıdır. Toprak ısı değiştiricisi boyutu maksimum yüklerden ziyade saat başına verilen ve alınan ısı değerlerinin toplamına göre hesaplanmalıdır. Bu da, yük hesaplamalarını saatlik enerji analizi ile yapmamızı gerektirir.

Temel olarak toprak bir ısı deposudur. Zaman zaman depoya ısı atılırken (bina soğutma modundayken), zaman zamanda depodan ısı çekilmektedir (bina ısıtma modundayken). Bu sebeple, toprak ısı değiştiricisini tasarlarken ilk olarak önerilen binanın saatlik enerji analizini yapabilen bir simülasyon programı kullanılması tavsiye edilir.

Saatlik enerji analizi, programda mevcut referans su kaynaklı ısı pompası verilerine göre yapılır. Program referans ısı pompasına göre, su döngüsü sıcaklıkları için temel tahminleri ve yazılımda uygulama alanı verilerine bağlı olarak, saatlik simülasyonları yapar. Buna bağlı olarak binanın ısıl dengeye sahip olması durumunda, sistemin kaynağa net ısı atımı ve kaynaktan net ısı çekişini hesaplar. Bu değerleri, aylık toplam değerlere ulaşmak için ayrı ayrı toplamak gerekir. Aynı model aylık ortalama su devresi sıcaklıklarını tahmini olarak belirler. Bu değerler başlangıçtaki değerlere yakın değil ise saatlik enerji analizi toprak ısı değiştiricisi tarafından belirlenen değerler ışığında tekrarlanır.

Şekil 3.103'de görünen örnek bina, yaklaşık 5.600m^2 alan üzerine kuruludur ve binaya ait ısıtma ve soğutma yükleri bilgisayar destekli enerji analiz programı vasıtasıyla hesaplanmıştır. Bina 27 zona ayrılmıştır. Kat başına 9 zon düşmektedir. Her çevre zonun derinliği yaklaşık 5 m civarındadır.

Her bir zonun maksimum ısıtma yükü ve duyulur soğutma yükü bilgisayar destekli programla hesaplanmıştır ve *Tablo 3.104*'de gösterilmiştir. Isı pompalarının boyutlandırılması buradaki değerlere göre yapılır. Blok ısıtma ve soğutma yükleri ise *Tablo 3.105*'de verilmiştir.



Şekil 3.103. ÖRNEK BİNANIN İÇ YAPISI

MAHALLERİN PİK YÜKLERİ ISITMA/SOĞUTMA					
MAHAL	YÖN	Pik Isıtma Yükü		Pik Duyulur Soğutma Yükü	
		kW	zaman	kW	zaman
1. KAT	Kuzey	12,8	Şub.16,08:00	11,3	Haz.8,17:00
	Güney	12,0	Şub.16,08:00	10,5	Agu.16,16:00
	Doğu	5,4	Oca.2,04:00	8,8	Tem.6,24:00
	Batı	5,5	Oca.2,04:00	7,4	Agu.16,17:00
	Çekirdek zon	9,8	Oca.2,06:00	27,8	Tem.6,14:00
	KB köşe	2,2	Şub.16,08:00	1,9	Haz.8,17:00
	GB köşe	2,1	Şub.16,06:00	2,8	Agu.16,14:00
	GD köşe	2,1	Şub.16,06:00	2,8	Tem.6,24:00
	KD köşe	2,1	Şub.16,08:00	2,2	Agu.16,17:00
2. KAT	Kuzey	12,6	Şub.16,08:00	11,4	Haz.8,17:00
	Güney	12,5	Ara.19,06:00	19,4	Tem.6,24:00
	Doğu	5,7	Oca.2,04:00	8,8	Agu.16,17:00
	Batı	5,8	Oca.2,04:00	7,5	Tem.8,17:00
	Çekirdek zon	10,8	Oca.2,06:00	27,7	Agu.16,17:00
	KB köşe	2,1	Şub.16,08:00	1,9	Haz.8,17:00
	GB köşe	2,2	Ara.19,06:00	2,8	Tem.7,14:00
	GD köşe	2,2	Ara.19,08:00	2,8	Tem.19,11:00
	KD köşe	2,1	Şub.16,08:00	2,2	Agu.16,14:00
3. KAT	Kuzey	15,8	Şub.16,08:00	12,0	Haz.8,17:00
	Güney	15,2	Ara.19,06:00	19,3	Agu.16,17:00
	Doğu	6,8	Oca.2,04:00	8,7	Agu.16,16:00
	Batı	6,8	Ara.2,08:00	7,5	Agu.16,14:00
	Çekirdek zon	24,3	Oca.2,04:00	31,0	Tem.6,24:00
	KB köşe	2,4	Ara.19,08:00	2,0	Haz.8,17:00
	GB köşe	2,3	Ara.19,08:00	2,8	Tem.6,24:00
	GD köşe	2,3	Şub.16,08:00	2,8	Tem.8,17:00
	KD köşe	2,3	Oca.2,04:00	2,2	Agu.16,17:00

Tablo 3.104. ÖRNEK BİNA İÇİN MAHALLERİN PİK YÜKLERİ

Bu tablolara bakıldığında, binanın farklı zonlarında, farklı saatlerde, farklı ısı yükleri oluştuğu gözlemlenmektedir. Örnek olarak, ısı kayıplarının en yüksek değerlerinin kış aylarında ve sabah saatlerinde ortaya çıktığı görülürken, ısı kazançlarının ise yaz aylarında akşam üzeri ortaya çıktığı görülmektedir. Bu tarz bir analizi, bu bölümde anlatılan elle hesaplama yönteminde görmek mümkün değildir. Fakat bilgisayar destekli program sayesinde, yüklerin toplanması bilgiler doğrultusunda gerçekleşmektedir.

Bu analizin yapıldığı binada, havalandırma sistemlerinde ön ısıtma yapılmadığı için çekirdek zonlarda kış aylarında özellikle binanın boş olduğu sabah erken saatlerde ısı kaybı miktarının artmakta olduğu gözlenmektedir.

3.4.6.4 Sistem Seçimi

Burada bölüm 3.4.6.3'de hesaplanan ısı yüklerine uygun olan toprak kaynaklı ısı pompası seçimine değinilecektir. Bu bilgiler ışığında, ısıtma ve soğutma sezonlarında, sistemin kaynağa net ısı atımı ve kaynaktan net ısı çekişini belirleyebilme olanağımız olacaktır.

a. Isı Pompası Sistemi Seçimi

Bölüm 3.4.6.1'de ısı pompası sistemleri ile mevcut alternatif sistemlerin karşılaştırılması yapılmıştı. Bu bö-

BLOK YÜKLERİ			
MAHAL	YÖN	Isıtma Yükü	Duyulur Soğutma Yükü
		kW	kW
		Şub.16,08:00	Haz.8,17:00
1. KAT	Kuzey	12,8	11,3
	Güney	12,0	15,4
	Doğu	5,3	6,4
	Batı	5,5	6,7
	Çekirdek zon	6,2	28,9
	KB köşe	2,2	1,9
	GB köşe	2,1	2,3
	GD köşe	2,0	2,2
	KD köşe	2,1	1,8
2. KAT	Kuzey	12,6	11,4
	Güney	11,8	15,5
	Doğu	5,2	6,5
	Batı	5,4	6,8
	Çekirdek zon	8,6	28,9
	KB köşe	2,1	1,9
	GB köşe	2,0	2,3
	GD köşe	2,0	2,2
	KD köşe	2,1	1,9
3. KAT	Kuzey	15,8	12,0
	Güney	14,6	16,0
	Doğu	6,4	6,7
	Batı	6,6	7,0
	Çekirdek zon	22,8	31,6
	KB köşe	2,4	2,0
	GB köşe	2,3	2,3
	GD köşe	2,2	2,3
	KD köşe	2,3	1,9
Blok Pik Yükler		**177,6**	**236,0**
Blok Pik Toplam Soğutma Yükü			**287,0**

Tablo 3.105. ÖRNEK BİNA İÇİN BLOK YÜKLERİ

lümde ise projemize en uygun ısı pompası sisteminin seçiminin nasıl yapılacağı anlatılacaktır. Arazi şartlarının incelenmesi sonucu daha başlangıçta bir ya da birkaç alternatif sistemin uygun olmayacağı görülebilir. Bu bölümde kısaca üç farklı toprak kaynaklı sistemin karakteristik özelliklerini inceleyeceğiz.

Yer altı suyu sistemleri

Yer altı suyunun, uygun kalitede ve yeterli olması ile yerel düzenlemelerin izin vermesi durumda, tasarım için gerekli ön çalışmalar yapılmalıdır. Aşağıda göz önünde bulundurulması gereken birkaç noktaya değinilmiştir:

- Yer altı suyunun debi gereksinimi, yer altı suyuna atılacak ve yer altı suyundan çekilecek maksimum ısı değerlerine göre belirlenir.
- Yer altı suyu sistemlerinde, kaynak tarafının primer devresi ile sekonder devresi arasında paslanmaz çelik eşanjör kullanılmalıdır. Böylece boruların içerisinde potansiyel korozyon oluşumları da engellemektedir.
- Açık devre sistemlerde, yer altı suyunun pompalanması için gerekli olan enerjiyi azaltmak için binanın çok yüksek olmaması gereklidir.

- Plakalı eşanjör kullanılan kapalı devre sistemlerde, bina yüksekliğinin önemi kalmamaktadır.
- Yer altı suyu kullanılan kapalı devre sistemlerde, ısı kaybını azaltmak için sekonder devrede borulara ve eşanjöre izolasyon yapılması gereklidir. Kapalı devre sistemde antifriz kullanılması genellikle tavsiye edilir.
- Yer altı suyu kullanılan sistemlerde, yatırım maliyetleri, kapasite seçimine bağlı olarak doğrusal biçimde artıp azalmadığı için, büyük binalarda yapılan uygulamalar, küçük binalarda yapılan uygulamalara göre daha karlı olabilmektedir.
- Isı pompası işletim sıcaklıkları, kış aylarında +5°C ile +10°C aralığında, yaz aylarında ise yaklaşık +30°C dir.

Yüzey suyu sistemleri

Yüzey suyunun elverişli olması durumunda, tasarım için gerekli ön çalışmalar yapılmalı ve sistem etüt edilmelidir. Aşağıda göz önünde bulundurulması gereken birkaç noktaya değinilmiştir:

- Ticari yapılarda, genellikle yağmur suyunun drenajı ve depolanması ya da sadece estetik nedenlerle geniş havuzlar oluşturulması gündeme gelebilir.
- Ticari yapılarda, yüzey suyuna atılacak ve yüzey suyundan çekilecek maksimum ısı değerlerine göre havuz ebatları belirlenmelidir. Bu tip uygulamalarda oluşturulması gereken minimum su yüzeyi alanı 280 m^2 ve derinliği de 2 m olmalıdır.
- Yüzey suyu uygulamalarında bina yüksekliği kısıtlaması yoktur. Sadece ısı yüklerine bağlı, alan ve derinlik kısıtlamaları mevcuttur.
- Bu tip sistemlerde, ısıtma sezonunda yüzey suyu sıcaklığı soğuk iklimlerde -1°C mertebelerinde, ılıman bölgelerde ise 10°C mertebelerindedir. Soğutma sezonunda ise su sıcaklığı 26°C ile 35°C aralığındadır.

Toprak ısı değiştirici sistemi

Isı değiştiriciler için gereken toprak yüzey alanı, uygulamanın dikey ya da yatay olmasına bağlı olarak değişmektedir. Aşağıda göz önünde bulundurulması gereken birkaç noktaya değinilmiştir:

- Dikey uygulamalarda, altı kata kadar uygulama yapılabilir. Daha sağlam borulama (basınca dayanımlı) yapılması durumunda koşullar değişebilir. Ancak daha sağlam bir borulama yapılması maliyet bakımından pahalı olmaktadır ve uygulama sırasında çalışma koşullarını zorlaştırmaktadır.
- Isı pompaları çevre enerjisini çeşitli kaynaklardan alabildikleri gibi bu ortamların sıcaklıkları da mevsimlere göre değişiklik göstermektedir. Örnek olarak hava sıcaklıkları farklı bölgelere ve mevsimlere bağlı olarak -20°C ile +30°C arasında değişmekteyken, toprak sıcaklıkları ise 0°C ile 15°C arasında değişmektedir.
- Toprak sıcaklıkları yaklaşık 15 m derinlikten sonra genellikle o bölgenin ortalama hava sıcaklığına ulaşmaktadır ve her 33 m de 1°C artmaktadır.
- Toprak kaynaklı ısı pompası sistemlerini devreye almak için yaz ayları tercih edilmemelidir. Çünkü, soğutma işletiminde devreye alınan sistemler toprak sıcaklığını arttıracağından toprak içerisindeki nemin azalmasına neden olacaktır.Böylelikle toprağın ısı iletim özelliği azalacaktır.
- Kapalı devre su soğutması ya da başka türlü bir ısı destek sistemi daha önceden mevcut ise yatay ve dikey uygulamanın verimi %25 artabilir.
- Su devresi sıcaklıklarının 7,2°C'den az olması durumunda, yoğuşmayı önlemek için boruların izolasyonlu olmaları gerekir. Bazı harici uygulamalar dışında, tüm sistemlerde antifrize gereksinim olacaktır.

Açık devre sistemler haricinde, yukarıda bahsi geçen tüm sistemlerde ısının geri kazanımı mevcuttur. Isının geri kazanımı özellikle, çekirdek zonun yıl boyunca soğutulduğu ve çevre zonların ihtiyaca göre şartlandırıldığı binalarda gerçekleşmektedir.

b. Her Zon İçin Isı Pompası Seçimi

Sistem seçimi yapıldıktan sonra, bölüm 3.4.6.3'de yer alan yük hesaplamalarına bağlı olarak zonlar için gerekli ısı pompası seçimi yapılır.

Öncelikle, cihazın nerede kullanılacağına karar verilmelidir. Konsol üniteler pencere altına, yatay üniteler gizli veya açıkta olmak üzere tavana, dikey üniteler ise genellikle mekanik odalara yerleştirilebilir.

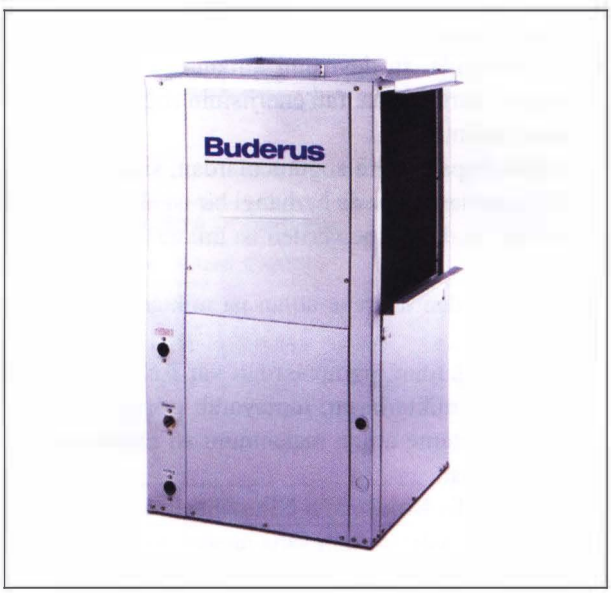
Özel sudan suya ısı pompaları, kullanım suyu ısıtmasında, taze havanın ön ısıtma veya soğutmasında ve diğer proseslerde kullanılabilir. Bu ısı pompaları sadece ısıtma ya da ısıtma ve soğutma işletimi için uygundurlar.

Seçim prosedürü aşağıdaki işlemlerin yapılmasını gerektirmektedir:

- Isı pompaları her zon için duyulur soğutma yüküne göre seçilmelidir. Bu seçim, duyulur soğutma yükünün en az %95'ini karşılayacak şekilde yapıldıktan sonra, gizli ısınında tamamının karşılanıp karşılanmadığı da kontrol edilmelidir. Daha sonra, cihazların ısıtma kapasitesini projedeki ısıtma yüküyle karşılaştırmamız gerekir.
- Bir cihaz, gerekli duyulur soğutma yükünün %125'ini aşmayacak şekilde bir büyük kapasitede seçilebilir. Bu durumda, enerji ekonomisi için, cihazın frekans kontrollü (ECM) veya çok devirli bir fanı olması ve nem kontrolü için otomatik debi ayarı yapabilmesi gerekir.
- Eğer ısıtma işletiminde, pik yük gece bina kullanımda olmadığında oluşuyorsa, sistemi ısıtma yüklerine göre tekrardan incelemek veya boyutlandırmak gerekmeyebilir.
- Çekirdek zon bulunan bir binada, çekirdek zonda ısıtma yükü olmaması durumunda, sabit debili,

sadece soğutma yapan, su soğutmalı üniteler kullanılabilir. Soğutma yükünün gün içerisinde çok değişken olması durumunda çekirdek zonda değişken debili ve su soğutmalı üniteler düşünülebilir. Çevre zonlarda, çekirdek zonun kapalı devreye attığı ısıyı geri kazanım anlamında kullanılabilir..

- Giriş havası sıcaklığının genellikle, soğutmada 27°C kuru termometre ve 19°C yaş termometre sıcaklığı ve ısıtmada 20°C yaş termometre sıcaklığı olduğu kabul edilir.
- Isı yüklerin çok büyük olması ve uygun kapasitede cihaz seçilememesi durumunda, mahal zonlara bölünebilir.
- Isı pompası kullanılan her zon da taze hava, dönüş havası ve kanal uygulamaları göz önüne alınmalıdır.

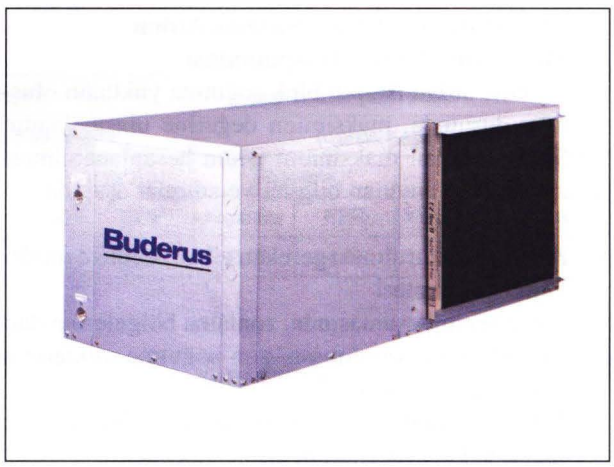


Şekil 3.106. DİK TİP ISI POMPASI

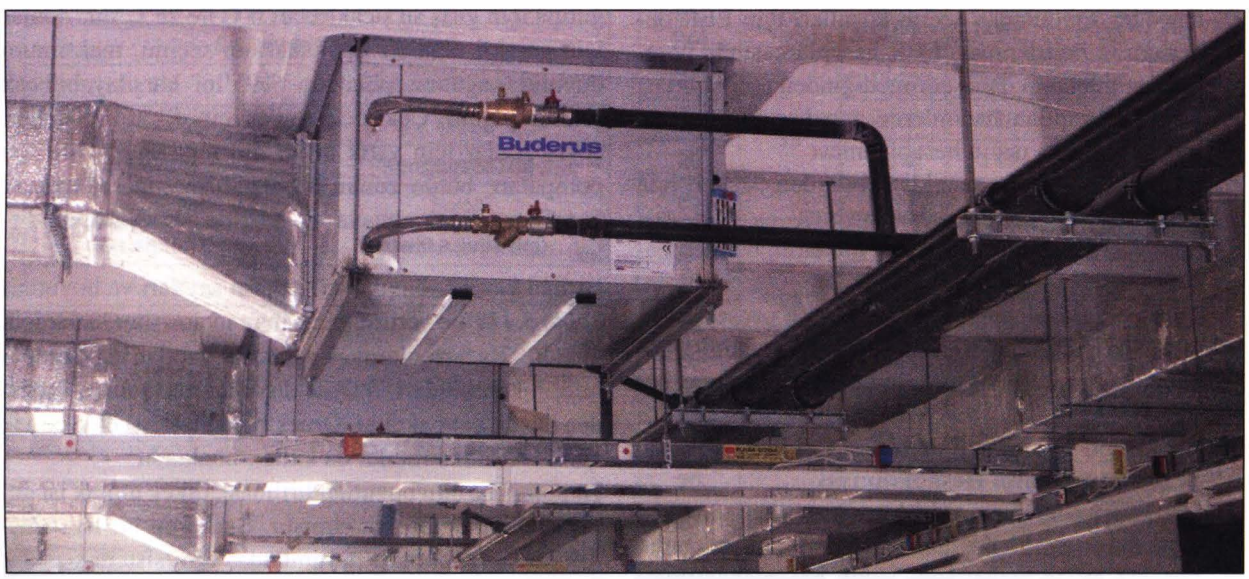
Toprak kaynaklı ısı pompaları, klasik su kaynaklı ısı pompaları ile benzerdirler. Özellikleri sadece birkaç kullanım alanında farklılık göstermektedir.

- Toprak kaynaklı ısı pompalarının çalışma aralıkları çok geniştir. Örnek vermek gerekirse -7°C ile +43°C. Su kaynaklı ısı pompalarında ise bu sıcaklık aralığı +15°C ile +32°C mertebelerindedir.
- Toprak kaynaklı ısı pompaları, yoğuşmayı önlemek için genellikle daha geniş ısı değiştirici yüzeylere ve yalıtımlı bileşenlere sahiptirler.
- Toprak kaynaklı ısı pompalarında genleşme vanaları kullanılırken, su kaynaklı ısı pompalarında genellikle kılcal (kapiler) borular kullanılmaktadır.
- Toprak kaynaklı ısı pompaları, donma kontrolü için düşük emiş sıcaklıklarına ve basınç değerlerine sahiptirler.

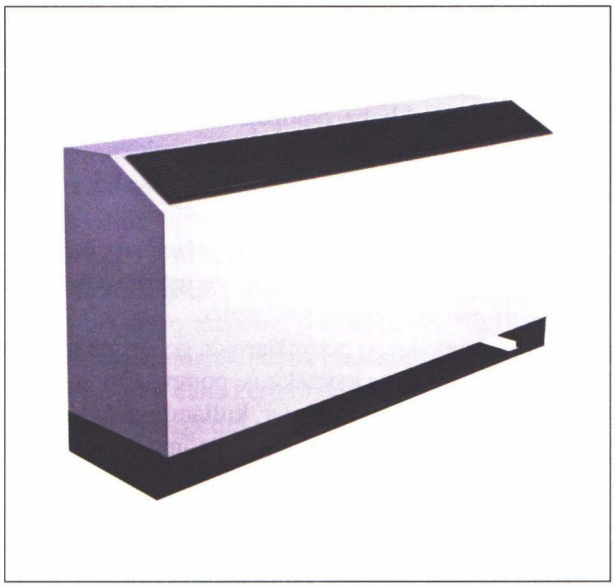
Tablo 3.110.'da, Amerikan standartlarına göre üretim yapan ısı pompası üreticilerinin tipik ısıtma ve soğutma performans verileri yayınlanmıştır.



Şekil 3.107. YATIK TİP ISI POMPASI



Şekil 3.108. YATIK TİP ISI POMPASI MONTAJ ÖRNEĞİ



Şekil 3.109. KONSOL TİP ISI POMPASI

c. Pik Soğutma Yükünde Sisteme Atılan Maksimum Isının Hesaplanması

Sisteme atılan ısı, pik blok soğutma yükünün oluştuğu durumda, maksimum değerine ulaşmaktadır. Sisteme atılan maksimum ısının hesaplanabilmesi için ihtiyaç duyulan bilgiler ve adımlar aşağıda bulunmaktadır.

- Zon başına kurulması gereken cihaz adedi ve modelinin belirlenmesi
- Cihaz seçimi aşamasında, zonlama bölgelerine dair bir değişiklik yapılmışsa, zon soğutma yüklerinin gözden geçirilmesi
- Tüm zonlardaki cihazlar ve modeller için toplam soğutma kapasitesinin belirlenmesi
- Her zon için, kurulu soğutma kapasitesine bölünmüş toplam soğutma yükünün hesaplanması
- Önceden tanımlanan seçim koşulları için EER değerlerinin belirlenmesi EER hesaplamasında pompalama gücünün dahil edilmediğinden emin olması
- Zonlama yapılan hacimlerde zon başına, her zon için suya atılan ısının hesaplanması
- Isı pompası başına gerekli debilerden, sistem için gerekli toplam debinin hesaplanması
- Pompalardan devreye atılan ısı miktarını belirlenmesi
- Tüm zonlardan, pompalardan var ise proseslerden atılan ısı miktarlarını, toplayarak pik soğutma yükünde sisteme atılan maksimum ısı miktarının hesaplanması.

d. Pik Isıtma Yükünde Sistemden Çekilen Maksimum Isının Hesaplanması

Sistemden çekilen ısı, pik blok ısıtma yükünün oluştuğu durumda, maksimum değerine ulaşmaktadır. Sisteme atılan maksimum ısının hesaplanabilmesi için gerekli düzenlemeler gösterilmiştir. İhtiyaç duyulan bilgiler ve adımlar aşağıda tanımlanmıştır.

- Zon başına kurulması gereken cihaz sayı ve modelinin belirlenmesi
- Cihaz seçimi aşamasında zonlama bölgelerine dair bir değişiklik yapılmışsa, zon ısıtma yüklerinin gözden geçirilmesi
- Tüm zonlardaki cihazlar ve modeller için toplam ısıtma kapasitesinin belirlenmesi
- Soğutma yüküne sahip zonlar olabilir. İlave edilen ısı, çevre su devresindeki soğutmayı karşılamak için geri alınacaktır.
- Bütün zonlardaki suya atılan ısı miktarlarının ilave edilmesi
- Çekirdek birimler, iç kazanımlara bağlı fazla havalandırma yüküne sahip olabilirler. Bu da çekirdek zonda ısınmaya sebebiyet verir.
- Su tarafında, su devresini kullanan ekonomizörler olması durumunda, fan enerjisinin soğutma yüküne ilave edilmesi
- Bütün kapalı devre soğutuculardan, sisteme ısı atılan cihazlardan ya da herhangi bir ısı aktarım prosesinden su devresine verilen ısı miktarlarının hesaba katılması
- Pompalardan devreye atılan ısı miktarının belirlenmesi
- Tüm zonlardan, pompalardan var ise proseslerden atılan ısı miktarlarını, toplayarak pik soğutma yükünde sisteme atılan maksimum ısı miktarının hesaplanması.

e. Örnek Ofis Binası İçin Cihaz Seçimi

Bölüm 3.4.6.2'de yapılan saha analizi sonuçlarına dayanarak örnek ofis için tasarlanan sistemin dikey ısı değiştiricili sistem olmasına karar verilmiştir. Bina Amerika'nın kuzeyinde bulunmaktadır. Isıtma ve soğutma için giriş su sıcaklıkları 0°C ile 25°C'dir. Zonlar için gerekli olan ısı pompalarının seçimi, maksimum duyulur soğutma yükünün %95'ini karşılayabilecek şekilde yapılır. Çekirdek zonlar için dik tip modeller, çevre zonlar için yatık tavan tipi modeller seçilir. Isı pompaları, bütün zonun havalandırmasını sağlayacak kanallara engel olmayacak şekilde yerleştirilmelidirler.

Birinci katta kullanılan cihazların sayıları ve boyutları *Tablo 3.111*'de verilmiştir. Cihaz seçimi tüm katlar için aynıdır. Bazı zonlarda, uygulama yapılan ısı pompalarının kapasiteleri, ihtiyaç duyulan maksimum değerden düşük kalmaktadır. Örnek binada, ek ısı elde etmek için elektrikli ısıtıcılar da kullanılmaktadır.

Isı pompalarının boyutlandırılması, dikey toprak ısı değiştiricilerine göre yapılmıştır. Başka tip bir ısı değiştiricinin ele alınması durumunda, yeni sistem sıcaklık değerleri kullanılmalıdır.

ELEKTRİK DEĞERLERİ									
Güç Beslemesi	Elektrik Sembolü	Kompresör		Fan		Pompa		Minimum Akım (A)	Maksimum Sigorta (A)
		Nominal Akım (A)	Demeraj Akımı (A)	Tam Yükte Çek. Akım (A)	Güç (HP)	Tam Yükte Çek. Akım (A)	Güç (HP)		
380/3/50	-A	6,4	42,0	2,5	0,8	-	-	10,5	15,0

FAN DEĞERLERİ												
Cihaz Dışı Statik Basınç [Pa], (Hava serpantini ve filtre dirençleri dahil)												
	25	50	75	100	125	149	174	199	224	249	274	299
	25	50	75	100	125	149	174	199	224	249	274	299
Fan Hızı	Hava Debisi (l/s)											
Yüksek	778	771	759	723	708	680	661	633	590	-	-	-
Orta	763	751	727	696	684	664	653	602	-	-	-	-
Düşük	747	735	712	680	672	629	-	-	-	-	-	-

ÇALIŞMA DEĞERLERİ		Su debisi (l/s) : 0,758				Hava debisi (l/s) : 630					
Kule - Kazan Kaynaklı[1]				Yer Altı Suyu Kaynaklı[2]				Toprak Kaynaklı[3]			
Soğutma		Isıtma		Soğutma		Isıtma		Soğutma		Isıtma	
Kapasite	EER	Kapasite	COP	Kapasite	EER	Kapasite	COP	Kapasite	EER	Kapasite	COP
12,07	3,76	15,37	4,60	14,61	5,45	12,61	4,05	12,92	4,26	9,67	3,34

MEKANİK ÖZELLİKLER			
Soğutucu Akışkan: R-410A			
Hava Serpantini			
Yüzey (m²)	Sıra	Boru Çapı	Kanat/cm
0,418	3	3 / 8	5,5
Su Devresi Eşanjörü			
Tip		Çalışma Bas. (kPa)	
Koaksiyel		4137	
Fan Boyutu (cm)		Kompresör Tipi	
25,4 x 20,3		Scroll	
Net Ağırlık (kg)		Paketli Ağırlık (kg)	
148		159	

KAPASİTE TABLOSU					
ISITMA	Giriş Suyu Sıc. Ara. 10°C ile 25°C (Standart)				
	Opsiyonel Genişl. Çalışma Aralığı -4°C ile 25°C				
Giriş Suyu Sıc. (°C)	Giriş Hava. Sıc. (°C)	Toplam Kapasite (kW)	Güç Tüketimi (kW)	Sudan Alın. Isı (kW)	COP
10	15	13,23	3,07	10,16	4,3
15		14,68	3,18	11,50	4,6
20		16,12	3,29	12,83	4,9
25		17,57	3,40	14,17	5,2
10	20	12,61	3,12	9,50	4,0
15		13,99	3,23	10,76	4,3
20		15,37	3,34	12,02	4,6
25		16,74	3,45	13,29	4,8
10	25	11,89	3,17	8,72	3,7
15		13,19	3,29	9,90	4,0
20		14,48	3,40	11,08	4,3
25		15,78	3,51	12,26	4,5

Tablo 3.110. ÖRNEK BİR ISI POMPASI İÇİN TEKNİK BİLGİLER TABLOSU

KAPASİTE TABLOSU							
SOĞUTMA		Giriş Suyu Sıc. Ara. 10°C ile 40°C (Standart)					
		Opsiyonel Genişi. Çalışma Aralığı 7.2°C ile 43,3°C					
Giriş Suyu Sıc. (°C)	Giriş Hava. Sıc. (°C)	Toplam Kapasite (kW)	Duyulur Kapasite (kW)	Toplam / Duyulur Oranı	Güç Tüketimi (kW)	Suya Ver. Isı (kW)	EER (W/W)
10	21 KT 16 YT	13,15	8,05	0,61	2,47	15,62	5,3
20		11,70	7,29	0,62	2,82	14,52	4,1
25		10,98	6,93	0,63	3,00	13,98	3,7
30		10,26	6,58	0,64	3,17	13,43	3,2
40		8,81	5,89	0,67	3,52	12,33	2,5
10	25 KT 17 YT	14,29	10,76	0,75	2,49	16,77	5,7
20		12,72	9,75	0,77	2,84	15,56	4,5
25		11,94	9,28	0,78	3,02	14,95	4,0
30		11,15	8,82	0,79	3,19	14,34	3,5
40		9,59	7,91	0,83	3,54	13,13	2,7
10	27 KT 19 YT	15,45	11,31	0,73	2,50	17,96	6,2
20		13,76	10,25	0,75	2,86	16,62	4,8
25		12,92	9,76	0,76	3,03	15,95	4,3
30		12,07	9,27	0,77	3,21	15,28	3,8
40		10,38	8,32	0,80	3,56	13,94	2,9
10	30 KT 21 YT	16,80	12,79	0,76	2,52	19,32	6,7
20		14,97	11,60	0,77	2,88	17,84	5,2
25		14,05	11,04	0,79	3,06	17,11	4,6
30		13,13	10,49	0,80	3,23	16,37	4,1
40		11,30	9,42	0,83	3,59	14,89	3,1

ISITMA - DÜŞÜK GİRİŞ SUYU SICAKLIĞI					
Opsiyonel Genişl. çalışma aralığı antifriz gerektirmektedir.					
-4	15	9,00	2,76	6,24	3,3
0		10,14	2,85	7,29	3,6
5		11,56	2,96	8,59	3,9
-4	20	8,59	2,80	5,78	3,1
0		9,67	2,89	6,77	3,3
5		11,02	3,00	8,01	3,7
-4	25	8,10	2,85	5,25	2,8
0		9,12	2,94	6,18	3,1
5		10,39	3,06	7,33	3,4

SU DEVRESİ BASINÇ KAYBI	
Su Debisi (l/s)	Basınç Kaybı (kPa)
0,379	8,8
0,568	18,3
0,757	30,6
0,883	40,4
1,010	51,4

Cihazlar, kompresör, dört yollu vana, kılcal borulu genleşme cihazı ve eşanjöre sahip komple bir pakettir. Ayrıca, motorlar için aşırı yük koruması, yüksek ve alçak basınç presostatları ve hata kontrol ünitesi olan güvenlik kontrolleri içerir.

Genişletilmiş çalışma aralığı opsiyonu genleşme valfi, izoleli su devresi eşanjörü ve hata kontrol ünitesi içermektedir.

Kapsiteler ARI/ISO standartlarında belirtilen hava debisi, su debisi ve gerilim değerleri baz alınarak hesaplanmıştır.

1) Kule - Kazan Kaynaklı uygulamalarda kapasite, soğutmada giriş havası sıcaklığı 27°C KT / 19°C YT , giriş suyu sıcaklığı 30°C; ısıtmada ise giriş havası sıcaklığı 20°C, giriş suyu sıcaklığı 20°C değerleri üzerinden alınmıştır.

2) Yeraltı Suyu Kaynaklı uygulamalarda kapasite, soğutmada giriş havası sıcaklığı 27°C KT / 19°C YT , giriş suyu sıcaklığı 15°C; ısıtmada ise giriş havası sıcaklığı 20°C, giriş suyu sıcaklığı 10°C değerleri üzerinden alınmıştır.

3) Toprak Kaynaklı uygulamalarda kapasite, soğutmada giriş havası sıcaklığı 27°C KT / 19°C YT , giriş suyu sıcaklığı 25°C; ısıtmada ise giriş havası sıcaklığı 20°C, giriş suyu sıcaklığı 0°C değerleri üzerinden alınmıştır.

Tablo 3.110. ÖRNEK BİR ISI POMPASI İÇİN TEKNİK BİLGİLER TABLOSU *(Devamı)*

SOĞUTMA İŞLETİMİNDE SUYA ATILAN MAKSİMUM ISI MİKTARININ BELİRLENMESİ										
Zon		Model	Cihaz Sayısı	Duyulur Soğutma Kapasitesi / Cihaz	Su Debisi	Toplam Soğutma Kapasitesi	Toplam Su Debisi	Toplam Soğutma Yükü	COP	Suya Atılan Isı
			Adet	W	l/s	W	l/s	W		W
1.KAT	Kuzey	LHK 7 H	2	5.090	0,379	13.400	0,758	13.562	4,7	16.260
	Güney	LHK 10 H	2	7.230	0,569	19.440	1,138	17.742	4,1	24.240
	Doğu	LHK 8H	1	5.830	0,442	7.700	0,442	7.499	4,1	9.590
	Batı	LHK 8H	1	5.830	0,442	7.700	0,442	7.750	4,1	9.590
	Çekirdek	LHK 18 V	2	13.660	1,011	35.660	2,022	37.963	4,3	44.040
	Kuzeybatı	LHK 2 H	1	2.230	0,190	2.930	0,19	2.174	4,1	3.640
	Güneybatı	LHK 3 H	1	2.230	0,190	2.930	0,19	2.540	4,1	3.640
	Kuzeydoğu	LHK 3 H	1	2.230	0,190	2.930	0,19	2.458	4,1	3.640
	Güneydoğu	LHK 2 H	1	2.230	0,190	2.930	0,19	2.104	4,1	3.640
					KAT TOPLAMI		5.562			118.280
					BİNA TOPLAMI		16.686			354.840

ISITMA İŞLETİMİNDE SUDAN ÇEKİLEN MAKSİMUM ISI MİKTARININ BELİRLENMESİ									
Zon		Model	Cihaz Sayısı	Isıtma Kapasitesi / Cihaz	Toplam Isıtma Kapasitesi	İlave Elektrikli Isıtıcı	Toplam Isıtma Yükü	COP	Suya Atılan Isı
			Adet	W	W	W	W		W
1. KAT	Kuzey	LHK 7 H	2	4.610	9.220	3.500	12.844	3,3	6.380
	Güney	LHK 10 H	2	7.290	14.580	-	11.955	3,1	9.860
	Doğu	LHK 8H	1	5.570	5.570	-	5.332	2,9	3.670
	Batı	LHK 8H	1	5.570	5.570	-	5.485	2,9	3.670
	Çekirdek	LHK 18 V	2	12.680	25.360	-	6.232	3,1	17.160
	Kuzeybatı	LHK 3 H	1	2.240	2.240	-	2.194	3,0	1.500
	Güneybatı	LHK 3 H	1	2.240	2.240	-	2.086	3,0	1.500
	Kuzeydoğu	LHK 3 H	1	2.240	2.240	-	2.041	3,0	1.500
	Güneydoğu	LHK 3 H	1	2.240	2.240	-	2.145	3,0	1.500
							KAT TOPLAMI		46.740
							BİNA TOPLAMI		140.220

Tablo 3.111. ÖRNEK BİNA İÇİN SUYA ATILAN VE SUDAN ÇEKİLEN MAKSİMUM ISI DEĞERLERİ

3.4.6.5 Toprak Kaynaklı Isı Değiştirici Sistemleri

Bu bölümde, ısı değiştiricilerin boyut,tasarım ve yerleşim işlemleri açıklanmaktadır. Bu noktadan sonra saha analizi ve diğer faktörlere bağlı olarak kapalı veya açık devre sistem seçimi yapılmış olmalıdır. Arazide yer altı suyu kaynakları olmayabilir veya bu kaynaklar toprak kaynaklı ısı pompası sistemi kullanımı için uygun olmayabilir. Benzer şekilde, yüzey suyu, ısı pompası sisteminin kullanımı için yetersiz boyutta ya da yetersiz derinlikte olabilir. Yer altı suyu kaynakları uygun olsa bile, yöresel yönetmelikler suyun kullanılmasını ve tekrar toprağa atılmasına uygun olmayabilir. Binanın boyutlarına göre uygulanacak yöntemin yer altı suyu veya yüzey suyu kaynaklı ısı pompası sistemi yerine plakalı ısı değiştiricili (eşanjör) kapalı devre bir sistem olması düşünülebilir.

Bu noktadan sonra bina yükü hesabı tamamlanmış olup ısıtma ve soğutma yükleri zonal ve blok olarak hesaplanmıştır. Her zon için ısı pompaları seçilmiş ve sisteme atılan ve sistemden çekilen maksimum ısı miktarı hesaplamaları tamamlanmıştır.

a. Toprak Kaynaklı Isı Değiştiricisi Boyutlandırılması

Isı değiştirici yerleşimine karar vermek

Saha analizi sonuçlarına dayanarak, ilk aşamada ısı değiştiricisinin dikey ya da yatay uygulanmasına karar verilmelidir. Kullanılabilir arazinin boyutu bir seçim kriteridir. Bu seçim, ısı değiştiricisi boyutları veya tasa-

rımına da etki etmektedir. *Tablo 3.112*'de Amerika'da çeşitli yatay ısı değiştiricileri için arazi alanı gereksinimleri örneklenmiştir. Dikey borulama için kullanılacak alanlar, yöresel şartlara ve sondaj ekipmanının özelliğine bağlı sondaj derinliğine göre, kW yük başına yaklaşık 1,6 – 7 m² civarındadır. Sondaj kuyusu derinlikleri 45 – 150 m aralığında olabilir.

Dikkate alınması gereken bir diğer konu ise bina yüksekliğidir. Dikey ısı değiştiricileri, yer altı borulama ve binadaki borulama arasında ısı değiştiricisi (eşanjör) olmaması durumunda dokuz kat veya daha az katlı binalarla sınırlıdır. Bu yükseklikten sonra statik basınç, yer altı borularında maksimum basınç sınırlarını aşabilir. Bu kural, toprak ısı değiştiricisinin eşanjör ile bina sisteminden ayrılması durumunda geçerli değildir. Tüm hesaplamalar sistem bileşenlerinin izin verilen maksimum basınç sınırlarını aşmayacak şekilde yapılmalıdır.

Asfalt bir zeminin altına yerleştirilecek bir ısı değiştirici, çim alanın altına yerleştirilecek bir ısı değiştiricisine göre yaz aylarında daha sıcak, kış aylarında ise daha soğuk sıcaklıklarda çalışabilmektedir. Bu olay, asfaltın absorbsiyon özelliğine sahip olmasından kaynaklanmaktadır.

Doğru boyutlandırma yapıldığında yatay veya dikey sistem eşit oranda performans gösterir ve iki sistemin işletme maliyetleri hemen hemen aynı olacaktır. Eğer yukarıda belirtilen nedenlerden hiçbiri, yatay veya dikey sistem seçimini engellemiyorsa bu durumda yatırım maliyeti seçim kriteri olacaktır.

Yatay		
	Kuzey (USA)	**Güney (USA)**
Her çukur için 2 boru	53	93
Her çukur için 4 boru	37	64
Her çukur için 6 boru	37	64
Dikey		
1,6-10,6		

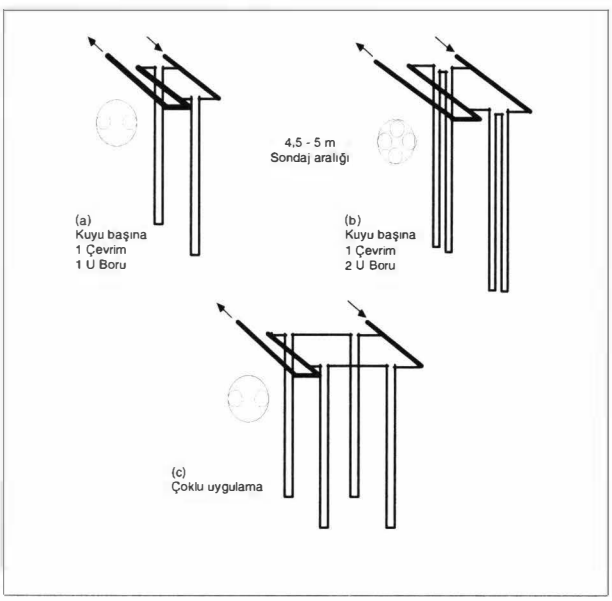
Tablo 3.112. KUZEY AMERİKA'NIN KUZEYİ VE GÜNEYİNDE TOPRAK ISI DEĞİŞTİRİCİ SİSTEMLER İÇİN ALAN GEREKSİNİMİ (m²/kW)

Dikey toprak ısı değiştiricisi yerleşimleri

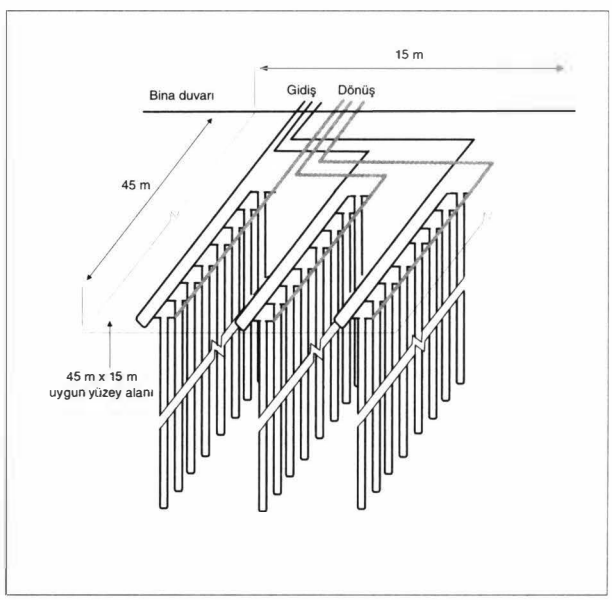
Temel dikey toprak ısı değiştirici yerleşimleri *Şekil 3.113*'de verilmiştir. *Şekil 3.113-a*'da görüldüğü gibi en yaygın olarak, her sondaj kuyusunda U-boru ısı değiştiricileri ile hidrolik eş direnç sağlayacak (Tichelmann) boru uygulaması kullanılmaktadır. Bir başka uygulama ise *Şekil 3.113-b*'de görüldüğü gibi çift U-boru ısı değiştiricisidir. *Şekil 3.113-c*'de ise her devre için iki sondaj kuyusu uygulaması görülmektedir. Sondaj kuyularının birbirlerine olan mesafesinin 4,5–5 m olması durumunda, kuyular arası ısı akışı olmaması ve sistemin uzun süreli tasarımda ön görülen ısı desteği sağlaması mümkün olacaktır.

Şekil 3.114'de tipik bir hidrolik eş direnç sağlanmış dikey toprak ısı değiştiricisi görülmektedir. Herbiri sekiz devreyi besleyen üç hat vardır. *Şekil 3.113* ve *Şekil 3.114*'da gösterilen kolektörler (gidiş/dönüş) toprak altında gömülü durumdadır. Çift U-borulu devreler daha fazla borulama gerektirirken, ekonomik bir değerlendirmeyle, yatırım maliyeti açısından boru maliyetinin iki katına çıkartılması, sondaj kuyularının açılması maliyetinden daha avantajlı olabilir.

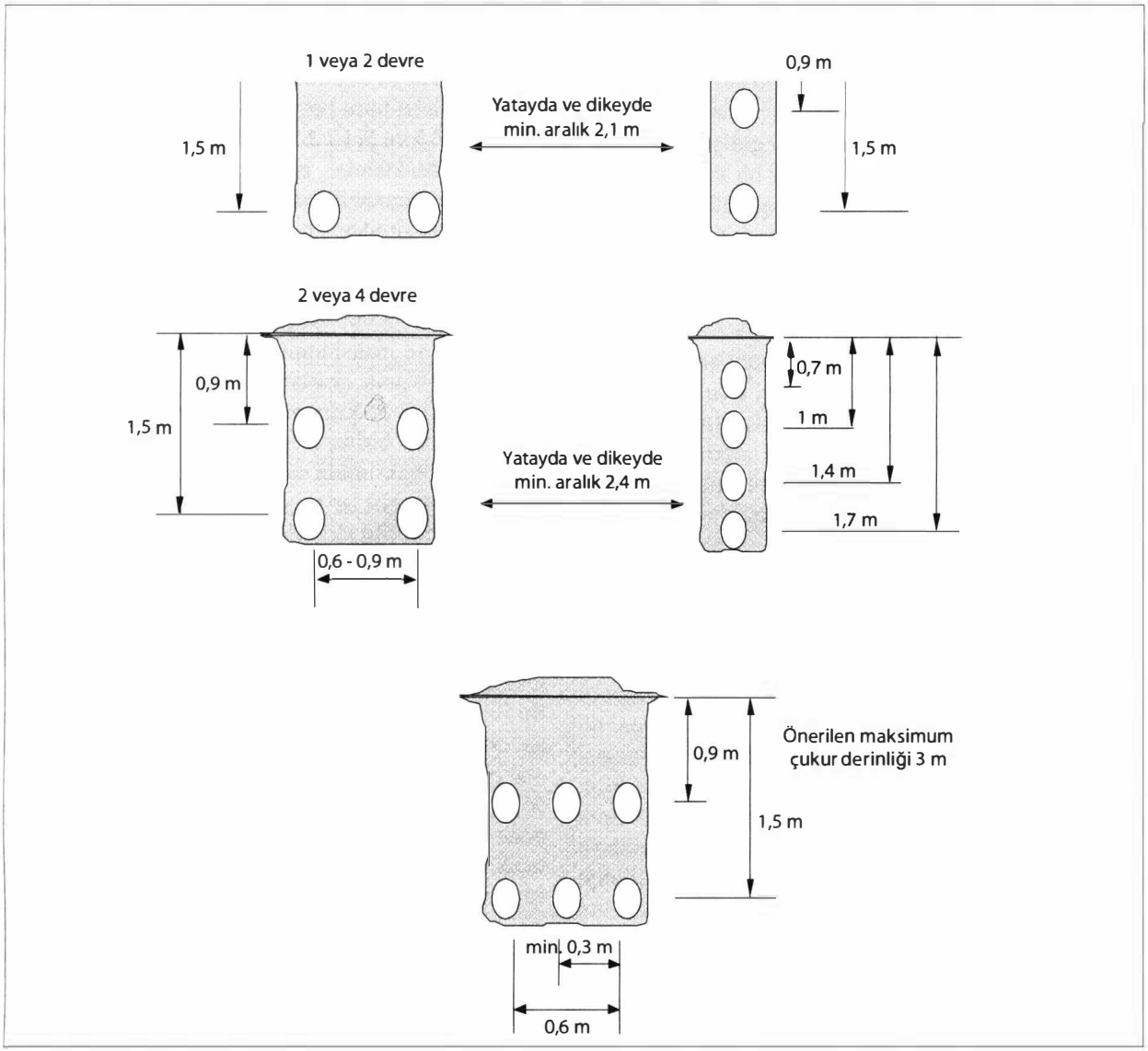
Paralel bağlı dikey ısı değiştiricilerinde, seri ısı değiştiricilerine göre, daha küçük çaplı U-borular kullanılabilir, böylece boru ve antifriz maliyetleri azalır, daha



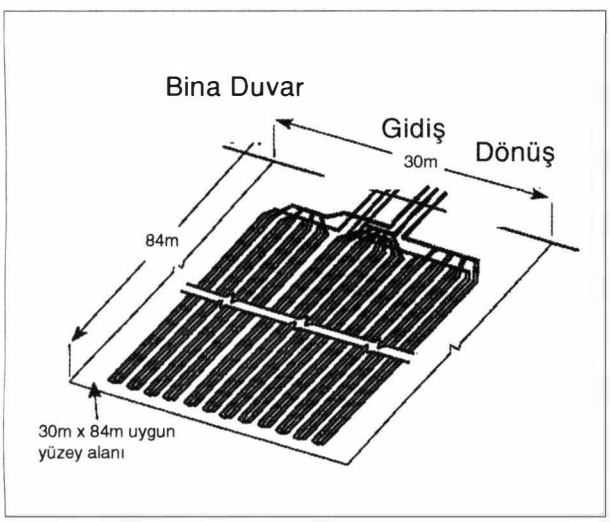
Şekil 3.113. DİKEY ISI DEĞİŞTİRİCİLER İÇİN TEMEL DEVRE KONFİGÜRASYONLARI



Şekil 3.114. DİKEY TOPRAK ISI DEĞİŞTİRİCİSİ BAĞLANTI ÖRNEĞİ



Şekil 3.115. YATAY ISI DEĞİŞTİRİCİLER İÇİN TEMEL DEVRE KONFİGÜRASYONLARI



Şekil 3.116. YATAY TOPRAK ISI DEĞİŞTİRİCİSİ BAĞLANTI ÖRNEĞİ

küçük borular ile çalışıldığından, muhtemel işçilik maliyetleri de düşer. Sondaj maliyetleri, daha küçük çaplı U-boruların kullanılmasından dolayı daha küçük çaplı sondaj kuyuları açılacağından, düşecektir. Ayrıca, paralel bağlı ısı değiştiricisi uygulamalarında, bütün sondaj kuyularında eşit miktarda ısı transferi gerçekleşir. Seri bağlı ısı değiştiricilerinde bir sondaj kuyusundan diğerine ısı transferi olabilir.

Yatay toprak ısı değiştiricisi yerleşimleri

Şekil 3.115'de farklı birkaç yatay ısı değiştiricisi yerleşimi görülmektedir. En üst sırada iki borulu yatay yerleşimler verilmiştir. Soldaki şekil yan-yana (side by side) şeklinde adlandırılırken sağ taraftaki şekil alt-üst (over-under) şeklinde adlandırılır. Bu iki örnek iki veya tek devre olarak düşünülebilir. Bu durumda şekil, gidiş-dönüş olmak üzere tek bir devreyi, ya da birbirine paralel çalışan iki bağımsız devrenin gidiş veya dönüş hatlarının gösterimi olabilir.

Orta sıradaki şekiller dört borulu yatay yerleşimlerdir. İki devreli ya da dört devreli olarak düşünülebilirler. Alt sırada ise altı borulu yerleşim verilmiştir. Bu şekil gidiş-dönüş olmak üzere üç devreyi ya da birbirine paralel çalışan altı bağımsız devrenin gidiş-dönüş hatlarını gösterebilir. *Şekil 3.116*'da tipik bir iki devreli dört borulu yatay ısı değiştirici sistemi görülmektedir. Yatayda ve dikeyde borular arası tavsiye edilen mesafeler *Şekil 3.115*'de verilmiştir. Dik tip uygulamalarda, paralel ve seri bağlı yerleşimler için belirtilen hususlar, yatık tip uygulamalar içinde geçerlidir. Paralel bağlı yatık tip yerleşimlerde, daha küçük çaplı borular kullanılabilir ve her boru kanalındaki ısı yükleri aynı olabilir.

Dikey Toprak Isı Değiştirici Boyutlandırması:

Isı değiştiricilerinin boyutları bina yüküne bağlıdır. Bina yükü; binanın tipi, boyutu, konumu, iç yükleri (kullanılan malzeme, ışıklandırma, insan), infiltrasyon, güneş kazanımları, dış cephe iletimi ve havalandırmanın fonksiyonudur. Isı değiştiricilerinin boyutlarını etkileyen diğer faktörler ise; toprak sıcaklığı, toprak ve kayaç miktarları, her katmanın iletim özelliği, ısı pompası verimi ve boru ölçüleridir. Toprak ısı değiştiricisinin performansı, sistemin topraktan çektiği ve toprağa attığı ısıya doğrudan bağlıdır. Bazı ticari binalarda, binanın kullanım amacına paralel olarak, sistem aynı gün içerisinde topraktan ısı çekebilir ve toprağa ısı atabilir. Konutlarda ise bu durum daha çok mevsimsel olarak gerçekleşir. Bu farklı işletim şekillerine bağlı olarak ısı kayıp/kazanç hesaplarının, daha öncede bahsedildiği üzere bilgisayar destekli bir ısı kayıp/kazanç programı kullanılarak yapılması önerilir.

Burada anlatılan dikey ısı değiştiricisinin boyutlandırmasına rehberlik edecek bilgilerin geliştirilmesinde, çok sayıda, çeşitli tip ve boyutlardaki ticari binaların bilgisayar simülasyonlu enerji analizleri incelenmiştir. Bina sistemine eklenen veya binadan çekilen enerji, aylık periyotlarda bilgisayar destekli olarak hesaplanmıştır. Belirli periyotlarda iç yükler, ısı pompası verimi, hava ve toprak sıcaklık değerleri incelenip, bu değişkenlerin ısı değiştirici boyutlandırmasına etkileri gözlemlenmiştir.

Toprak ısı değiştiricileri, Hart ve Couvillion yaklaşımına göre modellenmiştir. Bu yaklaşımlarda farklı teoriler kullanılmıştır. Yaklaşım sonuçları, birkaç toplu konut projesi ve Ontario'daki büyük bir okulun analiz verileriyle ve İsveç'teki Lund Üniversitesinin yaklaşımlarıyla karşılaştırılmıştır. Saatlik bina simülasyon programlarından alınan aylık yük değerleri (örnek; bina sisteminden atılan ve binaya eklenen toplam enerji), toprak kaynaklı ısı değiştirici programına veri olarak girilmiştir. Isı pompalarına giriş suyu sıcaklıklarının minimum ve maksimum değerleri ayarlanmış olup, bu yüklere bağlı olarak, limitlerden biri dikey ısı değiştiricisinin boyunu belirleyecektir. Eğer belirleyici limit, minimum sıcaklık değeri ise ısı değiştiricisi boyu ısıtma yüküne bağlı olur. Eğer tanımlayıcı limit, maksimum sıcaklık değeri ise ısı değiştiricisi boyu soğutma yüküne bağlı olur.

Isı değiştiricisi boru boyutları sonuçları *Şekil 3.117-a*, *Şekil 3.117-b* ve *Şekil 3.117-c*'de gösterilmektedir. Şekillerdeki denklemler, programa girilen verilerin, küçük kareler metodu ile incelenmesiyle oluşturulmuştur. Örnek olarak ortalama toprak sıcaklığı T_{ort} = 10°C olan bir bölge için istenilen minimum giriş suyu sıcaklığı 0°C, maksimum giriş suyu sıcaklığı ise 30°C olduğu durumda, minimum giriş suyu sıcaklık ayarı, T_{min} = T_{ort} – 10°C ve maksimum giriş suyu sıcaklığı, T_{maks} = T_{ort} + 20°C olarak ayarlanır. Isı pompası uygulamalarında belirtilen maksimum veya minimum değerlerden pratikte ancak birine ulaşılacaktır. Aynı zamanda düşük seçilen maksimum sıcaklıklar veya yüksek seçilen minimum sıcaklıklar ısı değiştirici devre uzunluğunu arttıracaktır. Limit değerler, üreticilerin genelde tavsiye ettiği, -5°C - +40°C aralığında seçilmelidir. *Şekil 3.117-a*, *Şekil 3.117-b* ve *Şekil 3.117-c*'de sondaj kuyusu toplam boyu, çevrimde kullanılan boru toplamının yarısı kadardır. Bütün simülasyon sonuçları bu üç şekilde gösterilmiştir.

Bu üç durumda da topraktan çekilen veya toprağa atılan ısı, ortalama toprak sıcaklığı ve tasarımda kabul edilen maksimum ve minimum giriş su sıcaklığı arasındaki derece farkına bölünmüştür. *Şekil 3.117-c*'de bina sistemine bağlı sudan suya ısı pompasının sistem kullanım sıcak suyu gereksinimini karşılamakta olduğu durumu da içermektedir. Bu su ısıtma yükleri, ofis binalarında kişi başı yaklaşık olarak 0,05 kW, okullarda kişi başı 0,06 kW ve yüksek katlı konutlarda kişi başı 0,5 kW olarak alınmıştır. Saatlik su ısıtma yüklerini hesaplamak için ASHRAE STANDARD 90.1-1989 bölümüne bakılabilir.

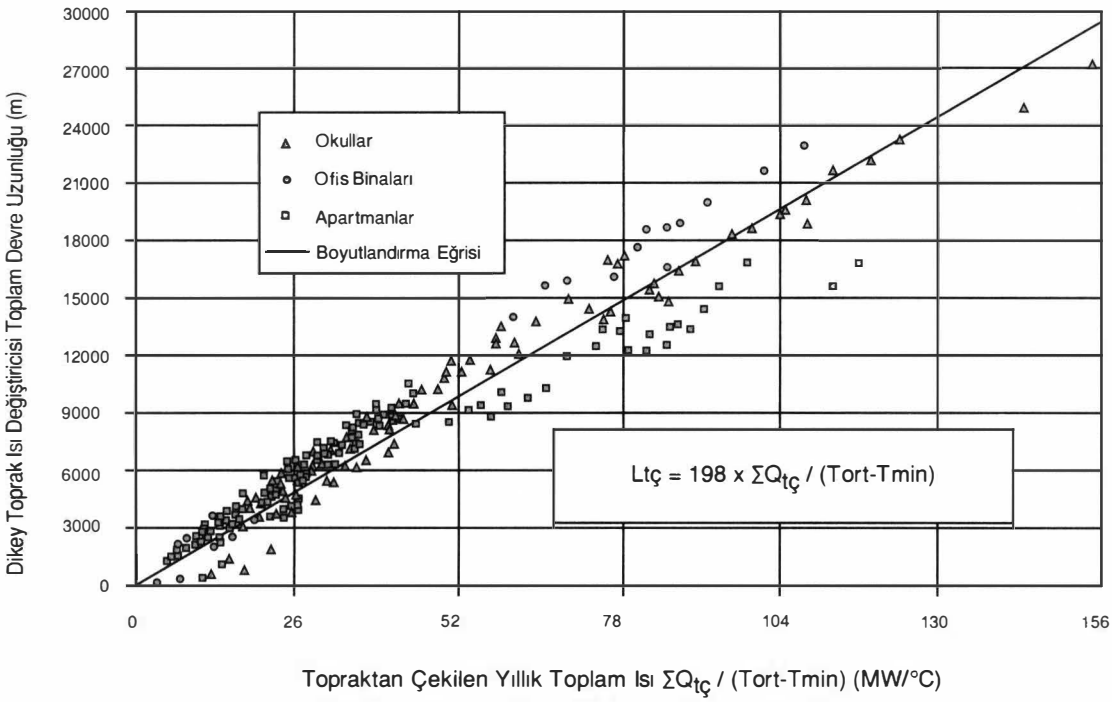
Kabuller

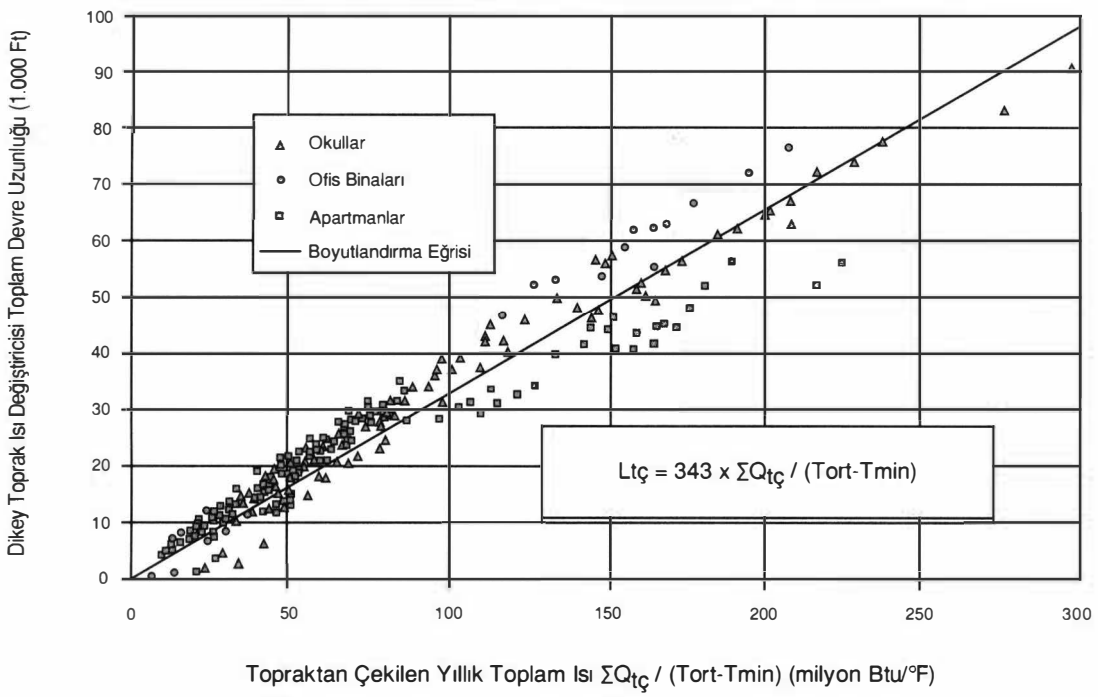
Şekil 3.117-a, *Şekil 3.117-b* ve *Şekil 3.117-c*'de gösterilen sonuçlarda aşağıdaki kabuller yapılmıştır:

- Bütün binalarda %20 ethanol - %80 su karışımı ile doldurulmuş 1 ¼ polietilen dikey U-borular kullanılmıştır.
- Kış aylarında ıslak kum (ısı iletkenliği 1,30 W/m.K), yaz aylarında ise ağır kuru kum (ısı iletkenliği 0,85 W/m.K) içeren örtü tabakasının 9 m derinlikte olduğu kabul edilir.
- Toplam sondaj çukuru derinlikleri 90 m
- Örtü tabakası granit kayanın (ısı iletkenliği 3,5 W/m.K) üzerindedir.

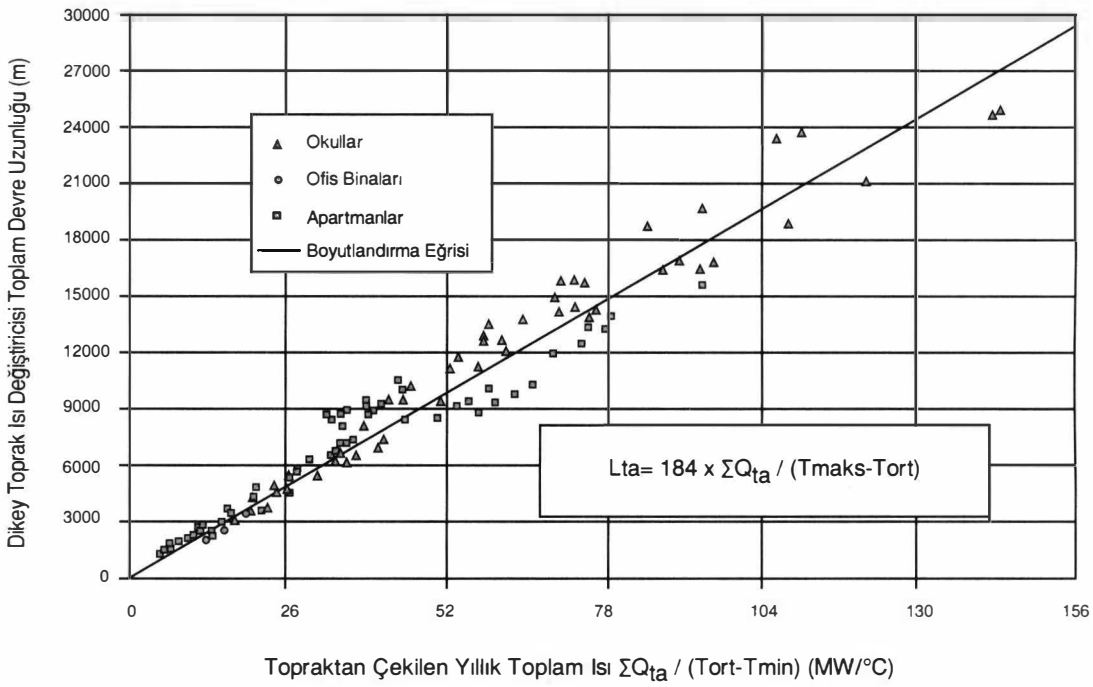
Hassasiyet

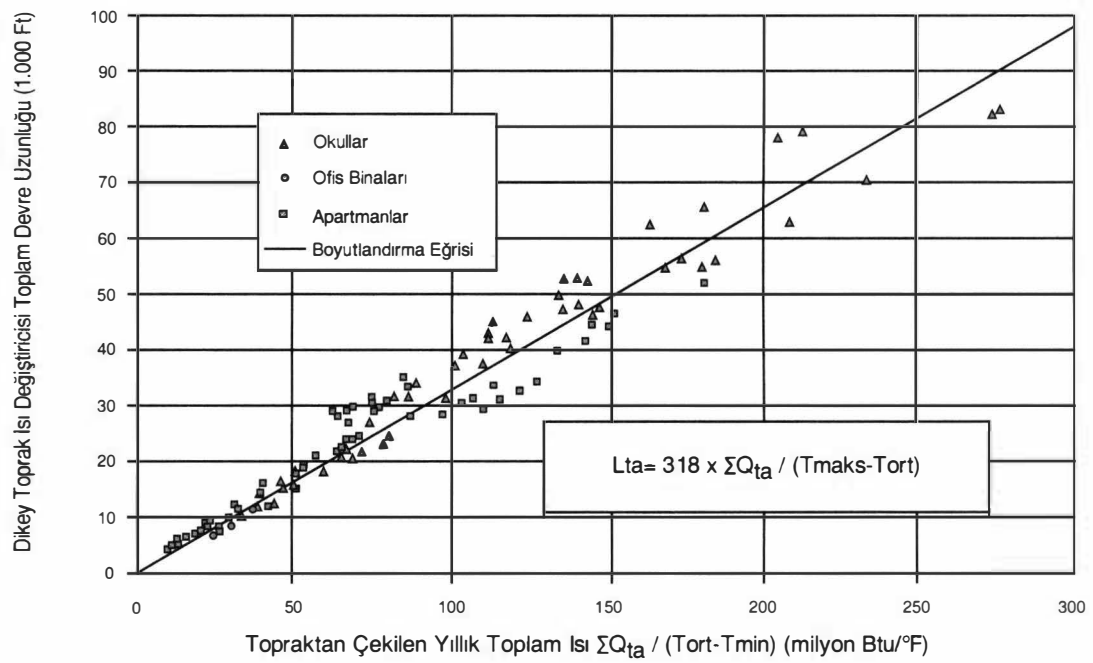
Farklı toprak yapıları, çok daha büyük ısı değiştiricisi gereksinimlerine yol açabilir. Örtü tabakasının derinliği ve termal iletkenliği, kullanılan toprak ısı değiştiricisinin boyutları ve kayacın termal iletkenliği, ısı değiştiricisi çevrim borusunun miktarını etkiler.



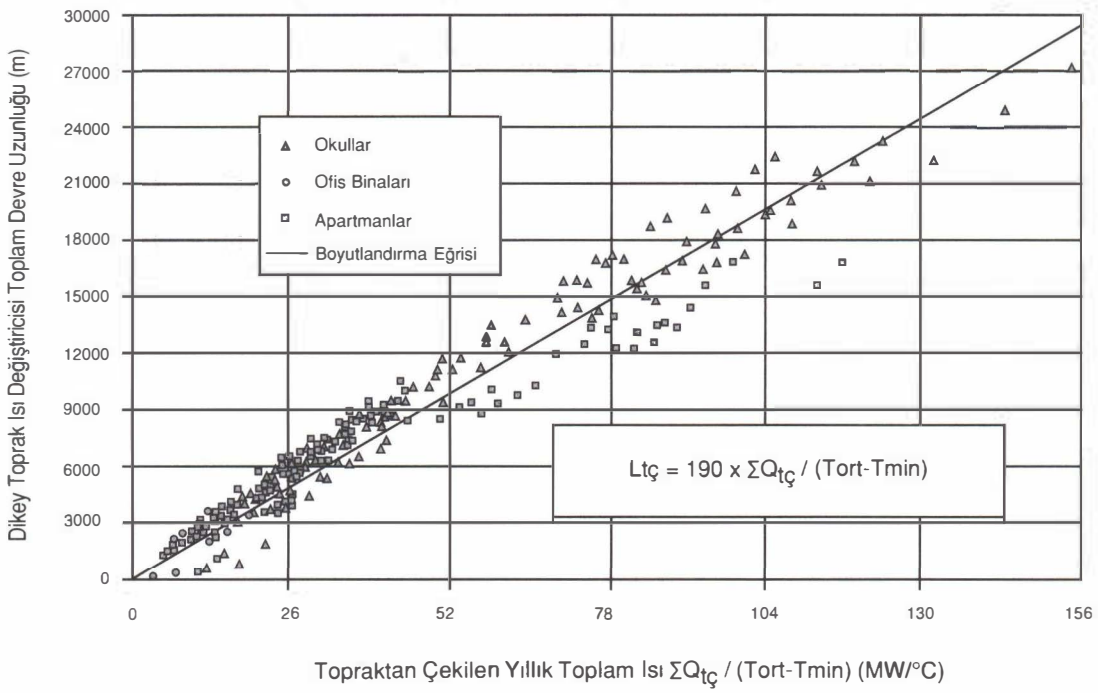


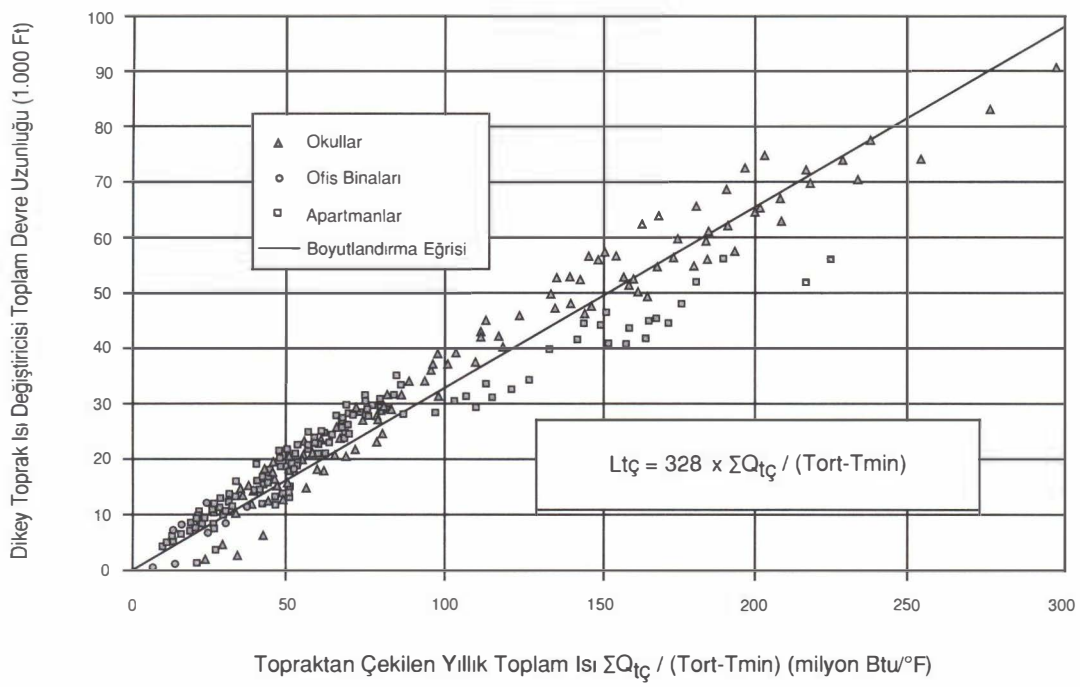
Şekil 3.117A. DİKEY TOPRAK ISI DEĞİŞTİRİCİSİ BOYUTLANDIRMASI (ISITMA)





Şekil 3.117B. DİKEY TOPRAK ISI DEĞİŞTİRİCİSİ BOYUTLANDIRMASI (SOĞUTMA)





Şekil 3.117C. DİKEY TOPRAK ISI DEĞİŞTİRİCİSİ BOYUTLANDIRMASI (ISITMA VE KULLANIM SUYU)

Tablo 3.118'de *Şekil 3.117-a*, *Şekil 3.117-b* ve *Şekil 3.117-c* için uygulanan sistemlerin farklı boru çapları, farklı kaya ve kum ısı iletkenliklerine bağlı düzeltme kat sayıları verilmiştir. Burada sadece iki tip kum ve iki tip kayacın termal iletkenlikleri alınmıştır. Tüm toprak ısı değiştiricisinin %100 örtü katmanı altında kaldığı sistemler için (borulamanın kayaya denk gelmemesi durumu) düzeltme kat sayısı 2,5 olarak alınmaktadır. Kum katmanının yaz ısı iletkenliğinin azaldığı durumlarda, soğutmaya göre seçilen ısı değiştirici uzunluklarında, *Tablo 3.118*'de parantez içinde gösterilen çok küçük değişiklikler olmaktadır. Diğer durumlarda *Tablo 3.118*'deki katsayı *Şekil 3.117-a*, *Şekil 3.117-b* ve *Şekil 3.117-c*'den hesaplanan değerlerle çarpılmalıdır.

Devre Boru Çapı	Örtü Tabakası Derinliği (%) ve Kum (ks) ve Kayaç (kr) Termal İletkenlikleri (W/m.K)													
	10% Örtü Tabakası				33% Örtü Tabakası				66% Örtü Tabakası				100% Örtü Tabakası	
	ks (1,3W-0,85S)		ks (1,3W-1,3S)		ks (1,3W-0,85S)		ks (1,3W-1,3S)		ks (1,3W-0,85S)		ks (1,3W-1,3S)		ks (1,3W-0,85S)	ks (1,3W-1,3S)
	kr= 2,4	kr= 3,5	kr= 2,4	kr= 3,5	kr= 2,4	kr= 3,5	kr= 2,4	kr= 3,5	kr= 2,4	kr= 3,5	kr= 2,4	kr= 3,5		
3/4"	1,50	1,12	1,50	1,12	1,65 (1,66)	1,3 (1,31)	1,65	1,30	1,95 (1,99)	1,70 (1,72)	1,95	1,70	2,42 (2,52)	2,42
1 1/4"	1,32	1,00	1,32	1,00	1,47	1,16 (1,17)	1,47	1,16	1,75 (1,79)	1,52 (1,54)	1,75	1,52	2,17 (2,27)	2,17
W : kış ısı iletkenliği, S : yaz ısı iletkenliği														

Tablo 3.118. DİKEY TOPRAK ISI DEĞİŞTİRİCİSİLERİNDE ISI İLETKENLİK VE BORU ÇAPINA BAĞLI DÜZELTME FAKTÖRLERİ TABLOSU

YATAY TOPRAK ISI DEĞİŞTİRİCİSİ DEVRELERİ						
a) Devre Boyutları						
Devre Tipi	**Boru Uzunluğu (m/kW)**		**Çukur Uzunluğu (m/kW)**		**Yüzey Alanı (m²/kW)**	
	Kuzey	**Güney**	**Kuzey**	**Güney**	**Kuzey**	**Güney**
Çukur Başına Seri 1 Boru: 2" PE boru	30		30		78	
Çukur Başına Seri 2 Boru: 1¼" veya 2" PE boru	39	65	16	33	52	91
Çukur Başına Paralel 2 Boru: 1¼ " PE boru	43	72	22	36	52	91
Çukur Başına Paralel 4 Boru: 1¼ " PE boru	52	87	13	22	39	62
Çukur Başına Paralel 6 Boru: 1¼ " PE boru	63	102	10	17	39	62
b) Altyapı Sistemlerine ve Çukurlara Olan Minimum Uzaklıklar						
Diğer Çukurlara Olan Uzaklık					1,5 m	
Minimum Devre Derinliği (En üstteki boru)					0,6 m	
Altyapı Sistemlerine Olan Minimum Uzaklık					3,0 m	
DİKEY TOPRAK ISI DEĞİŞTİRİCİSİ DEVRELERİ						
a) Devre Boyutları						
Devre Tipi	**Boru Uzunluğu (m/kW)**		**Kuyu Uzunluğu (m/kW)**		**Yüzey Alanı (m²/kW)**	
	Kuzey	**Güney**	**Kuzey**	**Güney**	**Kuzey**	**Güney**
Kuyu Başına Paralel Bir Çift Boru: 1¼ " PE boru	26	43	13	22	7	7
b) Altyapı Sistemlerine ve Çukurlara Olan Minimum Uzaklıklar						
Diğer Sondaj Kuyularına Olan Uzaklık					4,5 m	
Mülk Sınırlarına, Telefon, Elektrik, Doğalgaz vb. altyapı hizmetlerine olan minimum uzaklık					6,0 m	
Lağım çukuru, Hayvan Çiftliklerine, Rögarlara, Sıhhi tesisat hatlarına olan minimum uzaklık					30,0 m	

Tablo 3.119. YATAY VE DİKEY TOPRAK ISI DEĞİŞTİRİCİLERİLERİNİN BOYUTLANDIRMASINDA ÖN TASARIM TABLOSU

Dikey toprak ısı değişicisinin boyutlandırılmasında pratik notlar

- Bilgisayar destekli olarak yapılacak simülasyonlar yardımıyla, sistemden çekilecek veya sisteme atılacak ısı saatlik olarak hesaplanmalıdır.
- Saatlik olarak hesaplanan bu ısı değerleri tüm yıl her saat yani, 8.760 saat için ayrı ayrı toplanmalıdır.
- Dikey toprak ısı değiştiricisinin boyutlandırması için ısı pompasının giriş ve çıkış suyu sıcaklıkları belirlenmelidir.
- Soğutma gereksiniminin daha fazla olduğu bölgelerde, eğer devre uzunlukları ve sondaj, ısıtma ihtiyacına göre yapıldıysa, sisteme ek olarak bir soğutma kulesi gibi bir soğutucu bileşen ilave edilmelidir.
- Isıtma gereksiniminin daha fazla olduğu bir bölgede, eğer devre uzunlukları ve sondaj, soğutma ihtiyacına göre yapıldıysa, soğutmada kapasitesi mahal gereksiniminden fazla olan ısı pompaları yeniden boyutlandırılabilir, ısıtma ihtiyacı için ise cihazlarda elektrikli ısıtıcılar kullanılabilir veya sistemde ısıtmaya destek için kazan gibi bir ek ısıtıcı kullanılabilir.
- Eğer devre ve sondaj uzunluklarını hesaplamak için bilgisayar destekli simülasyon programları kullanılamıyor ise bu durumda *Tablo 3.119*'dan yararlanılarak bu hesaplamalar yapılabilir. Bu değerler, ilk tasarım değerlerinin oluşturulması için rehber niteliğindedir ve konut uygulamaları için hazırlanmıştır. Son tasarım boyutlandırması olarak kullanılmaları tavsiye edilmemekle beraber, son tasarımın oluşmasına yardımcı olmak için kullanılabilirler.
- Dikey toprak ısı değiştiricisi boyutlandırması yapılırken, 12 aylık işletme periyodu göz önüne alınmıştır. Isı pompaları tarafından atılan ısı ile topraktan çekilen ısı miktarının birbirlerine eşit olduğu ve toprağın sıcaklığının değişmeyeceği kabul edilmiştir.
- Burada önerilen değerler, toprak çeşitlerine göre yer altı suyunun akış hızının ve buna bağlı olarak ısı transfer hızının yüksek olduğu sistemler için uygundur.
- Toprak çeşitlerine göre yer altı suyu akış hızı yavaş olan sistemlerde, dikey toprak ısı değiştiricisi, ısı pompasının pik yüklerde sistemden ısı çekmek veya sisteme ısı atmak için kazan veya soğutma kulesi gibi ek ünitelerle beraber çalışacağı düşünülerek boyutlandırılmalıdır.
- Eğer yer altı suyunun akış hızı hakkında emin olunamıyorsa, akış hızının tespiti için detaylı bir saha analizi yapılmalıdır.

Yatay ısı değiştiricisi boyutlandırması

Yatay ısı değiştiricisi boyutlandırma işlemleri, daha önce anlatılan dikey ısı değiştiricisi boyutlandırma işlemleriyle benzerlik göstermektedir. Aralarındaki fark ise, daha sığ yüzeylerde kullanılan yatay ısı değiştiricilerinin çalıştıkları bölgelerde mevsime bağlı sıcaklık değişikliklerinin, dikey ısı değiştiricilerine göre daha fazla olmasıdır. Yüzey koşulları, yüzeyin karla kaplı olup olmaması vb

Anahat Debisi (l/s)	Anahat PE Boru çapı (inç)	Anahat / Devre	Devre Debisi (l/s)	Devre PE Boru çapı (inç)
0,36	**1"**	1	0,36	1"
		2	0,18	3/4"
0,54	**1"**	1	0,54	1"
		2	0,27	3/4"
		3	0,18	3/4"
0,72	**1"**	2	0,36	1"
		3	0,24	3/4"
		4	0,18	3/4"
0,90	**1¼"**	2	0,45	1"
		3	0,30	1"
		4	0,23	3/4"
		5	0,18	3/4"
		6	0,15	1¼"
1,35	**2"**	2	0,67	1¼"
		3	0,45	1¼"
		4	0,34	1"
		5	0,27	3/4"
		6	0,23	3/4"
		7	0,19	3/4"
		8	0,17	3/4"
1,80	**2"**	2	0,91	1¼"
		3	0,61	1¼"
		4	0,45	1¼"
		5	0,36	1"
		6	0,30	3/4"
		7	0,26	3/4"
		8	0,23	3/4"
		9	0,20	3/4"
		10	0,18	3/4"
		11	0,16	3/4"
2,25	**2"**	2	1,12	1½"
		3	0,75	1¼"
		4	0,56	1¼"
		5	0,45	1¼"
		6	0,37	1"
		7	0,32	3/4"
		8	0,29	3/4"
		9	0,25	3/4"
		10	0,23	3/4"
		11	0,20	3/4"
		12	0,19	3/4"
		13	0,17	3/4"

Tablo 3.120. YATAY VE DİKEY TOPRAK ISI DEĞİŞTİRİCİLERİLERİ İÇİN ANAHAT VE DEVRE BOYUTLANDIRMASI

Anahat Debisi	Anahat PE Boru çapı	Anahat / Devre	Devre Debisi	Devre PE Boru çapı
(l/s)	(inç)		(l/s)	(inç)
2.70	**2"**	3	0,91	1¼"
		4	0,67	1¼"
		5	0,54	1¼"
		6	0,45	1¼"
		7	0,39	1"
		8	0,34	1"
		9	0,30	3/4"
		10	0,27	3/4"
		11	0,25	3/4"
		12	0,23	3/4"
		13	0,21	3/4"
		14	0,19	3/4"
		15	0,18	3/4"
		16	0,17	3/4"
3.15	**2"**	3	1,04	1½"
		4	0,79	1¼"
		5	0,63	1¼"
		6	0,52	1¼"
		7	0,45	1¼"
		8	0,39	1"
		9	0,35	1"
		10	0,31	3/4"
		11	0,29	3/4"
		12	0,26	3/4"
		13	0,24	3/4"
		14	0,23	3/4"
		15	0,21	3/4"
		16	0,20	3/4"
		17	0,19	3/4"
		18	0,17	3/4"
		19	0,17	3/4"
3.60	**3"**	3	1,20	1½"
		4	0,91	1½"
		5	0,72	1¼"
		6	0,60	1¼"
		7	0,52	1¼"
		8	0,45	1¼"
		9	0,40	1"
		10	0,36	1"
		11	0,32	3/4"

Anahat Debisi	Anahat PE Boru çapı	Anahat / Devre	Devre Debisi	Devre PE Boru çapı
(l/s)	(inç)		(l/s)	(inç)
3.60	**3"**	12	0,30	3/4"
		13	0,28	3/4"
		14	0,26	3/4"
		15	0,24	3/4"
		16	0,23	3/4"
		17	0,21	3/4"
		18	0,20	3/4"
		19	0,19	3/4"
		20	0,18	3/4"
		21	0,17	3/4"
		22	0,16	3/4"
4.05	**3"**	3	1,35	1½"
		4	1,01	1½"
		5	0,81	1¼"
		6	0,67	1¼"
		7	0,58	1¼"
		8	0,50	1¼"
		9	0,45	1¼"
		10	0,41	1"
		11	0,37	1"
		12	0,34	3/4"
		13	0,31	3/4"
		14	0,29	3/4"
		15	0,27	3/4"
		16	0,25	3/4"
		17	0,24	3/4"
		18	0,23	3/4"
		19	0,22	3/4"
		20	0,20	3/4"
		21	0,19	3/4"
		22	0,19	3/4"
		23	0,17	3/4"
		24	0,17	3/4"
4.50	**3"**	4	1,12	1½"
		5	0,91	1½"
		6	0,75	1¼"
		7	0,65	1¼"
		8	0,56	1¼"
		9	0,50	1¼"

Tablo 3.120. YATAY VE DİKEY TOPRAK ISI DEĞİŞTİRİCİLERİLERİ İÇİN ANAHAT VE DEVRE BOYUTLANDIRMASI *(Devam)*

Anahat Debisi	Anahat PE Boru çapı	Anahat / Devre	Devre Debisi	Devre PE Boru çapı
(l/s)	(inç)		(l/s)	(inç)
4.5	3"	10	0,45	1¼"
		11	0,41	1"
		12	0,37	1"
		13	0,35	1"
		14	0,32	1"
		15	0,30	3/4"
		16	0,28	3/4"
		17	0,26	3/4"
		18	0,25	3/4"
		19	0,24	3/4"
		20	0,23	3/4"
		21	0,22	3/4"
		22	0,20	3/4"
		23	0,20	3/4"
		24	0,19	3/4"
		25	0,18	3/4"
		26	0,17	3/4"
		27	0,17	3/4"

Tablo 3.120. YATAY VE DİKEY TOPRAK ISI DEĞİŞTİRİCİLERİLERİ İÇİN ANAHAT VE DEVRE BOYUTLANDIRMASI *(Devam)*

koşullara göre önem kazanabilir. Yatay ısı değiştirici sistemler için, soğuk bölgelerde toprak devresine antifriz eklenmesi gereklidir.

Yatay ısı değiştiricileri için, dikey ısı değiştiricilerine göre çok daha büyük yüzey alanı ve boru gereksinimi vardır. Bu gereksinim yüzünden büyük ticari bina uygulamalarında daha az tercih edilmektedir. Yatay spiral ısı değiştiricileri gibi daha dar yapılı ısı değiştiricileri kullanılarak bağlantı noktaları ve yüzey alanı azaltılmaktadır. *Tablo 3.119* yatay ısı değiştiricisi boyutlandırması ön tasarımı ve fizibilite için fikir verebilir. Boyutlandırmanın son halinin bilgisayar destekli olarak uygun programlarla yapılması daha iyi neticeler doğuracaktır.

b. Toprak kaynaklı ısı değiştiricisi tasarımı

Yerleşim ve toplam boru uzunluğu hesaplandıktan sonra, ısı değiştirici tasarımındaki son adım, ısı değiştirici yerleşimlerini, besleme ve dönüş ana hattının tasarımını belirlemek olacaktır.

İlk yatırım maliyetlerini düşürmek için ısı değiştirici uygulamansının, binaya yakın olması tercih edilir. Bu şekilde, besleme ve dönüş ana hatlarının boyları da kısalacaktır. Toprak altı ve üstündeki engeller veya diğer sistemler de (telefon, su vb) hesaba katılmalı ve bu sistemlerle ısı değiştiriciler arasında uygun mesafeler bırakılmalıdır. *Tablo 3.119*'de kablolar, kanalizasyon vb diğer sistemler arasında bırakılması gerekilen minimum mesafeler gösterilmektedir. Minimum mesafeler için ilgili makamlara mutlaka danışılmalıdır.

Toprak altına yerleştirilecek sistemin derinliği kullanılacak alana göre değişiklik gösterebilir. Çimenlik uygulama alanları, daha az derinken, otopark alanları altına uygulanacak sistemler ise daha derin olabilir. Minimum ısı değiştiricisi derinliği, 0,8 –1 m veya o bölge için donma noktasının altında bir derinlikte olmalıdır.

Çukurlar arasındaki mesafe, makinelerinin özelliklerine göre değişiklik gösterse de genellikle 2-3 m arasında olmalıdır. Çukur genişliği ise yan yana (side by side) uygulamalarda 1-1,5 m arasındayken, altlı/üstlü (over under) uygulamalarda daha geniş olabilmektedir.

Genellikle eşit sayıda devreye hizmet verebilecek birden fazla ana hat kullanımı tavsiye edilir. Birden fazla ana hat kullanımı, boru çaplarını ve bağlantı parçalarını azalttığından ve sahada kullanım kolaylığı sağladığından, maliyetleri düşürmektedir. Genellikle ana hatların gidiş ve dönüşleri, bina içerisindeki bir mekanik odada, kolektörlere bağlanmaktadır. Bu şekilde yapılan bir tasarım, hatlara yalıtım yapabilme kolaylığı hatların gibi, gerektiğinde bir tanesi hariç bütün kanalların kapatılarak sistemin kolayca yıkanabilmesini sağlamaktadır.

Yatay toprak ısı değiştircisi tasarımı

Aç/Kapa mantığıyla kontrol edilen, sabit pompa debisi ile çalışan toprak altı devrelerinde, bir devre 0,12 l/s-0,18 l/s arasında debi değerleri ile çalışıyor ise, tasarımda devre başına 3,5 kW ısı yüküne eşit kabul edilebilir. Bu kabul, tüm bina tasarımında ısıtma için en yüksek gereksinimlerin aynı anda oluştuğu işletmelerde rahatlıkla kullanılabilir.

Büyük kapasiteli uygulamalarda, tasarımda soğutma yükü, ısıtma yükünden daha önemli olacaktır. Soğutma yüküne göre tasarlanan toprak altı devrelerinde, diversite kullanımı ile 0,12 l/s-0,18 l/s arasında debiler 2,5 kW ısı yüküne denk gelmektedir.

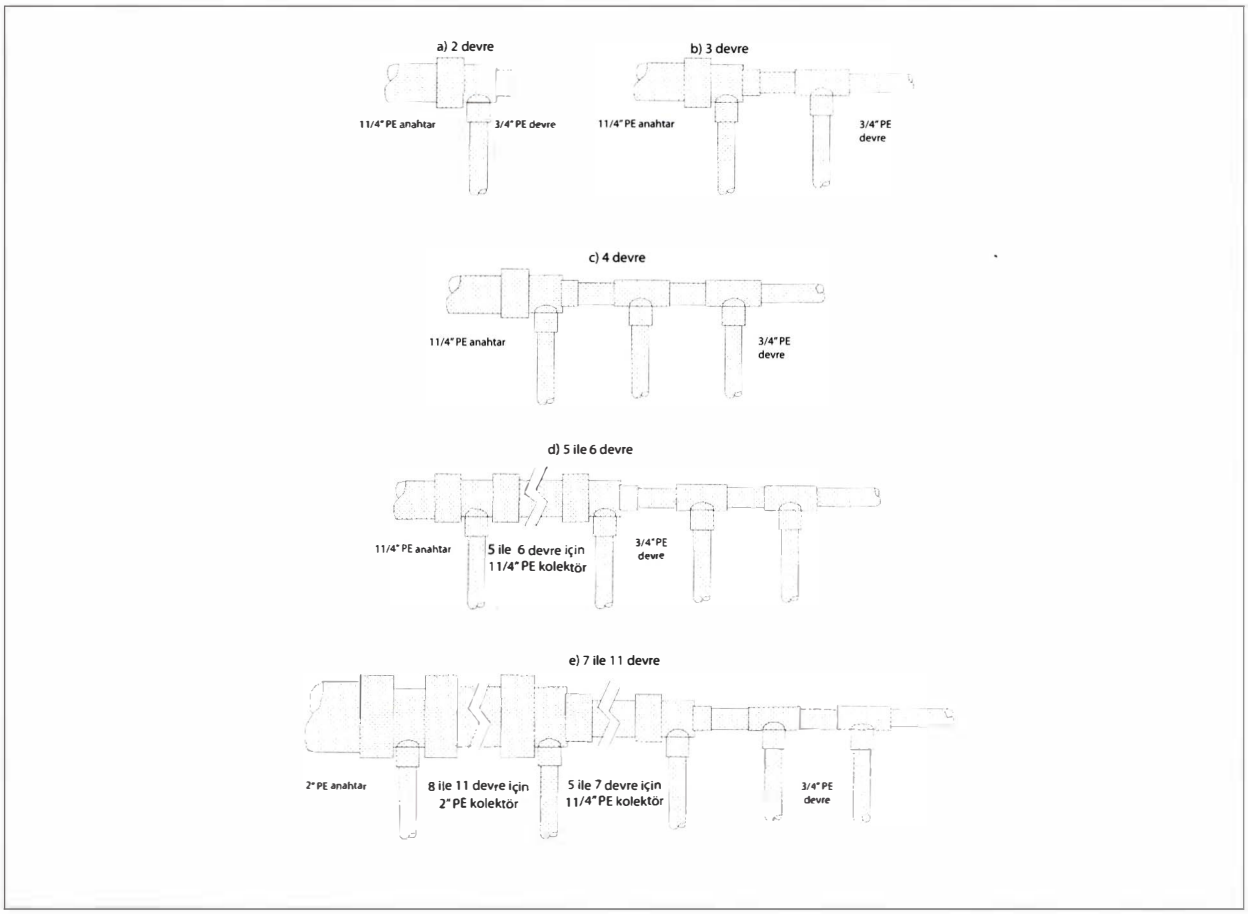
Tasarım için burada belirtilen 0,12 l/s-0,18 l/s gibi debiler örnek olmakla beraber daha farklı sistem debileri için yapılacak seçimlerde tasarımcılar *Tablo 3.120*'den yararlanabilirler.

Isı değiştiricisi boyutlandırması daha evvel anlatıldığı gibi bilgisayar destekli simülasyon programı ile yapılır. *Tablo 3.119*'dan yatay ısı değiştiricilerinin farklı devre yerleşimleri için devre boyu/çukur boyu ve gerekli toplam uygulama alanları USA'nın kuzey ve güney bölgeleri için verilmiştir.

*Şekil 3.116'*daki sistemde, soğuk iklimde devre başına 3,5 kW kabulü ile, 84 kW sistem kapasitesi ve 3,6 l/s debi gereklidir.

Aynı sistem örneğinde, toprak altı devresinin, binanın soğutma yüküne göre belirleneceği kabul edilir ve soğutma yükünün 0,83 diversite kullanımı ile, yük değeri (84 x 0,83) 70 kW olarak belirlenir.

Uygulama alanı 30m x 85m ile sınırlı bir arazidir. 70 kW için 20 devre kullanılabilir. 2 borulu tek devreli sistem seçiminde 20 çukur açılması gerekir. 0,6m – 0,9 m çukur genişliği ve minimum 1,5 m çukur aralığı ile 20



Şekil 3.121. POLİETİLEN BORU KULLANIMINDA ANAHAT VE DEVRE BOYUTLANDIRILMASI

çukur için minimum [20(1,5+0,6)] = 42 m yer ihtiyacı vardır. Bu durumda 10 çukur ve 4 borulu iki devreli seçim (*Şekil 3.115*) kullanılabilir. Böylelikle sistem 30 m alan içerisinde kalabilecektir. *Tablo 3.119*' a bakıldığında kW yük başına 13 m çukur uzunluğu gerekmektedir. 70 kW ve 10 çukur öngörülen bir tasarımda, bir çukur boyu: (13 x 70) / 10 = 91 m olarak belirlenebilir. Bu mesafe uygun olmadığı için 12 çukur seçilebilir. Bu durumda çukur boyu, (13 x 70)/12 = 76 m olacaktır. Bu seçim yapıldıktan sonra geri dönülüp çukur aralığı uygunluğu tekrardan kontrol edilmelidir. Yapılan seçime göre yer ihtiyacı 12 (1,5 + 0,6) = 25 m olmalıdır. Bu durumda sınırlandırılan 30 m aralığa sığabilmek için devrenin iki tarafında yeterli boşluklar bırakmak gereklidir. *Şekil 3.115*'de verilen 12 çukur içinde 4 borulu 2 devreli olmak üzere 24 devreli sistem, toplam 3,6 l/s ve devre başına 0,15 l/s ile çalışacaktır. *Tablo 3.120*'den faydalanılarak 24 devreli sistemin kaç ana hat (gidiş/dönüş) ile çalışacağına karar verilebilir. Devrelerde oluşacak basınç kayıpları göz önüne alınmalıdır. Örnekte üç ana hat uygulaması ile her ana hattın 1,2 l/s debi ile çalışması uygun bulunmuştur. *Şekil 3.121*'de PE boru için gerekli gidiş-dönüş kolektörleri, ana hat ve devre boyutları verilmektedir.

Yatay toprak altı ısı değiştiricisi uygulamalarında devrenin özellikle ana hatlarının eş direnç (Tichelmann) sağlayacak şekilde tasarlanması tavsiye edilir. Böylece tüm devreler eş çalışabilecek ve arazide farklı sıcaklıkta devreler oluşmayacaktır. Tüm gidiş/dönüş kolektör ve ana hatları aynı çapta olmalı ve her ana hat, eşit devre sayısına sahip olmalıdır.

En uzun ana hatta göre devrenin basınç düşümü hesaplanmalıdır. Bu değer sirkülasyon pompası seçiminde toplam debi ile beraber kullanılacaktır.Kullanılacak boruların basınç sınıfının uygunluğuna dikkat edilmelidir.

Dikey toprak ısı değiştircisi tasarımı

Yatay toprak ısı değiştiricisi tasarımında olduğu gibi dikey ısı değiştiricisi tasarımında da hesapları kolaylaştırmak için debi değerleri devre başına 0,12 l/s – 0,18 l/s olarak alınmıştır. Yatay toprak ısı değiştiricisi sistemlerinde, bir çukura bir veya birden fazla devre yerleştirildiyse de, dikey toprak ısı değiştiricileri için burada belirtilen değerler, kuyu başına bir devre uygulaması kabulü yapılarak verilmiştir. Aç/kapa mantığıyla kontrol edilen, sabit pompa debisi ile çalışan sistemler için verilmiştir. Sabit debili sistemlerde, bütün ısı pompalarının aynı anda çalışması beklenmese bile, çevrimin toplam debi hesabına göre belirlenmesi gerekmektedir. Devre uzunluğu ısıtma yüküne göre belirlenmiştir.

Tasarım için burada belirtilen 0,12 l/s – 0,18 l/s gibi debiler örnek olmakla beraber farklı sistem debileri için yapılacak seçimlerde tasarımcılar *Tablo 3.120*'den yararlanabilirler.

Genellikle büyük kapasiteli (alışveriş merkezi / büyük ofis binası gibi) uygulamalarda, dikey toprak ısı değiştiricileri tercih edilmektedir. Özellikle, büyük yükler ve uygulama alanı sınırlamaları, tasarımcıları derin ısı değiştiricileri ve yüksek sistem debileri seçmeye yöneltmektedir. Kayaç gibi sert zeminlerde az sayıda derin kuyu uygulaması, sondaj maliyetleri anlamında, çok sayıda daha az derin kuyu açılmasına göre avantajlıdır. Diğer taraftan derin kuyular, büyük çaplı boru yatırım maliyetlerini arttırmaktadır. Büyük uygulamalar için toprak analizi yapılması, mümkün olabilecek kuyu derinliği ve ekonomik borulama mesafelerinin belirlenmesinde faydalı olacaktır.

Şekil 3.114'deki sistemde, soğuk iklimde devre başına 3,5 kW kabulü ile, 84 kW sistem kapasitesi ve 3,6 l/s debi gereklidir. Aynı sistem örneğinde toprak altı devresi binanın soğutma yüküne göre belirleneceği kabul edilir ve soğutma yükünün 0,83 diversite kullanımı ile, yük değeri (84 x 0,83) 70 kW olarak belirlenir.

Uygulama alanı 15m x 45m ile sınırlı bir arazidir ve binaya uzak mesafededir. Sistemde her kuyu başına *Şekil 3.113-a*'da gösterilen tek devre U- boru kullanılacaktır. 70 kW yük için 0,12 l/s- 0,18 l/s debi dolaşacak 20 devre kullanılabilir. *Tablo 3.119-d*'de verilen sondaj kuyuları arası minimum mesafe olan 4,5 m için 15 m genişlikte 3 kuyu, 45 m genişlik için ise 10 kuyu açılabilir.10 kuyu seçiminde, 45 m tam limitte kalacağı için (arazi sınırları, bina temeli vb sınırlamalar), 3 kuyu seçeneği tercih edilir. Bu durumda her sırada 7 ila 9 sondaj kuyusu planlanabilir. Her sırada 8 kuyu kabulü ile toplam, 24 devre oluşturulabilir. Her devre için, 0,15 l/s debi kabul edilirse, sistem toplam debisi 3,6 l/s olarak belirlenir. Her sıra için gidiş ve dönüş kolektörlerine bağlı birer gidiş ve dönüş ana hattı oluşturulur. *Tablo 3.120*'den faydalanılarak, ana hatlar ve devrelerin debi değerlerine bağlı çapları bulunabilir. *Şekil 3.121,* PE boru için gerekli gidiş-dönüş kolektörleri, ana hat ve devre boyutlarını vermektedir. *Şekil 3.114*'de dikey tip toprak ısı değiştiricisinin yerleşimi verilmektedir.

Bu noktada, kuyularda kullanılan U-boru uzunlukları, bölümün başında anlatılan binaların bilgisayar destekli enerji analizlerine göre ve *Şekil 3.117-a*, *Şekil 3.117-b* ve *Şekil 3.117-c*'den faydalanılarak belirlenmelidir. Toplam boru uzunluğu, devre adedine bölünür ve bir devrenin uzunluğu bulunur. Sondaj kuyusu derinliği ise devre uzunluğunun yarısı olacaktır.

Genellikle toprak altında ısı yığılmasının engellenmesi ve her kuyudan en yüksek verimde ısı çekilmesi için, sondaj yapılacak alanın, geniş kare bir formda tasarlanmasındansa, ince uzun dikdörtgen bir formda tasarlanması tercih edilmelidir.

Dikey toprak altı ısı değiştiricisi uygulamalarında, devrenin özellikle ana hatlarının eş direnç (Tichelmann) sağlayacak şekilde tasarlanması tavsiye edilir. Böylece tüm devreler eş çalışabilecek ve arazide farklı sıcaklıkta devreler oluşmayacaktır. Tüm gidiş/dönüş kolektör ve ana hatları aynı çapta olmalı ve her ana hat eşit devre sayısına sahip olmalıdır.

En uzun ana hatta göre devrenin basınç düşümü hesaplanmalıdır. Bu değer sirkülasyon pompası seçiminde toplam debi ile beraber kullanılacaktır. Kullanılacak boruların basınç sınıfının uygunluğuna dikkat edilmelidir. Toprak ısı değiştiricisinin en alt noktasında hidrolik basıncın, kullanılacak borular için verilen limitlerde olup olmadığı kontrol edilmelidir. Eğer basınç değeri, boru limit değerlerinin üzerindeyse, bir üst basınç sınıfına sahip borular tercih edilmeli veya sistem, bir plakalı eşanjör yardımıyla binadan hidrolik olarak ayrılmalıdır.

c. Örnek Ofis Binası İçin Toprak Kaynaklı Isı Değiştiricisi Tasarımı

Bölüm 3.4.6.3'de verilen bilgisayar destekli enerji analizlerinden, elde edilen bilgiye göre toprağa atılan yıllık toplam ısı miktarı 402,32 MW iken topraktan çekilen yıllık toplam ısı miktarı, 97,21 MW olmaktadır. T_{ort} =10°C olduğu için cihaz giriş suyu sıcaklıkları T_{min} = 0°C ve T_{maks} = 30°C olarak seçilmiştir. Bu ısı yükleri, T_{min}=Tort – 10°C, $T_{maks} = T_{ort}$ + 20°C değerleri ve *Şekil 3.117-a, Şekil 3.117-b* ve *Şekil 3.117-c*'de verilen aşağıdaki denklemlerden yola çıkarak, soğutma için 3.700 m, ısıtma için de 1.927 m boru uzunlukları bulunmuştur.

Toprağa atılan yıllık toplam ısı miktarına göre (ΣQ_{ta});

Dikey toprak ısı değiştirici boyu (L_{ta})

$L_{ta}(m) = 184 \times \Sigma Q_{ta}(MW) / (T_{maks} - T_{ort})$

Topraktan çekilen yıllık toplam ısı miktarına göre ($\Sigma Q_{tç}$);

Dikey toprak ısı değiştirici boyu (Ltç)

$L_{tç}(m) = 198 \times \Sigma Q_{tç}(MW) / (T_{ort} - T_{min})$

Kullanım sıcak suyu hesaba katılırsa üstteki denklem;

Topraktan çekilen yıllık toplam ısı miktarına göre ($\Sigma Q_{tç}$);

Dikey toprak ısı değiştirici boyu ($L_{tç}$)

$L_{tç}(m) = 190 \times \Sigma Q_{tç}(MW) / (T_{ort} - T_{min})$

Bölüm 3.4.6.2'deki saha analizinden toprak örtüsünün 30 m ve altının granit kaya olduğu anlaşılmıştır. Hassasiyet değeri *Tablo 3118*'den okunur ve ısı değiştiricisi uzunluğunu 1,16 katsayısı ile çarpılarak 4.380 m'ye yükseltilir. Sondaj kuyu derinliğinin 78 m olacağı kabul edilebilir. Sondaj derinliği ve kuyu adetlerinin yapılacak sondaj uygulama maliyet analizine göre belirlenmelidir. Bu örnekte 78 m'lik 28 sondaj kuyusu gerekli devre uzunluğuna yetecektir. Dikey toprak altı ısı değiştiricisi uygulamalarında, devrenin özellikle ana hatlarının eş direnç (Tichelmann) sağlayacak şekilde tasarlanması tavsiye edilir. Isı değiştiricisi dört devre ve devre başına yedi sondaj kuyusu şeklinde tasarlanmıştır.

3.5. HAVA KAYNAKLI ISI POMPALARI

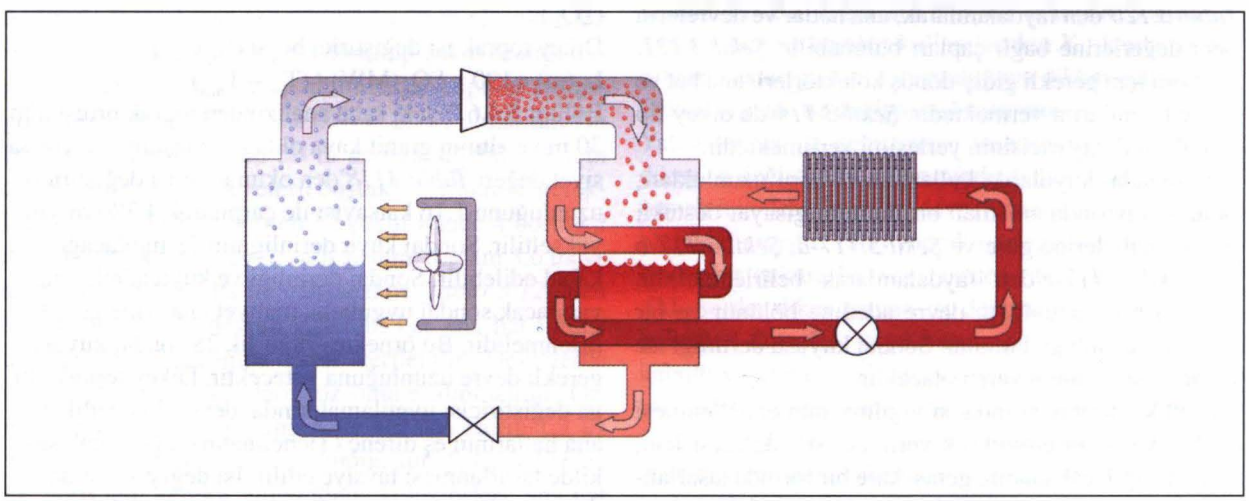
Hava kaynaklı ısı pompaları, en kolay bulunabilen ısı kaynağı olan çevre havasındaki enerjiyi kullanarak, mahalde ısıtma veya soğutma yapabilen cihazlardır. Kaynak tarafında çevre havasından yararlanan ısı pompaları, elde ettikleri enerjiyi yük tarafında suya veya havaya aktarabilirler. Yaygın olarak kullanılan hava kaynaklı ısı pompaları, genellikle "klima" olarak adlandırılan havadan havaya ısı pompalarıdır. Havadan suya ısı pompaları ise, yük tarafında enerjilerini suya aktardıklarından döşemeden ısıtma veya radyatör (statik ısıtma) ile daha konforlu ısıtma yapabilme imkanı sunarlar. Genellikle fancoiller ile soğutma, bağıl nemin uygun olduğu bölgelerde ise döşemeden ısıtma boruları kullanılarak döşemeden serinletme yapılabilir. Sudan havaya ısı pompası sistemleri, split veya monoblok olarak tasarlanmaktadırlar. Monoblok tiplerde sistemin tüm bileşenleri mahalin dışındadır. Bu sistemler genellikle mini chiller prensibi ile soğutma uygulamalarında karşımıza çıkmaktadırlar. Split tiplerde ise, soğutucu akışkan çevriminin bileşenlerinin (su devresi eşanjörü hariç) bulunduğu bir dış ünite mahalin dışına yerleştirilirken, su devresi eşanjörü, hidrolik grup (pompa, genleşme tankı vb) ve kontrol sisteminin bulunduğu iç ünite mahalin içerisine yerleştirilir. Bu bölümde, split tip havadan suya ısı pompası sitemleri ayrıntılı olarak incelenecek ve sistemin genel adı olan "hava kaynaklı ısı pompaları" adı ile anılacaktır. Hava kaynaklı ısı pompalarının bazı avantajları şunlardır;

- Konutlara genel çözüm : Çeşitli işletim şekillerinde çok yönlü kullanım ve maksimum konfor imkanı sunar; döşemeden ısıtma sistemi, düşük sıcaklık radyatörleri, radyatörler ile ısıtma, döşemeden ısıtma sistemi ile pasif soğutma ve ayrıca fan coil ile ısıtma ve soğutma. Bu sistem ayrıca yıl boyunca sıcak kullanım suyu ihtiyacını da karşılamak için tasarlanmıştır.
- Kolay ve esnek kurulum : Montaj kolaylığı sunmasının yanında, yüksek maliyetli sondaj veya kurulum gerektirmez. Az yer kaplayan dış ünite, montaj için sınırlı alana sahip apartman dairelerine rahatlıkla konulabilir. İç ünite için özel bir odaya, havalandırma veya baca gibi ilave bir alt yapıya gerek yoktur. HKIP, mevcut düşük sıcaklıklı sistemlere (döşemeden ısıtma ve radyatörler) sorunsuz bir şekilde bağlanabilir.
- Optimum kontrol : Çıkış suyu sıcaklığı, o andaki dış hava sıcaklığının bir fonksiyonudur ve bu yüzden hava sıcaklığına bağlı olarak yalnızca o andaki enerji gereksinimi karşılanır. Inverter teknolojisi, kompresör hızını anlık ihtiyaca göre ayarlar, gereksiz durkalk yapmasını önleyerek enerji tasarrufu sağlar ve iç hava sıcaklığını istenilen değerde sabit tutar.
- Maksimum verim, düşük elektrik faturaları : Hava kaynaklı ısı pompası, her bir kWh elektrik enerji tüketimi ile 3-5 kWh arasında ısı enerjisi üreterek son derece yüksek verim sağlar.
- Daha az bakım ihtiyacı : Bakım gerektiren bir kazan veya temizlenecek bir baca yoktur.
- Daha düşük karbondioksit salınımı : Fosil yakıtları doğrudan kullanmadığından kendisi karbondioksit üretmez.

3.5.1. ÇALIŞMA PRENSİBİ

Hava kaynaklı ısı pompaları ısıtma, soğutma ve kullanım sıcak suyu ısıtmasında kullanılabilirler. Çalışma prensibi temel olarak, soğutucu akışkanın kapalı devrede sıcaklık, basınç ve faz değişimi ile enerjiyi aktarımına dayanmaktadır.

Isıtma işletiminde, düşük sıcaklık ve basınçtaki soğutucu akışkan, dış ünitede evaporatör içerisinden geçerken kendisinden daha yüksek sıcaklıktaki çevre havasından ısıyı çeker. Isı taşıyıcı akışkanın sıcaklığı ve basıncı kompresörde artırıldıktan sonra, iç ünitedeki su devresi eşanjörüne gönderilir. Burada yüksek sıcaklık ve basınçtaki soğutucu akışkan, enerjisini tesisattan dönen suya aktarır. Sıcaklığı artırılan su, pompa vasıtası ile



Şekil 3.122. HAVA KAYNAKLI ISI POMPASI ÇALIŞMA PRENSİBİ

mahal içerisindeki ısı değiştiricilerine gönderilir. Isıtma devresinde su sıcaklığı 55°C değerine kadar çıkartılabilir. Bu nedenle, ısı pompalarının kullanıldığı sıcak sulu ısıtma sistemleri, düşük sıcaklık ısıtma sistemleri olarak planlanmalıdır. Bu amaca en uygun çözüm döşemeden ısıtma sistemleridir.

Soğutma işletiminde ise soğutucu akışkan çevrimi bir dört yollu vana ile tersine çevrilerek mahal içerisinden çekilen ısı, dış ünite üzerinden dış havaya aktarılır. Soğutma işletiminde genellikle fancoiller tercih edilmektedir.

Klasik hava kaynaklı ısı pompalarının özelliklerinden olmayan kullanım suyu ısıtması, aslında bu cihazların kullanıldığı uygulamalarda istenilen bir özelliktir. Serpantinli boyler kullanımı ve elektrikli ısıtıcı desteği ile konforlu sıcak su temini mümkündür. Hatta son yıllarda, ısı pompaları ile güneş enerjisi sistemlerinin beraber kullanımı yaygınlaşmaktadır.

Hava kaynaklı ısı pompalarının çalışma aralığı genellikle -20°C ile 46°C değerindedir. Soğutucu akışkan sıcaklığı ısıtma modunda dış hava sıcaklığından 6-11°C daha soğuktur. Hava kaynaklı ısı pompalarında dış hava sıcaklığı ve buz oluşumu en önemli iki tasarım parametresidir. Hava sıcaklığı düştükçe, ısıtmada ısı pompasının verimi ve kapasitesi düşer. Isıtma ve soğutmada dış hava sıcaklıkları ve iç yükler değişken oldukları için, sistem kapasitesi ayarlanarak enerji ekonomisi yapılabilir. Bunun için bir hava kaynaklı ısı pompasında aşağıdaki özellikler aranmalıdır:

- Inverter kompresör teknolojisi ile, kompresör devri, kullanıcının ihtiyacına göre cihaz tarafından ayarlanarak, her çalışma anında mümkün olan en yüksek verim elde edilir. Dur/kalk yapmadan çalışma, yüksek verimin yanı sıra, kompresörün ömür ve servis gereksinimi açısından da avantaj sağlar.
- Değişken çıkış suyu sıcaklığı ayarı ile, iç ünitenin çıkış suyu sıcaklığı dış, hava sıcaklığına bağlı olarak değişir. Dış hava sıcaklığı yükseldiğinde daha az ısıtma ihtiyacı gerekeceğinden iç ünite, çıkış suyu sıcaklığını düşürür ve ısı pompasının verimliliği artar.

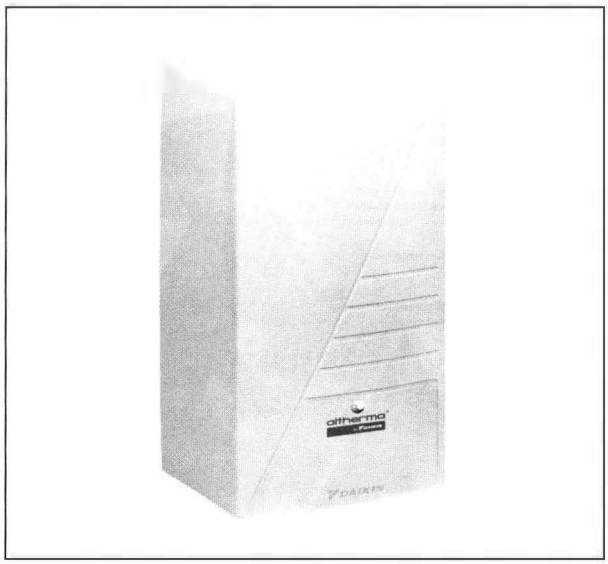
3.5.2. SİSTEM BİLEŞENLERİ

Hava kaynaklı ısı pompası sisteminin temel bileşenleri iç ünite, dış ünite, kullanım suyu boyleri ve mahal içi ısı değiştiricileridir.

3.5.2.1. Hava Kaynaklı Isı Pompası İç Ünitesi

İç ünite, ısıtmada soğutucu akışkandaki enerjiyi, döşemeden ısıtma sisteminde, radyatörlerde ve sıcak kullanım suyu boylerinin serpantininde dolaşan suya; soğutmada ise fancoillere aktarır. İç ünite *Şekil 3.125*'deki bileşenlerden oluşmaktadır. İç ünitelerin bazı özellikleri aşağıda sıralanmıştır.

- İhtiyaca göre sadece ısıtma veya ısıtma soğutma yapabilen iç üniteler bulunmaktadır.
- Çıkış suyu sıcaklıkları ısıtmada 25-55°C, soğutmada 5-22°C aralığında olabilmektedir.
- Tek enerjili (monoenergetic) işletim için su devresi eşanjörünün çıkışında ek elektrikli ısıtıcı bulunmaktadır.
- Su devresinde, pompa, kapalı genleşme tankı, pislik tutucu, flow switch ve otomatik hava purjörü bulunmaktadır.
- İç ünite, ısıtılacak mahalde bulunacağından ses seviyeleri 30 dB(A) gibi düşük seviyelerdedir.



Şekil 3.124. HAVA KAYNAKLI ISI POMPASI İÇ ÜNİTESİ

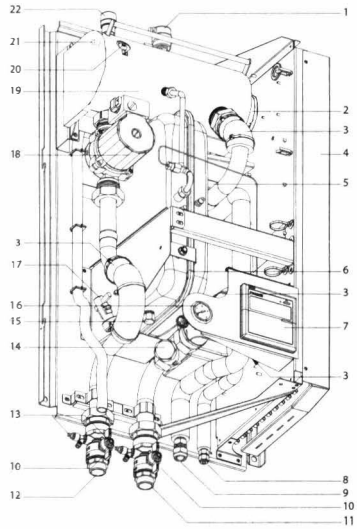
3.5.2.2. Hava Kaynaklı Isı Pompası Dış Ünitesi

Dış ünite, çevredeki havadan düşük sıcaklıktaki ısıyı alır ve sıcaklığını arttırır. Sıcaklığı yükseltilen ısı daha sonra soğutucu akışkan devresi vasıtası ile iç üniteye aktarılır. Dış ünite alışılagelmiş split klima dış ünitesi görünümüne sahiptir.

- Dış ünite çalışma sıcaklıkları, ısıtma işletimi için -20°C ila 35°C, soğutma işletiminde ise 15°C ila 43°C aralığında değişmektedir.
- Değişken dış hava sıcaklıkları ve iç yüklere bağlı olarak, kapasitelerini ayarlayabilen inverter kompresörlü sistemler, daha yüksek enerji verimliliği ile çalıştıklarından, genelde tercih edilmektedirler.
- Dış ünitelerin ses seviyeleri özellikle gece işletimlerinde çok önemlidir. Inverter kompresör kullanımı ile ses seviyeleri minimum seviyelere düşürülmektedir.
- Türkiye şartlarında konutlarda trifaze elektrik bulunmadığından monofaze dış üniteler avantaj sağlamaktadır.
- Hava kaynaklı ısı pompalarının ısıtma ve soğutma kapasiteleri dış hava sıcaklığı ve çıkış suyu sıcaklıklarına göre değişmektedir. Farklı dış hava ve çıkış suyu sıcaklıkları için örnek dış ünite ısıtma ve soğutma kapasiteleri *Tablo 3.128* ve *Tablo 3.129*'de gösterilmektedir.



Şekil 3.123. HAVA KAYNAKLI ISI POMPASI UYGULAMASI



1 Havapurjörü
Hava purjörü aracılığıyla su devresinde kalan hava otomatik olarak alınacaktır.

2 Elektirikli ısıtıcı
Elektirikli ısıtıcı, düşük dış hava sıcaklıklarından dolayı dış ünitenin ısıtma kapasitesi yetersiz kaldığında, su devresine ilave ısıtma kapasitesi sağlayacak olan elektrikli bir ısıtma elemanından ibarettir.

3 Sıcaklık sensörleri
Dört adet sıcaklık sensörü, su devresinin farklı noktalarında su ve soğutucu sıcaklığını belirler.

4 Elektrik bağlantı kutusu
Elektrik bağlantı kutusu, iç üniteninana elektronik ve elektrik parçalarını içinealır.

5 Su devresi eşanjörü

6 Genleşme kabı (10l)

7 Kontrol ünitesi
Kontrol ünitesi, montajcının ve kullanıcının üniteyi ayarlamasına, kullanmasına ve bakım yapmasına imkan verir.

8 Soğutucu akışkansıvı bağlantısı

9 Soğutucu akışkan gazbağlantısı

10 Kesmevanaları (aksesuar)
Su giriş bağlantısı ile su çıkış bağlantısı üzerinde bulunan kesmevanaları, iç ünitesu devresitarafınınmahaliçisu devresinden ayrılmasını sağlar. Bunun sayesinde iç ünitenin boşaltılması ve filtre değişimi yapılır.

11 Sugirişbağlantısı

12 Suçıkış bağlantısı

13 Drenaj ve doldurma vanaları

14 Su filtresi
Su filtresi, pompanın zarar görmesini veya evaporatörün tıkanmasını önlemek için sudaki kiri temizler. Su filtresi düzenliaralıklarla temizlenmelidir.

15 Genleşmekabıdrenaj vanası
Genleşme kabının drenaj vanası, drenaj ve doldurma vanaları ile boşaltıldıktan sonra genleşme kabının içinde kalan suyun boşaltılmasına imkan tanır.

16 Manometre
Manometre su devresindeki su basıncının okunmasına imkan tanır.

17 Akışanahtarı
Akış anahtarı su devresindeki akışı kontrol eder ve ısı eşanjörünü dona karşı ve pompayı hasara karşı korur.

18 Pompa
Pompa su devresindeki suyu dolaştırır.

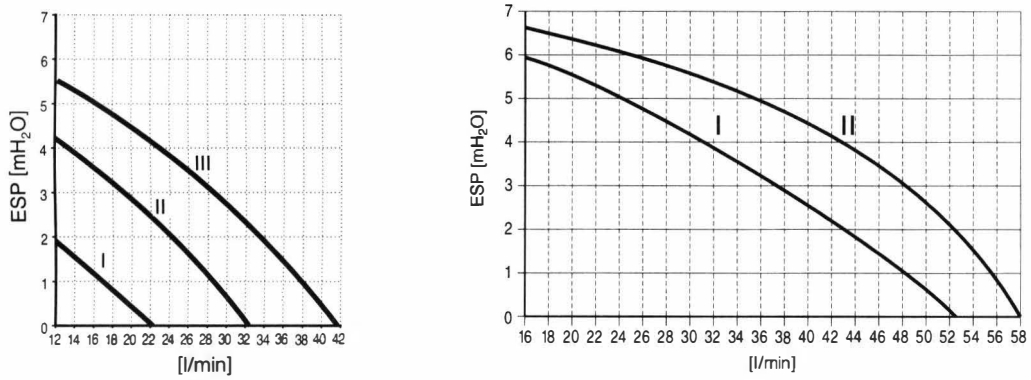
19 Ekısıtıcıkabı
Ek ısıtıcı suyu, yardımcı ısıtıcı kabındaısıtır.

20 Ek ısıtıcıkoruyucu
Ek ısıtıcı bir termal koruyucuya sahiptir. Koruyucu, sıcaklık fazla yükseldiğinde devreyegirer.

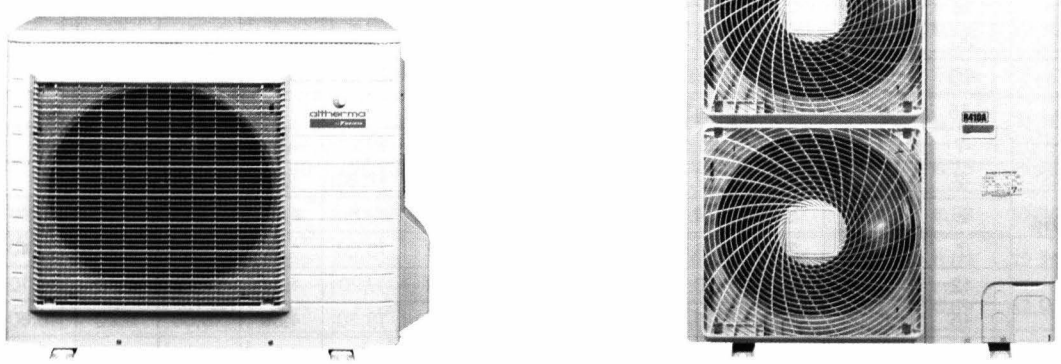
21 Ek ısıtıcı sigorta
Ek ısıtıcı bir sigortaya sahiptir. Sıcaklık fazla yükseldiğinde (yardımcı ısıtıcı termal koruyucu sıcaklığından daha yüksek) sigortayanar.

22 Emniyet ventili
Emniyetventili, 3 bar basınçta açılıpbir miktar suyu boşaltarak su devresindeki aşırı su basıncını önler.

Şekil 3.125. HAVA KAYNAKLI ISI POMPASI İÇ ÜNİTE BİLEŞENLERİ



Şekil 3.126. 8 kW VE 16 kW KAPASİTELERE SAHİP ISI POMPALARI İÇİN ÖRNEK POMPA EĞRİLERİ



Şekil 3.127. HAVA KAYNAKLI ISI POMPASI DIŞ ÜNİTESİ

Model	Dış Hava Sıcaklığı	Çıkış Suyu Sıcaklığı											
		30°C		35°C		40°C		45°C		50°C		55°C	
		Isıtma Kap.	Güç Tük.	Isıtma Kap.	Güç Tük.	Isıtma Kap.	Güç Tük.	Isıtma Kap.	Güç Tük.	Isıtma Kap.	Güç Tük.	Isıtma Kap.	Güç Tük.
	°C	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW
ERHQ 006	-15	3,93	1,48	3,67	1,59	3,47	1,71	3,33	1,84	3,25	1,99	-	-
	-10	4,65	1,52	4,32	1,65	4,07	1,79	3,89	1,94	3,78	2,10	-	-
	-7	5,14	1,54	4,77	1,68	4,49	1,83	4,28	1,99	4,15	2,16	-	-
	-2	6,06	1,57	5,62	1,72	5,28	1,88	5,03	2,06	4,87	2,25	-	-
	2	6,89	1,57	6,38	1,74	6,00	1,91	5,72	2,11	5,53	2,31	-	-
	7	8,03	1,57	7,45	1,75	7,00	1,94	6,68	2,15	6,47	2,37	-	-
ERHQ 007	-15	4,87	1,82	4,62	1,94	4,43	2,08	4,30	2,23	4,24	2,40	-	-
	-10	5,67	1,88	5,34	2,02	5,09	2,18	4,92	2,36	4,82	2,55	-	-
	-7	6,21	1,91	5,83	2,07	5,55	2,24	5,35	2,42	5,23	2,63	-	-
	-2	7,23	1,95	6,77	2,13	6,42	2,32	6,17	2,52	6,02	2,75	-	-
	2	8,14	1,97	7,61	2,16	7,21	2,37	6,92	2,59	6,74	2,83	-	-
	7	9,40	1,98	8,79	2,19	8,32	2,42	7,98	2,66	7,78	2,92	-	-
ERHQ 008	-15	5,42	2,06	5,16	2,19	4,97	2,34	4,86	2,51	4,80	2,70	-	-
	-10	6,27	2,13	5,93	2,29	5,68	2,46	5,51	2,65	5,42	2,86	-	-
	-7	6,84	2,17	6,46	2,34	6,17	2,53	5,97	2,73	5,86	2,95	-	-
	-2	7,92	2,22	7,45	2,41	7,10	2,62	6,85	2,85	6,70	3,10	-	-
	2	8,90	2,26	8,35	2,46	7,93	2,69	7,65	2,93	7,47	3,20	-	-
	7	10,20	2,28	9,58	2,51	9,10	2,76	8,76	3,02	8,56	3,31	-	-
ERHQ 011	-20	5,66	2,17	5,48	2,37	5,44	2,61	-	-	-	-	-	-
	-15	6,48	2,21	6,25	2,42	6,17	2,67	-	-	-	-	-	-
	-7	8,04	2,24	7,74	2,46	7,63	2,72	7,50	3,02	-	-	-	-
	-2	9,18	2,24	8,84	2,47	8,71	2,74	8,57	3,05	8,18	3,36	-	-
	2	10,20	2,23	9,81	2,47	9,68	2,74	9,52	3,06	9,10	3,38	8,72	3,77
	7	11,60	2,21	11,20	2,46	10,80	2,74	10,30	3,06	9,94	3,42	9,53	3,82
	12	13,10	2,18	12,70	2,43	12,20	2,72	11,80	3,04	11,30	3,41	10,90	3,81
	15	14,10	2,15	13,60	2,41	13,20	2,70	12,70	3,03	12,20	3,40	11,70	3,81
	20	15,90	2,10	15,40	2,36	14,90	2,65	14,40	2,99	13,80	3,37	13,30	3,78
ERHQ 014	-20	7,24	2,72	7,14	2,97	7,05	3,26	-	-	-	-	-	-
	-15	8,19	2,78	8,01	3,04	7,85	3,34	-	-	-	-	-	-
	-7	10,10	2,84	9,78	3,11	9,51	3,43	9,25	3,79	-	-	-	-
	-2	11,50	2,87	11,10	3,14	11,10	3,47	10,70	3,74	10,40	4,14	-	-
	2	12,70	2,87	12,30	3,16	12,20	3,49	11,80	3,76	11,40	4,17	11,10	4,62
	7	14,40	2,88	14,00	3,17	13,50	3,50	13,10	3,88	12,70	4,30	12,30	4,77
	12	16,30	2,88	15,90	3,16	15,40	3,50	14,90	3,89	14,40	4,32	13,90	4,79
	15	17,60	2,85	17,10	3,15	16.50	3,50	16,00	3,89	15,50	4,32	15,00	4,80
	20	19,90	2,82	19,30	3,13	18,70	3,48	18,10	3,87	17,50	4,31	17,00	4,80
ERHQ 016	-20	8,35	3,25	8,31	3,54	8,27	3,89	-	-	-	-	-	-
	-15	9,38	3,33	9,33	3,63	9,28	3,98	-	-	-	-	-	-
	-7	11,50	3,42	11,30	3,73	11,10	4,10	10,90	4,52	-	-	-	-
	-2	13,00	3,46	12,70	3,78	12,50	4,15	12,20	4,58	12,00	5,06	-	-
	2	14,40	3,48	14,10	3,81	13,80	4,19	13,50	4,62	13,10	5,11	11,90	5,35
	7	16,30	3,50	16,00	3,83	15,60	4,22	15,20	4,66	14,80	5,15	13,40	5,40
	12	18,50	3,51	18,10	3,85	17,60	4,24	17,20	4,69	16,70	5,18	15,10	5,44
	15	20,00	3,51	19,50	3,86	19,00	4,25	18,50	4,69	18,00	5,20	16,60	5,75
	20	22,50	3,50	22,00	3,85	21,40	4,25	20,80	4,70	20,30	5,21	18,70	5,77

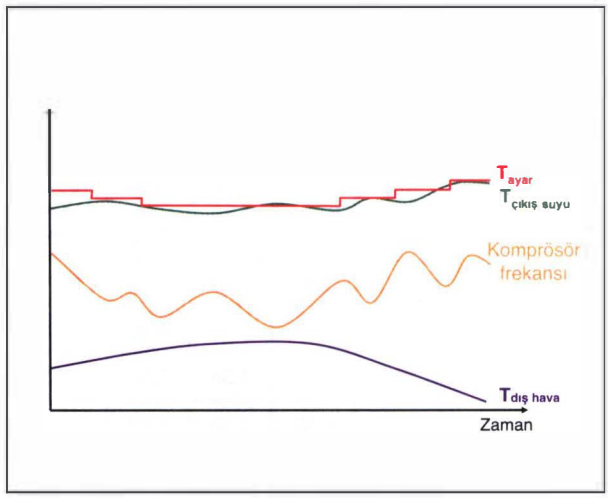
Tablo 3.128. HAVA KAYNAKLI ISI POMPASI DIŞ ÜNİTE ISITMA KAPASİTELERİ TABLOSU

Model	Çıkış Suyu Sıcaklığı	Dış Hava Sıcaklığı											
		20°C		25°C		30°C		35°C		40°C		45°C	
		Soğ. Kap.	Güç Tük.	Soğ. Kap.	Güç Tük.	Soğ. Kap.	Güç Tük.	Soğ. Kap.	Güç Tük.	Soğ. Kap.	Güç Tük.	Soğ. Kap.	Güç Tük.
	°C	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW
ERHQ 006	7	6,01	1,56	5,73	1,75	5,43	1,95	5,12	2,16	4,80	4,80	4,59	2,53
	11	6,81	1,57	6,50	1,77	6,17	1,98	5,83	2,21	5,30	5,30	4,98	2,38
	13	7,23	1,57	6,90	1,78	6,56	2,00	6,20	2,23	5,56	5,56	5,18	2,30
	16	7,88	1,56	7,54	1,78	7,17	2,01	6,79	2,26	5,95	5,95	5,46	2,18
	20	8,80	1,55	8,42	1,79	8,03	2,03	7,63	2,29	6,48	6,48	5,82	1,99
ERHQ 007	7	7,15	2,05	6,84	2,28	6,50	2,52	6,13	2,77	5,35	5,35	4,89	2,59
	11	8,09	2,09	7,73	2,34	7,34	2,59	6,94	2,87	5,84	5,84	5,21	2,43
	13	8,57	2,11	8,20	2,36	7,79	2,63	7,36	2,91	6,09	6,09	5,36	2,34
	16	9,33	2,13	8,92	2,40	8,49	2,68	8,03	2,97	6,46	6,46	5,57	2,20
	20	10,40	2,16	9,90	2,44	9,48	2,73	8,99	3,04	6,96	6,96	5,82	1,99
ERHQ 008	7	8,24	2,43	7,90	2,68	7,52	2,94	7,10	3,23	5,68	5,68	4,87	2,59
	11	9,26	2,49	8,87	2,76	8,45	3,05	7,79	3,31	6,12	6,12	5,18	2,43
	13	9,79	2,52	9,38	2,80	8,93	3,10	8,14	3,36	6,34	6,34	5,33	2,35
	16	10,60	2,57	10,17	2,86	9,69	3,17	8,68	3,41	6,67	6,67	5,55	2,20
	20	11,70	2,63	11,30	2,94	10,75	3,26	9,39	3,48	7,09	7,09	5,80	1,99
ERHQ 011	7	11,70	2,56	11,20	2,85	10,60	3,21	10,00	3,60	9,39	4,03	8,75	4,50
	10	12,90	2,58	12,30	2,89	11,60	3,25	11,00	3,65	10,30	4,09	9,65	4,58
	13	14,10	2,59	13,40	2,92	12,80	3,29	12,10	3,70	11,30	4,15	10,60	4,65
	15	14,90	2,80	14,20	2,93	13,50	3,31	12,80	3,73	12,00	4,20	11,30	4,70
	18	16,20	2,81	15,50	2,95	14,70	3,35	13,90	3,79	13,10	4,25	12,30	4,78
	22	18,00	2,82	17,20	2,99	16,40	3,40	15,50	3,85	14,70	4,35	13,30	3,93
ERHQ 014	7	14,50	3,85	13,90	4,27	13,20	4,75	12,50	5,29	11,70	5,90	11,10	5,92
	10	16,00	3,94	15,30	4,37	14,50	4,86	13,70	5,42	12,90	6,04	11,20	5,46
	13	17,60	4,02	16,80	4,47	15,90	4,98	15,00	5,55	14,10	6,18	11,90	5,04
	15	18,60	4,08	17,80	4,54	16,90	5,08	16,90	5,64	14,90	6,28	12,20	4,79
	18	20,20	4,17	19,30	4,65	18,40	5,18	17,30	5,78	16,20	6,44	12,90	4,42
	22	22,50	4,29	21,50	4,80	20,40	5,36	19,30	5,95	17,00	5,33	13,30	3,93
ERHQ 016	7	15,30	4,37	14,70	4,84	13,90	5,37	13,10	5,95	12,20	6,50	11,10	5,92
	10	16,90	4,48	16,20	4,97	15,30	5,51	14,40	6,11	13,30	6,75	11,20	5,46
	13	18,50	4,6	17,70	5,10	16,70	5,68	15,70	6,27	14,60	6,93	11,90	5,04
	15	19,60	4,68	18,70	5,19	17,70	5,78	16,60	6,38	15,40	8,04	12,20	4,79
	18	21,00	4,97	20,00	5,62	18,90	6,12	17,80	6,77	16,40	6,69	12,90	4,42
	22	23,30	5,21	22,20	5,79	21,00	6,42	19,70	7,10	17,00	5,33	13,30	3,93

Tablo 3.129. HAVA KAYNAKLI ISI POMPASI DIŞ ÜNİTE SOĞUTMA KAPASİTELERİ TABLOSU



Şekil 3.130. HAVA KAYNAKLI ISI POMPASI BOYLERİ



Şekil 3.132. HAVA KAYNAKLI ISI POMPASI KONTROL MANTIĞI

3.5.2.3. Hava Kaynaklı Isı Pompası Boyleri

Hava kaynaklı ısı pompalarında düşük cihaz kapasiteleri ve çıkış su sıcaklıklarından dolayı yüksek hacimli boyler kullanımı gerekmektedir. Uygun serpantin yüzeyine sahip, her hacimde boyler, sistemle uyumlu olduğu durumlarda kullanılabilir. Hava kaynaklı ısı pompaları, kullanım suyu ısıtması için -20°C ila +35°C aralığında çalışabilirler. 35°C dış hava sıcaklıklarının üzerinde ve termik dezenfeksiyon için boylerin üzerinde bulunan elektrikli ısıtıcılar kullanılır. Elektrikli ısıtıcılar, yaygın kullanımın dışında, serpantinin bulunduğu kısmın sadece ısı pompası ile ısıtılması mantığından dolayı, serpantinin üst kısmında bulunmalıdır. Bu şekilde boylerin tamamı değil sadece ihtiyaç halinde kullanılan kısmı ısıtılacaktır. Boylerin iç hacim ve serpantin yüzey kaplamaları en yüksek hijyen şartlarını sağlamalıdır.

3.5.2.4. Hava Kaynaklı Isı Pompası Kontrol Ünitesi

Günümüzde kontrol üniteleri, enerji verimliliğinin artırılması için, bir sistemin en önemli bileşenlerinden biri haline gelmiştir. Özellikle hava kaynaklı ısı pompalarında, dış hava sıcaklığından dolayı cihaz kapasitelerinin ve iç yüklerin değişken olması, cihaz kapasite aralıklarının çok yakın olması (6,7,8,11,14,16 kW gibi) ve kullanım sıcak suyu ısıtması nedeniyle gelişmiş otomatik kontrol sistemleri bulunmalıdır. Bu kontrollerin başında inverter kompresör kullanımı gelmektedir.

Kontrol için gerekli olan temel veriler aşağıda sıralanmıştır.

- Dış hava sıcaklığı (dış ünite üzerinde bulunan sıcaklık sensörü yardımı ile ölçülür)
- Çıkış suyu sıcaklığı (kullanıcı tarafından ihtiyaca göre maksimum değere ayarlanır, eğri yardımı ile dış hava sıcaklığına bağlı olarak değişir)
- Boyler sıcaklığı (kullanıcı tarafından ihtiyaca göre ayarlanır ve boyler üzerindeki sensör yardımı ile ölçülür)

Bu veriler ışığında kontrol ünitesi ile aşağıdaki kontroller yapılarak enerji ekonomisi sağlanır.

- Inverter kompresör, ihtiyaca göre çalışarak enerji tüketimini azaltır.
- Isı pompasının dış ünite kullanımı ile ihtiyacı karşılayamadığı durumlarda ve defrost çalışmasında ek elektrikli ısıtıcı devreye girer.
- Sıcak kullanım suyu ihtiyacı karşılanamadığı ve termik dezenfeksiyon işletiminde boyler içerisindeki elektrikli ısıtıcı devreye girer.
- Sıcak kullanım suyu ihtiyacı olduğu durumlarda, üç yollu vana kontrol edilerek sıcak su boyler serpantinine gönderilir. Boyler önceliği, dış hava sıcaklığına bağlı olarak kontrol ünitesi tarafından belirlenir.
- Gaz sıcaklığı belirli bir dereceye ulaşıncaya kadar su devresi pompası çalışmaz. Böylece ısıtma için ilk çalıştırmada özellikle fancoil kullanılan sistemlerde mahale soğuk hava üflenmesi engellenmiş olur.
- Isıtma işletiminde, cihazın dış hava sıcaklığına bağlı olarak çalışacağı eğrinin başlangıç (en düşük) ve bitiş (en yüksek) değerleri girilerek cihazın bu eğri üzerinde çalışması sağlanır.

3.5.3. SİSTEM SEÇİMİ

Hava kaynaklı ısı pompası kullanılması düşünülen uygulamalarda, cihaz kapasite aralıklarının çok yakın olması, sistem ve cihaz seçimini çok önemli kılmaktadır. 150-200 m² bir konut uygulamasında, gaz yakıtlı 24 kW bir kombi kullanımı dışında çok fazla kapasite seçeneği yoktur. Bu kapasite aynı zamanda konforlu sıcak su kullanımı için gereklidir. Kombi kapasite seçiminde seçeneğin sınırlı olması ısıtma yük hesabının ayrıntılı olarak yapılmamasına neden olmaktadır. Oysa ki, ısı pompası seçiminde ısı kaybı hesabındaki küçük farklılıklar, cihaz seçimini, dolayısıyla yatırım ve işletme maliyetini ciddi şekilde etkilemektedir. Sistem seçimi yapılırken aşağıdaki adımlar incelenmelidir.

DIŞ ÜNİTE			ERHQ006ADV3	ERHQ007ADV3	ERHQ008ADV3	ERHQ011AAV3	ERHQ014AAV3	ERHQ016AAV3
Soğutucu Akışkan			R410A					
Nominal Isıtma Kapasitesi*		kW	5,75	6,64	8,43	11,20	14,00	16,00
Nominal Soğutma kapasitesi**		kW	5,12	5,86	6,08	10,00	12,50	13,10
Nominal Giriş	Isıtma*	kW	1,26	1,53	2,08	2,46	3,17	3,83
	Soğutma**	kW	2,16	2,59	2,75	3,60	5,30	5,95
COP Isıtma*			4,56	4,34	4,05	4,55	4,42	4,18
EER Soğutma**			2,37	2,26	2,21	2,78	2,36	2, 20
Boyutlar YxGxD		mm	735x825x300	735x825x300	735x825x300	1170x900x320	1170x900x320	1170x900x320
Çalışma sıcaklık aralığı	Isıtma (KT)	°C	-15 ~ +25	-15 ~ +25	-15 ~ +25	-20 ~ +35	-20 ~ +35	-20 ~ +35
	Soğutma (KT)	°C	10 ~ 43	10 ~ 43	10 ~ 43	10 ~ 46	10 ~ 46	10 ~ 46
Ses Basınç Seviyesi	Isıtma	dB(A)	48	48	52	51	52	52
	Soğutma	dB(A)	47	47	53	49	50	50
Boru Bağlantıları	Likid	inch	1/4	1/4	1/4	3/8	3/8	3/8
	Gaz	inch	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8	5/8
Güç Kaynağı			1N~230V - 50 Hz	1N~230V - 50 Hz	1N~230V - 50 Hz	1N~230V - 50 Hz	1N~230V - 50 Hz	1N~230V - 50 Hz
Önerilen Sigorta Tipi		A	20	20	20	32	32	32

*Isıtma kapasitesi 7°C dış hava / 35°C tesisat gidiş suyu sıcaklığındaki değerleri
**Soğutma kapasitesi 35°C dış hava / 7°C tesisat gidiş suyu sıcaklığındaki değerleri verilmiştir.

HYDROBOX			EKHBX008AA	EKHBX016AB
İşlevi			Isıtma & Soğutma	Isıtma & Soğutma
Boyutlar YxGxD		mm	922x502x361	922x502x361
Çıkış suyu sıcaklık aralığı	Isıtma	°C	25 ~ 50	25 ~ 55
	Soğutma	°C	5 ~ 22	4 ~ 22
Entegre Elektrikli Isıtıcı		kW	6	6
Ses Basınç Seviyesi		dB(A)	29	30
Boru Bağlantıları	Likid	inch	1/4	3/8
	Gaz	inch	5/8	5/8
	Su-Giriş/Çıkış	inch	1	1 1/4

BOYLER		EKHWE150V3	EKHWE200V3	EKHWE300V3
Su Hacmi	litre	150	200	300
Boyutlar - Yüks./Çap	mm	1.205/545	1.580/545	1.572/660
Elektrikli Isıtıcı	kW	3	3	3
Güç Kaynağı		1N~230V	1N~230V	1N~230V
Maksimum Su Sıcaklığı	°C	85		
Ağırlık	kg	80	104	140

Tablo 3.131. HAVA KAYNAKLI ISI POMPASI BİLEŞENLERİNİN ÖZELLİKLERİ

3.5.3.1. Isı Kaybı ve Kazancı Hesaplarının Yapılması

Isı kayıp ve ısı kazancı hesabı yapılırken aşağıdaki değerlere ihtiyaç duyulur

- Binanın bulunduğu bölgeye göre yaz ve kış dış hava kuru termometre sıcaklıkları
- Mahalde istenilen sıcaklık ve bağıl nem
- Binanın yapı bileşenleri ve ısı iletim katsayıları

Isıtma ve soğutma için mahal bazında ve toplam ısı kayıp ve kazanç tabloları oluşturulur.

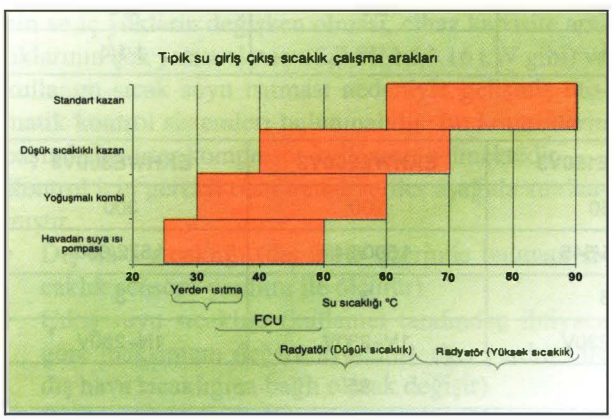
3.5.3.2. Isı Değiştiricilerinin Seçimi

a. Isıtma Yaklaşımı

Klasik ısıtma sistemlerinde 90/70°C ile başlayan tasarım su sıcaklıkları, yakıt türlerinin değişimi ve enerjinin verimli kullanılma gereksiniminden dolayı, son 20 yıldan bu yana yerlerini 75/60°C ve 65/50°C gibi düşük sıcaklık değerlerine bırakmışlardır. Isı pompalarında verimli çalışma sıcaklıkları bu değerlerin de altındadır. Kullanılan ısı değiştiricisine göre, çalışma sıcaklıkları en düşük seviyelerde tutularak, sistem verimleri (COP) yüksek değerlere çıkartılabilir. Isı pompalarında ısı değiştiricisi olarak genellikle döşemeden ısıtma, fancoil ve radyatör kullanılmaktadır. Kullanılan ısı değiştiricisi ve çalışma sıcaklıklarına göre sistem verimleri aşağıda incelenmiştir.

Döşemeden Isıtma

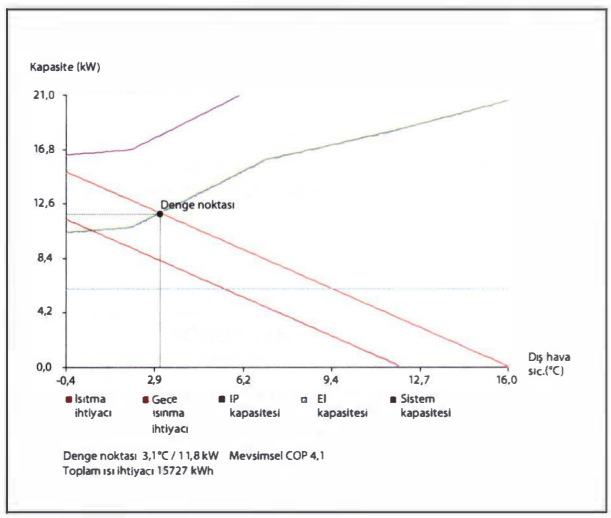
Geniş ısıtma yüzeyine sahip olan döşemeden ısıtma sistemi en düşük su sıcaklıklarına ihtiyaç duymaktadır. Genellikle dış hava sıcaklıklarına bağlı olarak 40-30°C aralığında çıkış su sıcaklıklarında tasarlanırlar. Bu sıcaklık aralığında ısı pompaları en yüksek verimde çalışmaktadırlar. *Şekil 3.134*'deki örnekte, ısıtma alanı 200 m^2 ve ısı kaybı 15 kW olan bir konutun, en yüksek 40°C en düşük 30°C gidiş suyu sıcaklıkları ile işletiminde, ısıtma sezonunda 4,1 ortalama COP değerine ulaştığı görülmektedir. Aynı konutun en yüksek 35°C en düşük 30°C gidiş suyu sıcaklıkları ile işletiminde ise COP değeri artarak 4,4 olmaktadır.(*Şekil 3.135*)



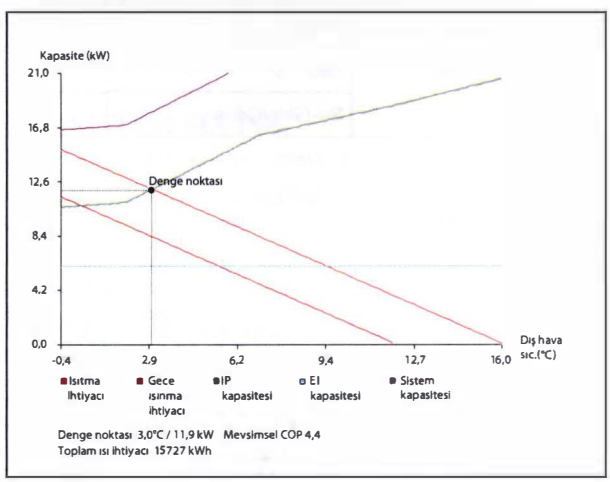
Şekil 3.133. MAHAL ISITMASINDA SU SICAKLIKLARI

Bu grafiklerden görüldüğü gibi, ısı pompası sistemlerinde, tasarım suyu sıcaklıkları düştükçe COP değerleri yükselmektedir. Bu nedenle ısı pompası tasarım sıcaklığı belirlenirken, boru miktarını artırarak su sıcaklığını düşürmek kullanıcı açısından işletim maliyetinin azalmasını sağlayacaktır. Döşemeden ısıtma uygulamalarında, projelendirme hesapları mutlaka düzgün olarak yapılmalıdır.

Mahallerde dağıtım kolektörü üzerinden iki yollu motorlu vanalar ile sıcaklık kontrolü, sistemin sıcaklık değişimlerine geç tepki vermesinden dolayı önerilmemektedir. İki yollu vana kullanılacaksa, tüm vanaların kapatması durumuna karşı denge kabı ve ek pompa kullanımı, cihaz pompasının sıkışmasını engeller. Denge kabı ve ek pompa kullanımı yerine ıslak zeminler ve birkaç zonda motorlu vana kullanılmaması da bir çözüm olarak değerlendirilebilir. Islak zeminlerde düşük su sıcaklıkları ile havlupan kullanımı da mümkündür.



Şekil 3.134. DÖŞEMEDEN ISITMA SİSTEMİNİN (40-30°C) ISI POMPASI İLE İŞLETİM GRAFİĞİ



Şekil 3.135. DÖŞEMEDEN ISITMA SİSTEMİNİN (35-30°C) ISI POMPASI İLE İŞLETİM GRAFİĞİ

Fancoil

Isı pompalarında fancoil kullanımı, tek tip ısı değiştiricisi ile hem ısıtma hem soğutma yapılabilmesini sağlar. Fancoiller genellikle 45-35°C aralığında çıkış su sıcaklıklarında tasarlanırlar.

Şekil 3.136'deki örnekte, ısıtma alanı 200 m² ve ısı kaybı 15 kW olan bir konutun, en yüksek 45°C en düşük 35°C gidiş suyu sıcaklıkları ile işletiminde, ısıtma sezonunda 3,8 ortalama COP değerine ulaştığı görülmektedir. *Şekil 3.135*'deki grafik ile karşılaştırıldığında, fancoil işletim sıcaklıkları, döşemeden ısıtmaya göre daha yüksek olduğundan COP değerinin düştüğü görülmektedir. COP değerleri arasındaki bu fark, işletim maliyetlerinde %17'ye varan artış getirmektedir.

Isıtmada fancoil kullanımında, dış hava sıcaklığına bağlı olarak, su sıcaklığı belli bir değerin altına indirilmemelidir. Aksi halde fancoilin üfleme etkisinden dolayı mahalde konfor bozulabilir.

Hava kaynaklı ısı pompası sistemlerinde, ısıtmada fancoillerin döşemeden ısıtma sistemi ile beraber kullanılması tavsiye edilmemektedir. Eğer fancoil ve döşemeden ısıtma beraber kullanılacak ise çalışma sıcaklıklarının aynı olması ve devrelerin basınç kayıpları farklı olduğundan debilerin dengelenmesi gerekmektedir.

Sistemdeki fancoillerin iki veya üç yollu vanalar ile kontrol edilmesi tavsiye edilir. Tüm fancoiller, iki yollu vanalar ile kontrol ediliyorsa, tamamının kapatması durumuna karşı denge kabı ve ek pompa kullanımı gerekmektedir.

Radyatör

Isı pompası sistemlerinde kullanılan radyatör çalışma sıcaklıkları, ısı pompalarının verimli çalışma sıcaklıklarına göre yüksek (maks. 50°C, min 40°C), kazan kullanılan radyatör sistemlerine göre ise düşüktür.

Şekil 3.137'deki örnekte, ısıtma alanı 200 m² ve ısı kaybı 15 kW olan bir konutun, en yüksek 50°C en düşük 40°C gidiş suyu sıcaklıkları ile işletiminde, ısıtma sezonunda 3,1 ortalama COP değeri sağlanmaktadır. *Şekil 3.135*'deki grafik ile karşılaştırıldığında, radyatör işletim sıcaklıkları, döşemeden ısıtmaya göre çok daha yüksek olduğundan COP değerinin ciddi oranda düştüğü görülmektedir. COP değerleri arasındaki bu fark, işletim maliyetlerinde %45'ye varan artış getirmektedir. Radyatör ile fancoil işletim maliyetleri arasında ise %25 mertebelerinde fark bulunmaktadır.

Mevcut binalarda ısı üreteci olarak kullanılan kazan veya kombilerin, ısı pompası ile değiştirilmesi durumunda, mevcut radyatörlerin, verimli çalışmayı sağlayacak sıcaklıklarda, bina ısı kaybını karşılayabileceği kontrol edilmelidir. Bazı durumlarda, mevcut radyatör sistemine fancoil ekleyerek düşük su sıcaklıkları ile bina ısı kaybı karşılanabilir. Eğer soğutmada bu fancoiller kullanılacaksa, fancoil ve radyatör hatları ayrılmalı ve iki yollu vana kullanımı ile radyatörlere soğuk su gidişi engellenmelidir. Yeni yapılacak binalarda ise düşük su sıcaklıklarında işletim için geniş radyatör yüzeyleri tercih edilebilir.

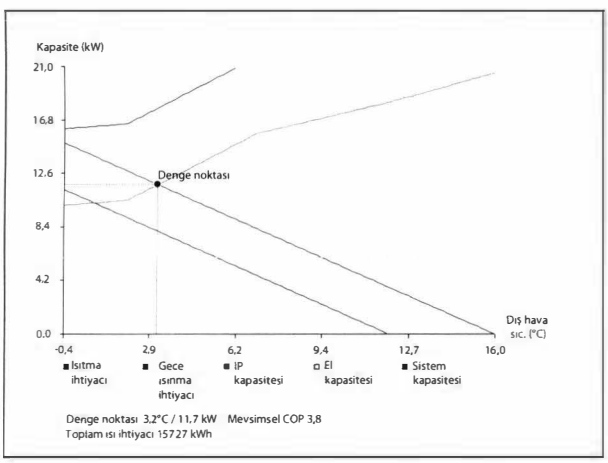
Radyatörlerde termostatik vana kullanımı tavsiye edilir. Islak zeminlerde kullanılan radyatör ve havlupanlarda kontrole gerek yoktur. Eğer tüm radyatörlerde termostatik vana kullanılacaksa, denge kabı ve ek pompa kullanımı gerekmektedir.

b. Soğutma Yaklaşımı

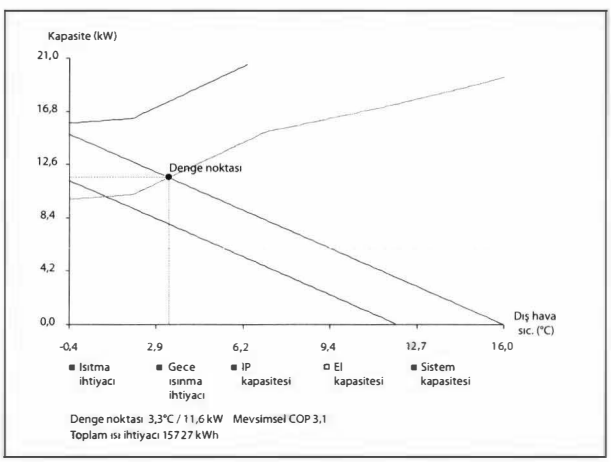
Tüm ısı pompalarının ısıtmada olduğu gibi soğutmada da yüksek verimli olabilmesi için, sistem çalışma sıcaklıklarının, tasarımda dikkatle belirlenmesi gereklidir. Soğutma işletiminde yaygın olarak fancoiller kullanılmakta, çok özel uygulamalarda döşemeden serinletme gündeme gelebilmektedir.

Fancoil

Klasik soğutma sistemlerinde kullanılan 6/10°C, 7/12°C gibi çalışma sıcaklıkları hava kaynaklı ısı pompalarında da tercih edilebilir. Ancak fancoil giriş sıcaklıklarını 9-10°C değerlerine yükseltmek soğutma işletiminde verimi artıracaktır. Belirtilen yüksek sıcaklıklara göre seçilen fancoillerin, yatırım maliyetlerini artıracağı da unutulmamalıdır.



Şekil 3.136. FANCOİLLERİN (45-35°C) ISI POMPASI İLE İŞLETİM GRAFİĞİ



Şekil 3.137. RADYATÖRLERİN (50-40°C) ISI POMPASI İLE İŞLETİMİ GRAFİĞİ

Hava kaynaklı ısı pompalarında, döşemeden ısıtma ve fancoillerle soğutma, sistem verimi, konfor ve uygulama kolaylığı anlamında en uygun sistemdir. Fancoil ve döşemeden ısıtma devrelerine eklenecek birer iki yollu vana ile tüm işletim şartlarında sistem sorunsuz çalışabilmektedir.

Bu tür uygulamaların tercih edildiği hafta sonu evlerinde, konfor sıcaklığına hızlı bir şekilde ulaşabilmek amacı ile, fancoil devresi (manuel kontrol ile) ısıtma için de kullanılabilir. Konfor şartları sağlandıktan sonra yine sistem manuel olarak döşemeden ısıtmaya çevrilir.

Döşemeden serinletme

Döşemeden serinletme çoğunlukla, bağıl nemin düşük olduğu ve hava sıcaklığının çok yüksek olmadığı bölgelerde uygulama imkanı bulmaktadır. Isıtma için kullanılan döşemeden ısıtma sistemindeki borulara 18-22°C aralığında soğutulmuş su gönderilerek, döşemeden serinletme yapılabilir. Çok düşük sıcaklıklara inildiğinde, yoğuşma sorunları yaşanacağından, ortamın çiğ noktasının altındaki sıcaklıklarda su, döşemede dolaştırılmamalıdır. %70 bağıl nemde 20°C yüzey sıcaklığında yoğuşma olacaktır. Bağıl nem %60 olduğunda ise bu sıcaklık 16,8°C'dir. Yoğuşma olmaksızın ortam havasının nemi alınamayacağından gerçek anlamda bir soğutma sağlanamaz. Genelde döşemeden serinletme, mahalin duyulur soğutma yükünü karşılamak üzere tasarlanırken, mahalin gizli soğutma yükü, sistemde nem alma prosesini gerçekleştirebilecek bir cihaz ile karşılanır. Döşemeden ısıtma için kurulu bir sistem, döşemeden serinletme için kullanılacaksa ısıtma kapasitesinin yarısı kadar soğutma yapabilmektedir.

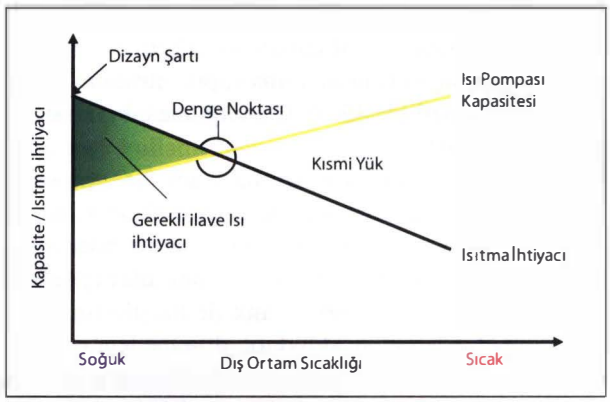
3.6.3.3. Cihaz Seçimi

Isı kaybı ve kazancı hesaplanan sistemin, ısıtma ve soğutmada kullanılacak ısı değiştiricileri belirlendikten sonra, hava kaynaklı ısı pompası kapasitesi seçilmelidir. Bu seçim için öncelikle sistemin ısıtma veya soğutma öncelikli olduğuna karar verilmelidir. Konut uygulamalarında cihaz seçimi yapılırken, İstanbul, Bursa ve Ankara gibi şehirlerde genellikle ısıtma yükleri belirleyici olurken, İzmir, Antalya ve Adana gibi şehirlerde soğutma yükleri belirleyicidir.

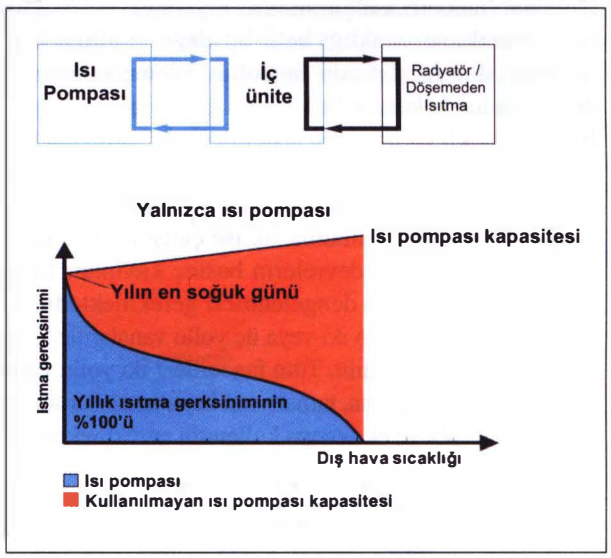
Isıtma yüklerine göre cihaz kapasitesi seçiminde en önemli adım "denge sıcaklığı"nın belirlenmesidir. Denge sıcaklığı, cihazın ısıtma kapasitesinin, sistemin ısı gereksinimine eşit olduğu durumdaki dış hava sıcaklığıdır. Başka bir deyişle, dış hava sıcaklığına bağlı cihaz ısıtma kapasitesi eğrisi ile bina ısı gereksinimi eğrisinin kesişme noktasındaki dış hava sıcaklığıdır.

Denge noktasından düşük sıcaklıklarda, ısı pompasının ısıtma kapasitesi, binanın ısıtma gereksiniminden daha düşüktür. Bu sıcaklıklarda sisteme ek ısıtıcı ile destek verilmelidir.

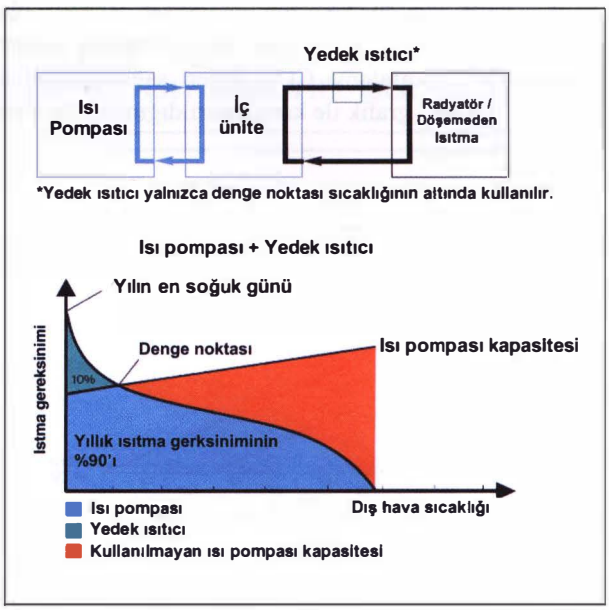
Denge noktasının üzerindeki sıcaklıklarda ısı pompası kapasitesi gereksinimi aşmaktadır. Bu durumda kapa-



Şekil 3.138. ISI POMPASI DENGE SICAKLIĞI



Şekil 3.139. HAVA KAYNAKLI ISI POMPASI MONOVALENT İŞLETİM GRAFİĞİ



Şekil 3.140. HAVA KAYNAKLI ISI POMPASI MONOENERGETIC İŞLETİM GRAFİĞİ

site ayarı yapamayan kompresörlerle çalışan ısı pompaları aç/kapa mantığı ile çalışacağından, sistem ömrü azalacak, servis ve bakım maliyetleri artacaktır. Aç/kapa mantığı ile çalışma, mahalde sıcaklık dalgalanmalarına dolayısıyla konforun bozulmasına neden olacaktır. Aynı zamanda yüksek kalkış akımları (demeraj) nedeni ile işletme maliyetleri de artmaktadır. Inverter kompresör kullanımı ile belirtilen bu dezavantajlar ortadan kaldırılmaktadır.

Inverter kompresör %20 oranında modüle edildiğinde kompresör motoru %80 devirle döner. Motor %80 devirle çalışırken, tam devirdeki güç harcaması ile kıyaslandığında, enerji harcaması %50 oranına düşer. Kompresör devri %50'ye düşürüldüğünde ise, enerji tasarrufu %50 değil, %87,5 oranındadır.

Hava kaynaklı ısı pompalarında tekli (monovalent) ve tek enerjili (monoenergetic) olmak üzere iki temel işletim şekli vardır.

Tekli (monovalent) işletimde, ısı pompası, sistemdeki tek ısı kaynağıdır ve yılın en soğuk gününde ısınma ihtiyacının %100'ünü karşılayacak şekilde boyutlandırılır. Denge noktası, ısıtmada sistem tasarım sıcaklığıdır. Monovalent işletimde, en yüksek enerji tasarrufu sağlanmasına karşın, ısı pompası ısıtma sezonunun büyük bir bölümünde kısmi yükte çalışır ve ilk yatırım maliyeti tek enerjili işletime göre daha yüksektir.

Tek enerjili (monoenergetic) işletimde ise, ısı pompası yıllık ısınma ihtiyacının % 80-90'ını karşılayacak şekilde boyutlandırılır. Isı pompası, yılın en soğuk günlerinde ortaya çıkan ek ısınma ihtiyacının karşılanması için, elektrikli ısıtıcı ile desteklenir. Bu ek ısıtıcı hem kullanım suyu, hem de mahal ısıtmasını ideal olarak destekleyebilir. Bu durumda termik dezenfeksiyon işletimi için kullanım suyu sıcaklığının arttırılması da mümkündür. Tek enerjili işletim, ısı pompalarının biraz daha küçük boyutlandırılabilmesi ve optimum işletim bölgesinde daha uzun çalışabilmesi sayesinde, yatırım maliyetleri ile işletim maliyeti arasında optimum denge sağladığından, ısı pompası uygulamalarının büyük bir çoğunluğunda bu sistem önerilir.

Soğutma yüklerine göre cihaz kapasitesi seçiminde ise en önemli unsur "diversite faktörü"dür. Diversite faktörü, bir sistemin tümünde ihtiyaç duyulan toplam kapasitenin, genellikle sürekli olarak çalışması öngörülen mahallerin toplam kapasitesine oranı olarak tanımlanabilir. Başka bir deyişle, binada yerleştirilmiş ısı değiştiricilerinin toplam kapasitesinin, dış ünitenin kapasitesine oranıdır. Diversite faktörünün tayini, binanın yön, insan ve aydınlatma yoğunluğu, kullanım şekli gibi birçok etkene bağlıdır.

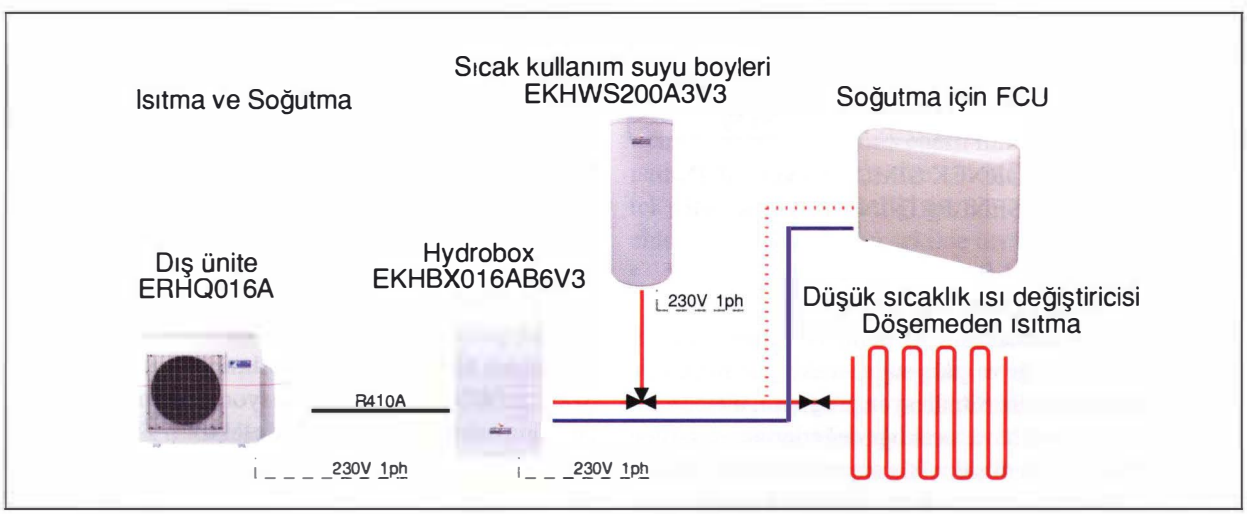
Cihaz seçiminde bir başka kriter ise sıcak kullanım suyu miktarıdır. Kullanım suyu gereksinimi yüksek ise boyler kapasitesi artırılmalıdır. Sistemde güneş enerjisi desteği planlanıyorsa, boyler kapasitesi yeniden gözden geçirilmeli, gerektiğinde sisteme çift serpantinli büyük hacimli bir boyler yada ikinci bir boyler de eklenmelidir.

3.5.3.4. Örnek Simülasyon

Isı pompalarının seçiminde simülasyon programlarının kullanılması daha sağlıklı sonuçlar vermektedir. Günümüzde her ilin hatta aynı ilin farklı bölgelerinin yıllık meteorolojik verilerini simülasyonda kullanan yazılımlar bulunmaktadır. Bu yazılımlarda cihaz kapasiteleri, ısı değiştiricileri ve işletim sıcaklıkları değiştirilerek, sistemler arasında karşılaştırma yapılabilmekte ve en uygun sisteme karar verilebilmektedir. Bu bölümde aşağıdaki şartlara sahip bir konut için simülasyon raporu incelenecektir.

- bulunduğu şehir İzmir
- ısıtma alanı 200 m^2
- ısı kaybı 15 kW
- ısı değiştiricisi ısıtma işletiminde döşemeden ısıtma, soğutma işletiminde fancoil
- ısıtma sezonu kasım-mart ayları arası

a. Teknik Detaylar



Şekil 3.141. ÖRNEK SİMÜLASYON İÇİN BASİT TESİSAT ŞEMASI

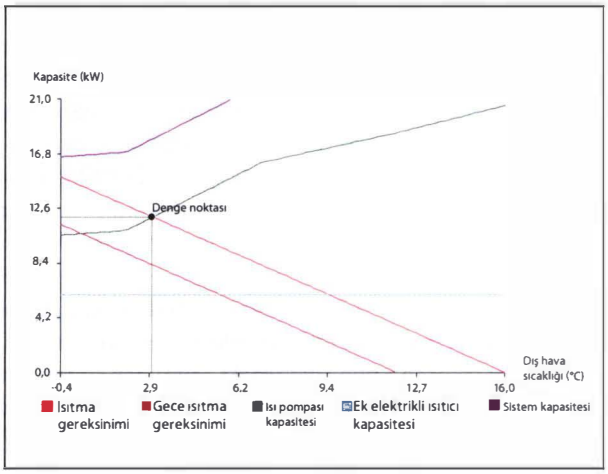
Hydrobox	EKHBX016AB6V3
Çalışma şekli	Isıtma + Soğutma
Boyutlar	502x922x361 mm
Ek elektrikli ısıtıcı kapasitesi	6,0 kW
Pompa devir sayısı	2
Güç kaynağı	230V 1ph
Sigorta	40A
Çıkış suyu sıcaklık aralığı (ısıtma)	25,0 - 50,0°C
Çıkış suyu sıcaklık aralığı (soğutma)	5,0 - 22,0°C
Drenaj bağlantısı	18 mm
Malzeme	Epoksi polyester kaplı galvaniz
Dış Ünite	**ERHQ016A**
Boyutlar	980x1349x420 mm
Nominal ısıtma kapasitesi	16,0 kW
COP	4,2
Dış hava sıcaklığı çalışma aralığı (ısıtma)	-20,0 - 25,0°C
Nominal soğutma kapasitesi	17,8 kW
EER	2,6
Dış hava sıcaklığı çalışma aralığı (soğutma)	10,0 - 46,0°C
Güç kaynağı	230V 1ph
Sigorta	32 A
Ses basıncı	66 dBA
Ağırlık	103 kg
Kullanım Sıcak Suyu Boyleri	**EKHWS200A3V3**
Su hacmi	200 l
En yüksek su sıcaklığı	85,0°C
Boyutlar (yükseklik/çap)	580x1150 mm
Elektrikli ısıtıcı kapasitesi	3,0 kW
Güç kaynağı	230V 1ph
Sigorta	20 A
İç yüzey malzemesi	Paslanmaz çelik
Dış yüzey malzemesi	Epoksi kaplı çelik
Ağırlık	45 kg

Tablo 3.142. ÖRNEK SİMÜLASYON İÇİN SİSTEM BİLEŞENLERİNİN ÖZELLİKLERİ

b. Kapasiteler

Şekil 3.143'de aşağıdaki değerler bulunmaktadır.

- Isı pompası kapasitesi : Isı pompası kapasite eğrisi, dış hava sıcaklığı ve çıkış suyu sıcaklığına bağlı olarak değişmektedir. Simülasyon programı, meteorolojiden alınan dış hava sıcaklığı değerlerine ve girilen en yüksek ve en düşük çıkış suyu sıcaklıkları değerlerine göre hava kaynaklı ısı pompası kapasite eğrisini hesaplar. Defrost çevrimi için gerekli olan enerji miktarı da kapasite eğrisi hesabına dahil edilmiştir.
- Ek elektrikli ısıtıcı kapasitesi
- Sistem kapasitesi, ısı pompası kapasitesi ile ek elektrikli ısı pompası kapasitesinin toplamıdır.
- Denge noktası sıcaklığı



Şekil 3.143. DIŞ HAVA SICAKLIĞINA BAĞLI ISITMA GEREKSİNİMİ VE ISI POMPASININ KAPASİTE DEĞİŞİMİ

Şekil 3.143'de hava kaynaklı ısı pompası kapasitesinin ve ısıtma ihtiyacının dış hava sıcaklığına göre değişimleri gözükmektedir. Bu grafikten aşağıdaki sonuçlar çıkartılabilir

- Seçilen cihaza ve ısı değiştiricisine (döşemeden ısıtma) göre sistemin denge noktası 3°C'dir.
- Bu sıcaklıkta, ısı pompasının kapasitesi ve binanın ısı gereksinimi 11,9 kW olarak hesaplanmıştır.
- Isıtma sezonu boyunca konut için gerekli olan ısı gereksinimi 15.727 kWh ve mevsimsel COP 4,4 değerindedir. Bu durumda hava kaynaklı ısı pompası, konutun ısı ihtiyacı için gerekli enerjinin 15.727 / 4,4 = 3.574 kWh'lik kısmını elektrik enerjisi olarak tüketecek, kalan enerji ihtiyacı ise çevre havasından karşılanacaktır.

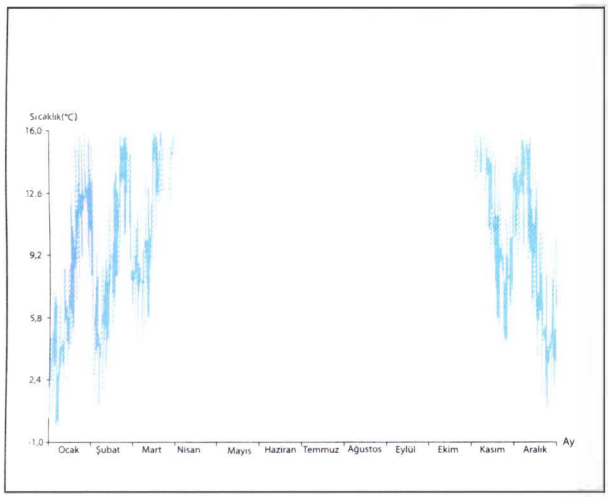
c. Isıtma Sezonu Sıcaklıkları

Şekil 3.144'de İzmir için kasım-mart ayları arasında meteoroloji verilerine dayanan dış hava sıcaklıklarının değişimi gözükmektedir. Simülasyon programında kullanılan İzmir'de yıl boyunca ulaşılan en yüksek ve en düşük sıcaklıklar aşağıda verilmiştir.

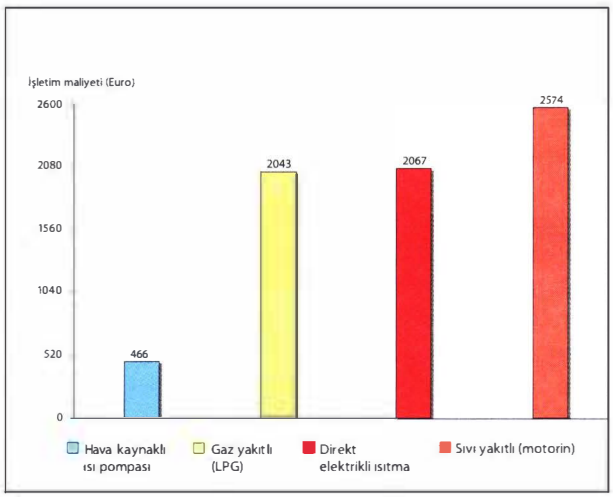
- Kış-gündüz, en düşük/en yüksek: 6°C / 16,3°C
- Kış-gece, en düşük/en yüksek: -0,4°C / 9,2°C
- Yaz-gündüz, en düşük/en yüksek: 18,8°C / 28,4°C
- Yaz-gece, en düşük/en yüksek: 6°C / 16,3°C

d. Aylara Göre Enerji Tüketimi

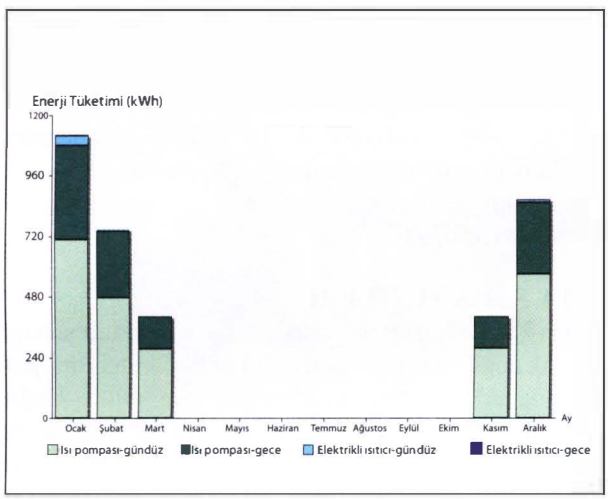
Şekil 3.145'de örnek simülasyon için hava kaynaklı ısı pompasının ve entegre ek elektrikli ısıtıcının aylara göre gece ve gündüz elektrik tüketimleri verilmiştir. Grafikte toplam elektrik tüketiminin *Şekil 3.143*'de gösterildiği gibi 3.574 kWh olduğu gözükmektedir.



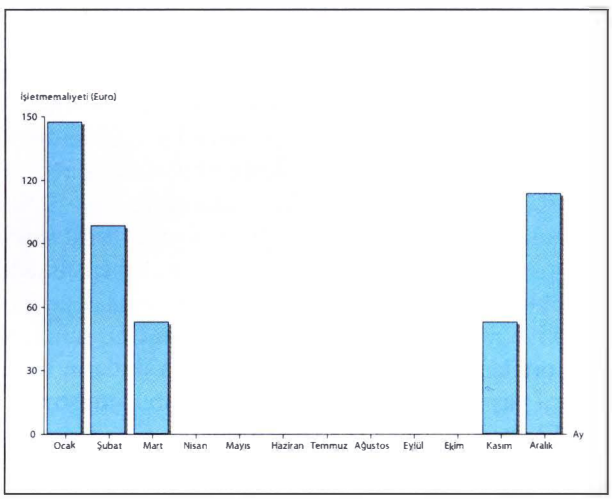
Şekil 3.144. ÖRNEK SİMÜLASYON İÇİN ISITMA SEZOUNU BOYUNCA DIŞ HAVA SICAKLIKLARININ DEĞİŞİMİ



Şekil 3.146. ÖRNEK SİMÜLASYON İÇİN KULLANILAN YAKIT CİNSİNE GÖRE TOPLAM İŞLETME MALİYETİ GRAFİĞİ



Şekil 3.145. ÖRNEK SİMÜLASYON İÇİN ISITMA SEZONUNDA AYLARA GÖRE ENERJİ TÜKETİM GRAFİĞİ



Şekil 3.147. ÖRNEK SİMÜLASYON İÇİN HAVA KAYNAKLI ISI POMPASININ AYLARA GÖRE İŞLETME MALİYETİ

e. Yakıtlara Göre İşletim Maliyeti Karşılaştırması

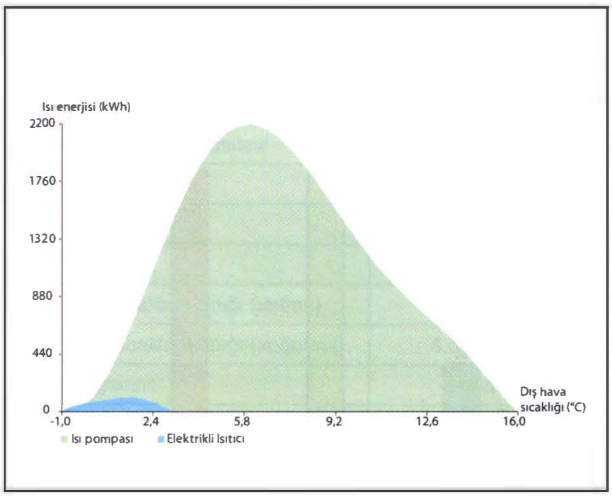
Şekil 3.146'da örnek konutu kasım-mart ayları arasında ısıtmak için harcanacak enerjinin yakıt cinsine göre işletme maliyetleri gösterilmektedir. Grafikte hava kaynaklı ısı pompasının, klasik ısıtma sistemlerine göre daha düşük işletme maliyetine sahip olduğu görülmektedir. Grafikte kullanılan veriler aşağıdadır.

- Elektrik fiyatı : 0,1314 Euro/kWh
- Gaz yakıt (LPG) fiyatı : 0,1299 Euro/kWh, kazan verimi %105
- Sıvı yakıt (motorin) fiyatı : 1,4843 Euro/l, kazan verimi %90

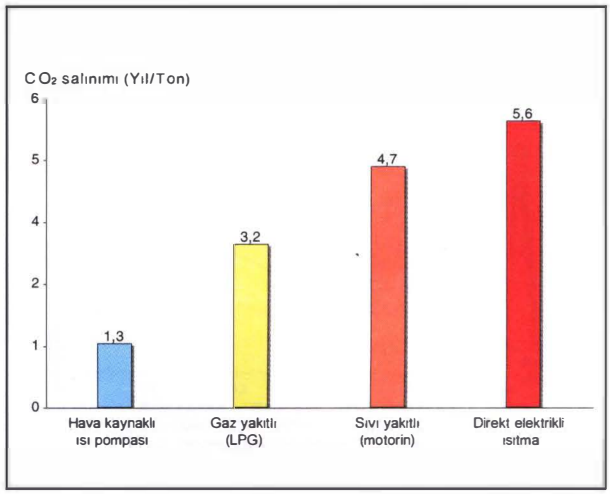
f. Toplam Gereksinimin Karşılanması

Şekil 3.148'deki çan eğrisinin altında kalan alan, örnek konutun ısıtması için ihtiyaç duyulan enerjinin toplamını oluşturmaktadır. Burada yeşil ile taralı alan, ısıtma sezonu ortalama COP değeri 4,4 olan hava kaynaklı ısı pompası tarafından sağlanan toplam enerji miktarını göstermektedir. Mavi ile taralı alan ise, ek elektrikli ısıtıcının karşıladığı ısıtma enerji miktarıdır. Ek elektrikli ısıtıcının, denge noktasının altında ısı pompasına destek olarak devreye girdiği görülmektedir. Bu grafikten elde edilen sonuçlar şu şekilde özetlenebilir.

- Hava kaynaklı ısı pompası, -0,4°C ila 16°C dış hava sıcaklık aralığında ısıtma yapmaktadır.
- Ek elektrikli ısıtıcı, denge noktası olan 3°C dış hava sıcaklığında devreye girmekte ve tasarım sıcaklığı olan -0,4°C'ye kadar olan sıcaklıklarda çalışmaktadır.
- Toplam enerji gereksiniminin %99,6'sı sadece hava kaynaklı ısı pompası işletimi ile karşılanmakta, geriye kalan %0,4'lük kısım ise ek elektrikli ısıtıcı ile takviye edilmektedir.



Şekil 3.148. ÖRNEK SİMÜLASYON İÇİN HAVA KAYNAKLI ISI POMPASININ TOPLAM GEREKSİNİM KARŞILAMA GRAFİĞİ



Şekil 3.149. ÖRNEK SİMÜLASYON İÇİN KULLANILAN YAKIT CİNSİNE GÖRE CO_2 SALINIMI GRAFİĞİ

g. CO_2 salınımı

Şekil 3.149'daki grafikte, örnek konutun ısıtılması için gerekli enerjinin, hava kaynaklı ısı pompası, gaz yakıtlı (LPG) kazan, sıvı yakıtlı (motorin) kazan ve direkt elektrik kullanan ısıtıcı ile elde edilmesinde gerçekleşen CO_2 salınım miktarları bulunmaktadır.

Burada hava kaynaklı ısı pompasının yada direkt elektrikli ısıtma sisteminin doğrudan salınıma sebep olmadığı dikkate alınmalıdır. Bu sistemlerin salınım değerleri, Türkiye'nin elektrik üretimi için oluşan CO_2 salınımının ortalamasına göre hesaplanmıştır. Yakıtların birim enerji başına CO_2 salınımları aşağıda sıralanmıştır.

- Elektrik üretimi : 0,354 kg/kWh
- Gaz yakıt (LPG) : 0,202 kg/kWh
- Sıvı yakıt (motorin) : 0,2686 kg/kWh

3.5.3.5. Türkiye Şartlarında Hava Kaynaklı Isı Pompalarının Kullanılabilirliği

- Yüksek verim, daha az enerji tüketimi ve kullanıcı için düşük elektrik faturaları anlamına gelir.
- Doğalgaz fiyatlarının elektrik fiyatlarından daha hızlı artması beklenilmektedir. Bu sebepten dolayı ısı pompası işletme maliyetleri, klasik kazan işletme maliyetlerine göre daha düşük olacaktır.
- Doğalgaz olmayan bölgelerde, ısıtma için en iyi çözüm olarak görünmektedir. Doğalgaz olan yerlerde fizibilite iyi çalışılmalıdır. İlk yatırım maliyeti incelenmelidir.
- Deprem riski yüksek olan bölgelerde, doğalgaz ile çalışan cihazların tedbir alınmadan kullanılması tehlike arz edebileceğinden bu tip bölgeler için hava kaynaklı ısı pompaları önerilebilir.
- Isıtmanın yanında soğutma opsiyonunun da olması cihaz için ciddi bir avantaj sağlar.
- Hava kaynaklı ısı pompaları, hem şehir içinde hem de esnek ve kolay uygulanabilirliği sayesinde şehir dışında kalan bölgelerde kullanılabilir.
- Yakın gelecekte PV modüller ile elektrik üretimi daha düşük maliyetli olacak ve sistemler tamamıyla bağımsız, piyasalardan/krizlerden etkilenmeyen, sürekli, sorunsuz, çevreci ve ucuz enerji sağlayabileceklerdir.

3.5.4. SAHA TESTLERİ

Hava kaynaklı ısı pompaları, dış hava sıcaklığına bağlı olarak değişen kapasiteleri dolayısı ile farklı iklim şartlarında farklı işletim karakteristiğine sahiptirler. Doğru tasarlanan bir hava kaynaklı ısı pompası sisteminde, değişken dış hava koşullarına rağmen ısıtmada kesintisiz işletim mümkün olmaktadır. Önceki bölümlerde, hava kaynaklı ısı pompalarında kullanılan güncel teknolojiden ayrıntılı olarak bahsedilmiştir. Bu bölümde, özellikle saha testlerinde ölçülen yıllık performans değerleri incelenmekte, ısıtma ve sıcak su konforu ile ilgili gözlemler paylaşılmaktadır.

Isı pompalarının yaygın olarak kullanıldığı Kuzey Avrupa ülkeleri, özellikle hava kaynaklı ısı pompalarının performans testi için en önemli bölgelerdir. Ağır dış hava koşulları, uzun ısıtma işletim periyotları bu coğrafyada alınacak sonuçları çok önemli kılmaktadır. Kapasite ve verimleri dış hava koşullarına bağlı olmayan dikey ısı değiştiricili toprak kaynaklı ısı pompaları ile kıyaslandığında, hava kaynaklı ısı pompaları, çoğu iklim şartında inverter kompresör teknolojisi sayesinde yüksek ortalama yıllık sistem COP'lerine ulaşabilmektedir.

Aşağıda sonuçları verilen saha testleri, hava kaynaklı ısı pompalarının ısıtma, sıcak su konforu ve yıllık tüketimleri ile ilgili değerleri vermektedir.

3.5.4.1. Norveç

Norveç'te gerçekleştirilen saha testi, ağır iklim koşulları dolayısıyla büyük önem taşımaktadır. Hava kaynaklı ısı pompası saha testi yapılan konut ile ilgili bilgiler aşağıda verilmiştir.

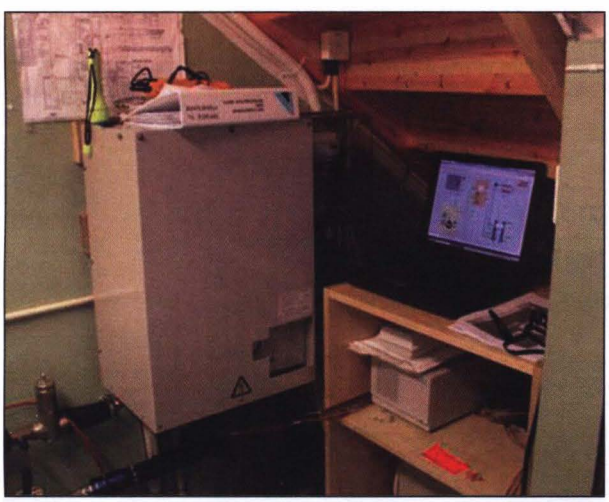
- Aile : 2 yetişkin / 2 çocuk
- Oslo'ya 30 km mesafede müstakil bir villa (*Şekil 3.150*)
- Yapı malzemesi : ahşap
- İyi yalıtımlı
- Isıtılan alan 150 m^2
- Zemin katta ve banyolarda döşemeden ısıtma, birinci katta fancoil

Bu uygulamada 6 kW nominal ısıtma kapasitesine sahip hava kaynaklı ısı pompası kullanılmıştır. Dış ünite, ağır iklim koşulları ve kar birikimine karşı önlem olarak yerden yaklaşık 40 cm yukarıda konsol üzerine monte edilmiştir.

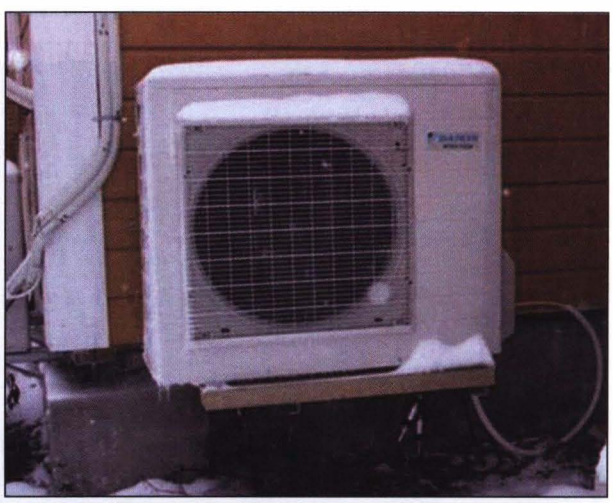
Binanın -15°C tasarım sıcaklığındaki ısı kaybı 4 kW olarak hesaplanmıştır. *Şekil 3.153*'de verilen grafikte ısıtma eğrisi, denge noktası sıcaklığı, dış hava sıcaklığına bağlı toplam yük diyagramı ve elektrikli ısıtıcının tüketim eğrisi bulunmaktadır. Grafikte, sistemin denge sıcaklığı olan -3,5°C'nin altında ek ısıtıcının devreye girdiği görülmektedir. Tüm ısıtma periyodu boyunca ek ısıtıcı, ihtiyaç duyulan toplam enerji miktarının sadece %4,1'ini karşılamıştır. Bu durumda sistemin tek enerjili



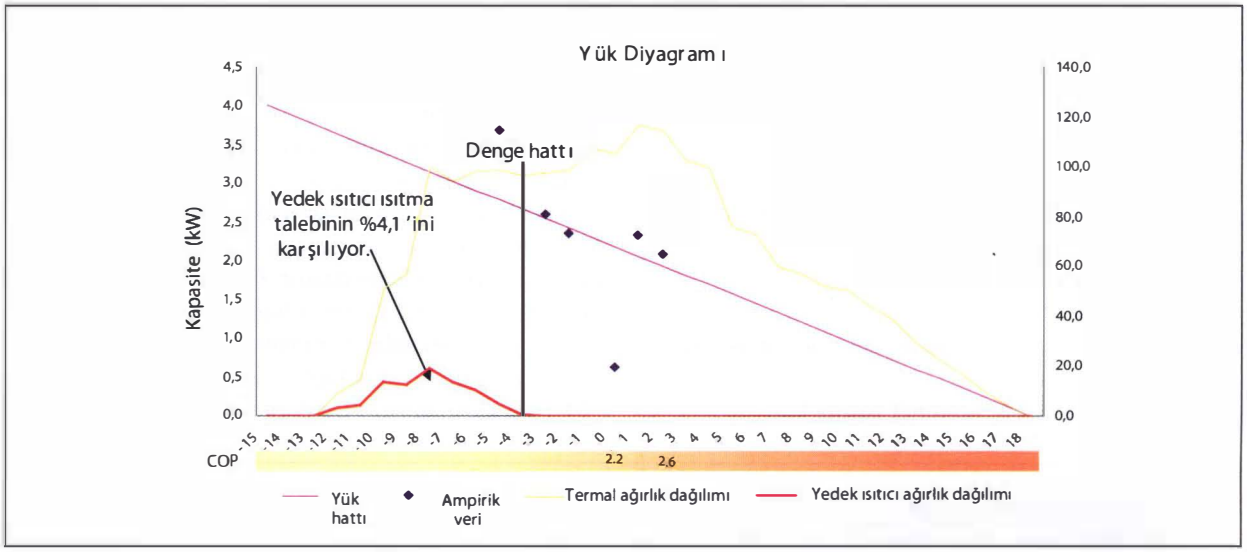
Şekil 3.150. NORVEÇ SAHA TESTİ GERÇEKLEŞTİRİLEN KONUT



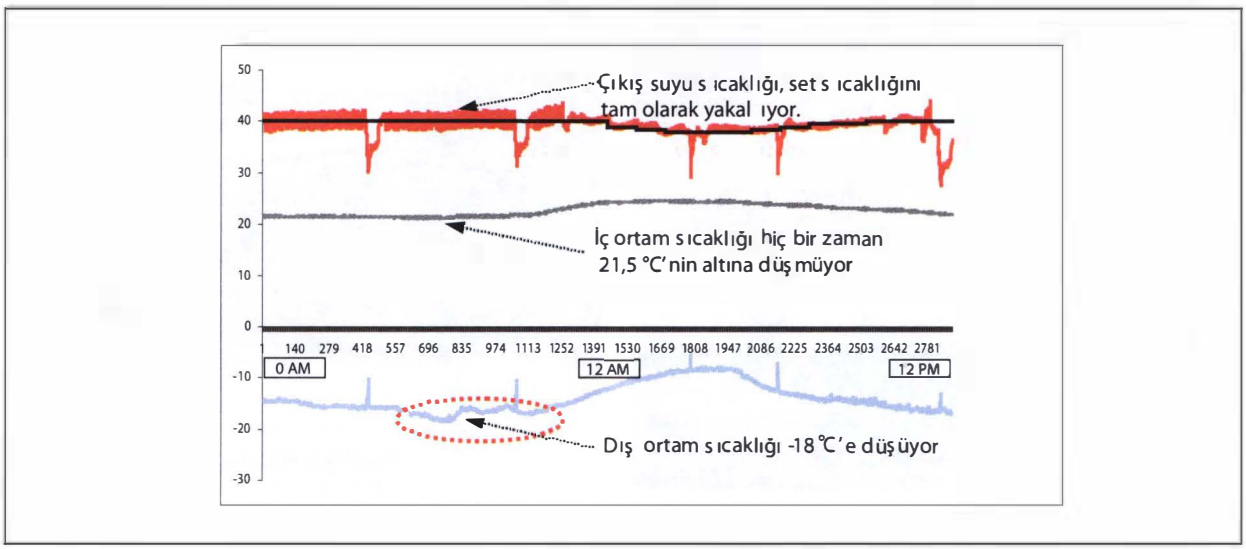
Şekil 3.151. NORVEÇ SAHA TESTİ İÇ ÜNİTE YERLEŞİMİ



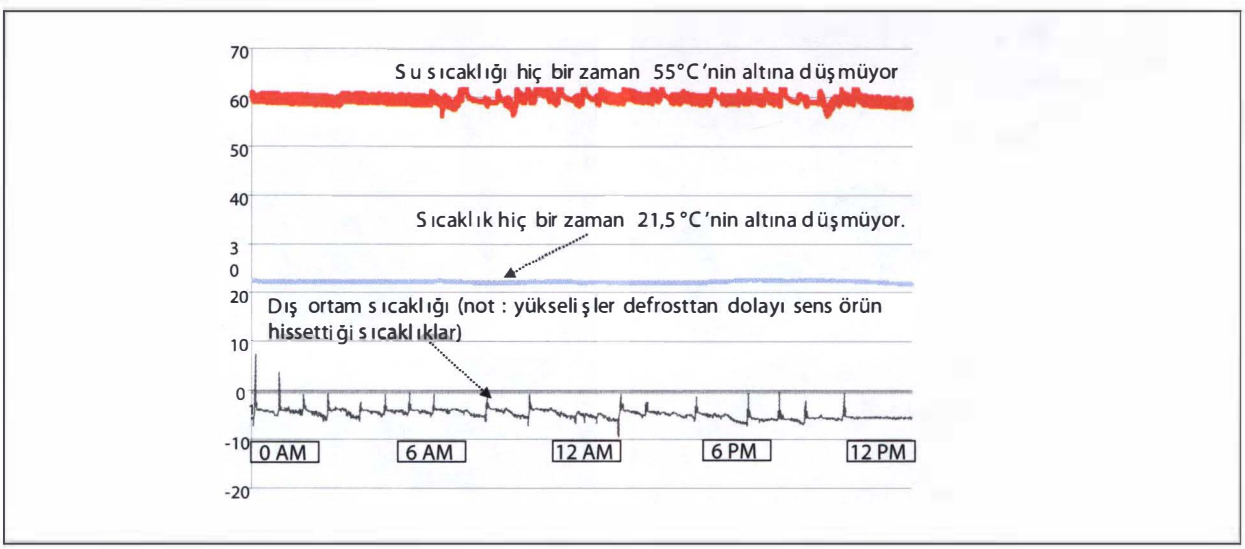
Şekil 3.152. NORVEÇ SAHA TESTİ DIŞ ÜNİTE YERLEŞİMİ



Şekil 3.153. NORVEÇ SAHA TESTİ YÜK DİYAGRAMI



Şekil 3.154. NORVEÇ SAHA TESTİ ISITMA KONFORU



Şekil 3.155. NORVEÇ SAHA TESTİ SICAK KULLANIM SUYU KONFORU

(monoenergetic) işletimi, ilk yatım maliyetini düşürmekte ve yıllık performansı olumsuz yönde etkilemediği görülmektedir. Yıllık sistem COP'si mahal ısıtmasında ek ısıtıcı dahil 2,6, sıcak kullanım suyu ve mahal ısıtması birlikte hesaplandığında 2,2 olarak gerçekleşmiştir.

Gerçekleştirilen saha testinde -18°C en düşük dış hava sıcaklığının tespit edildiği ve ortalama dış hava sıcaklığının -13°C olduğu 24 saatlik periyot süresince kaydedilen sistem sıcaklıkları *Şekil 3.154*'de ayrıntılı olarak gösterilmiştir. Bu süre boyunca iç ortam sıcaklığı istenilen konfor şartları altına düşmemiştir. Çıkış suyu sıcaklığındaki defrost işletimine bağlı dalgalanmalar, ısıtmayı olumsuz yönde etkilememiştir. Isıtma işletiminde, 24 saat boyunca sadece beş defa kısa süreli defrost ihtiyacı olmuştur.

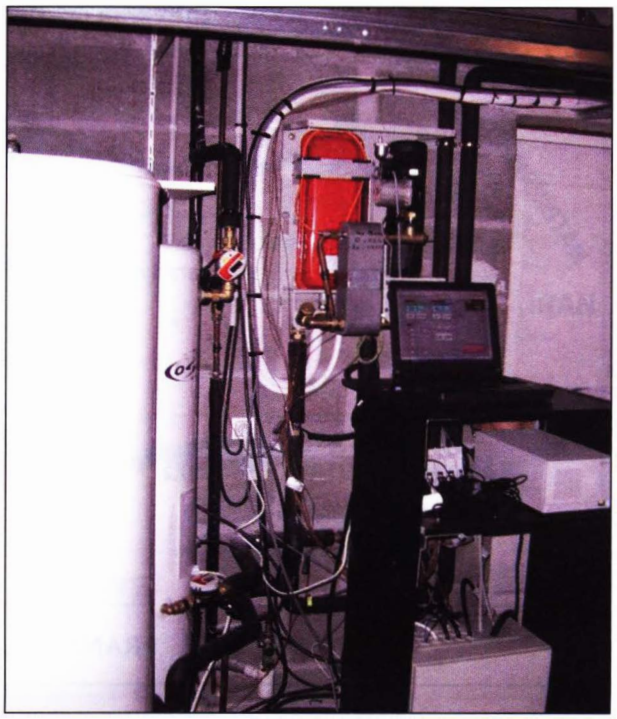
Ortalama dış hava sıcaklığının -5°C olduğu 24 saatlik periyod süresince kaydedilen boyler sıcaklıkları *Şekil 3.155*'de ayrıntılı olarak gösterilmiştir. Tüm gün boyunca, iç ortam konforu bozulmadan sıcak kullanım suyu sıcaklığı arzu edilen 55°C sıcaklığın altına düşmemektedir.

3.5.4.2. Fransa

Fransa'da gerçekleştirilen saha testi, ılıman iklim bölgeleri için hava kaynaklı ısı pompası kullanımında elde edilebilecek yıllık performans değerleri hakkında fikir vermektedir. Hava kaynaklı ısı pompası saha testi yapılan konut ile ilgili bilgiler aşağıda verilmiştir.

- Aile : 2 yetişkin / 2 çocuk
- Rannes yakınlarında müstakil bir villa (*Şekil 3.156*)
- Yapı malzemesi : tuğla duvar, normal sıvalı dış cephe
- Yalıtımsız
- Isıtılan alan 200 m^2
- Tüm konut döşemeden ısıtma

Binanın -6°C tasarım sıcaklığındaki ısı kaybı 10 kW olarak hesaplanmıştır. *Şekil 3.159*'da, sistemin denge sıcaklığı olan 3°C'nin altında ek ısıtıcının devreye girdiği



Şekil 3.157. FRANSA SAHA TESTİ İÇ ÜNİTE YERLEŞİMİ

görülmektedir. Tüm ısıtma periyodu boyunca ek ısıtıcı, ihtiyaç duyulan toplam enerji miktarının sadece %5'ini karşılamıştır. Yıllık sistem COP'si mahal ısıtmasında ek ısıtıcı dahil 3,4, sıcak kullanım suyu ve mahal ısıtması birlikte hesaplandığında 3,2 olarak gerçekleşmiştir.

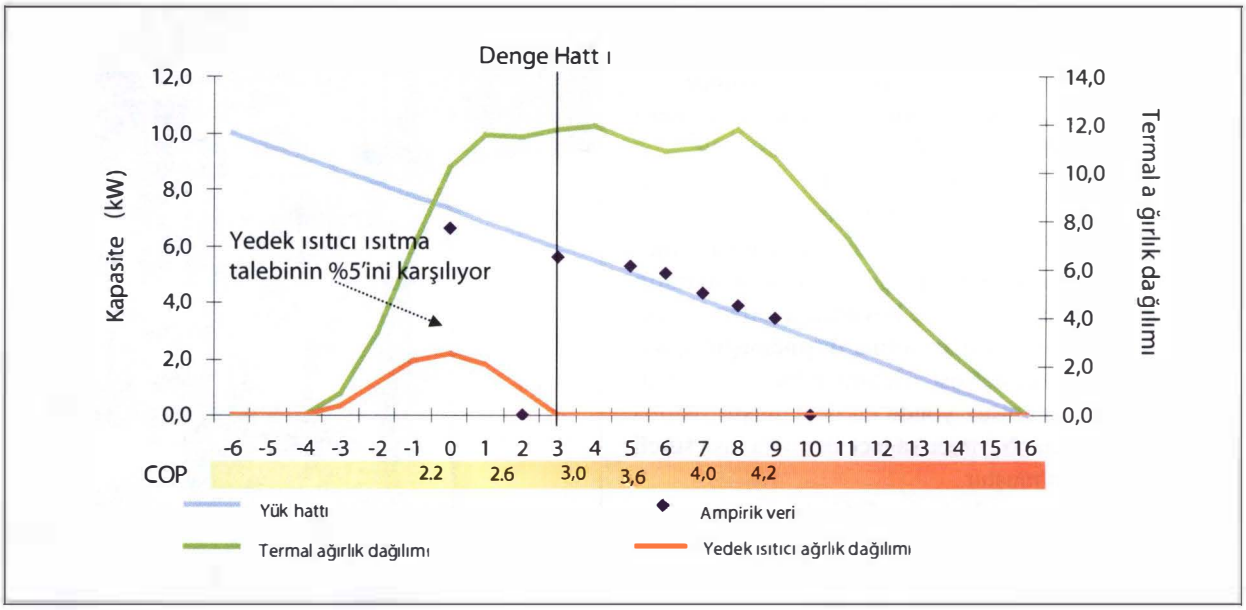
Çeşitli ülkelerde yapılan saha testleri, doğru projelendirilen hava kaynaklı ısı pompası sistemlerinin ısıtma ve kullanım suyu için konfor beklentilerini her türlü iklim şartında sorunsuz olarak karşılayabildiğini göstermektedir. Yapılan bu çalışmalar sonucunda farklı Avrupa ülkeleri ve ülkemizde hava kaynaklı ısı pompalarının işletiminde elde edilebilecek ısıtma sezonu ortalama COP değerleri *Şekil 3.160*'da gösterilmiştir.



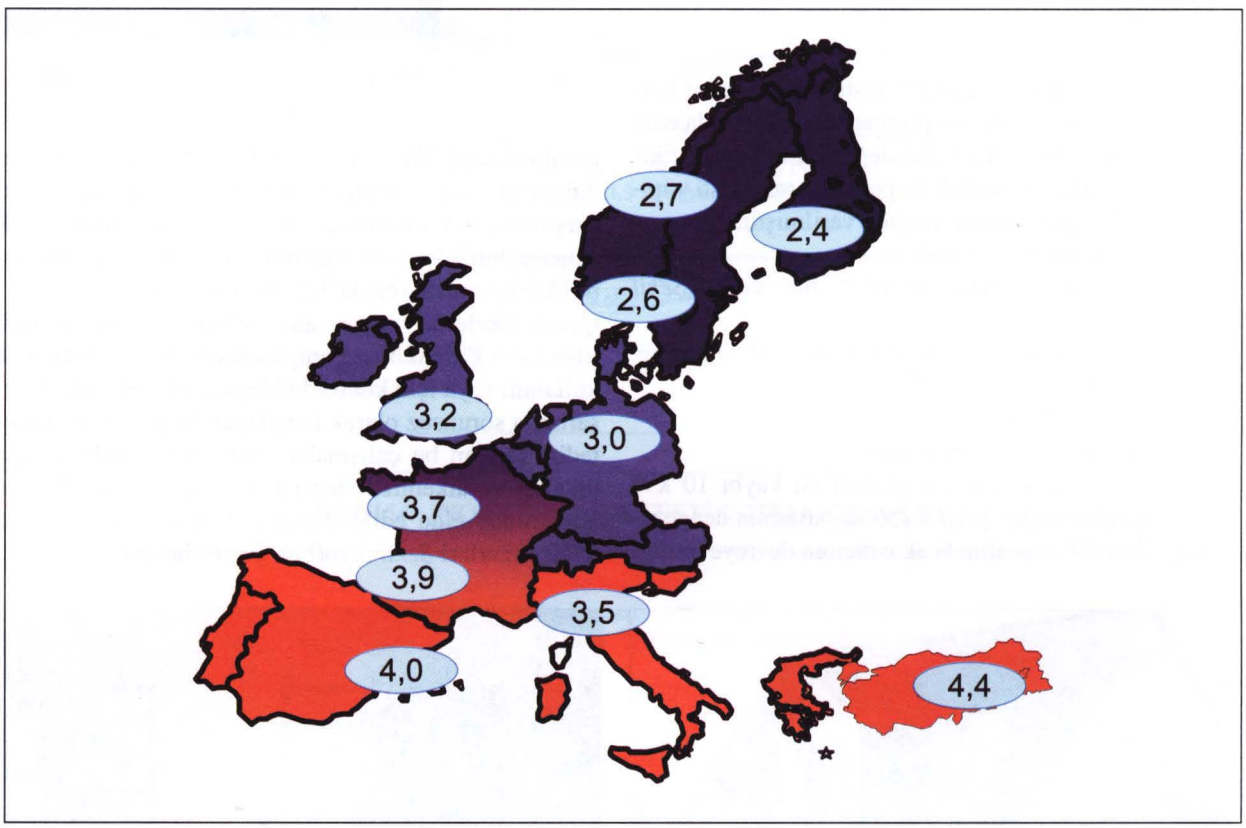
Şekil 3.156. FRANSA SAHA TESTİ GERÇEKLEŞTİRİLEN KONUT



Şekil 3.158. FRANSA SAHA TESTİ DIŞ ÜNİTE YERLEŞİMİ



Şekil 3.159. FRANSA SAHA TESTİ YÜK DİYAGRAMI

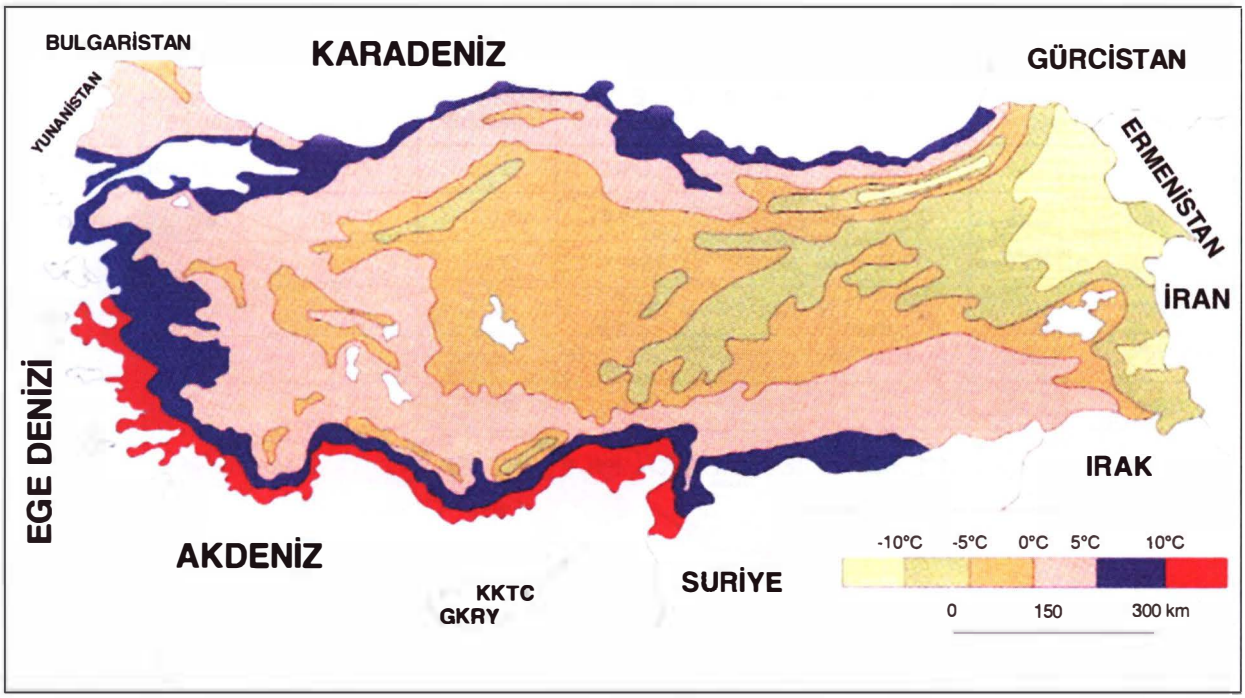


Şekil 3.160. AVRUPA GENELİ VE ÜLKEMİZDE HAVA KAYNAKLI ISI POMPALARI ISITMA SEZONU ORTALAMA COP DEĞERLERİ

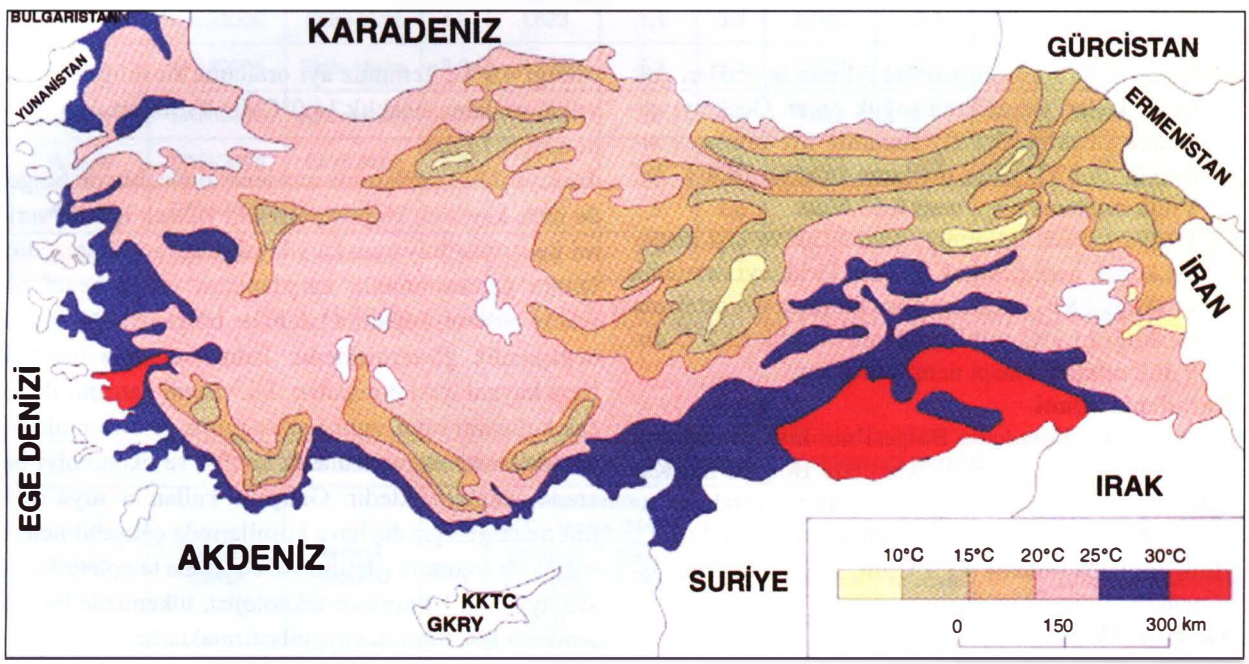
3.5.5. HAVA KAYNAKLI ISI POMPALARININ TÜRKEYE İÇİN KULLANILABİLİRLİĞİ VE ÖRNEK CİHAZ SEÇİMLERİ

Bu bölümde, Türkiye'de hava kaynaklı ısı pompalarının kullanılabilirliği iklim şartlarına bağlı olarak incelenmektedir. Saha testlerinde edinilen tecrübelerle tasarlanmış simülasyon programları, gerçeğe çok yakın sonuçlar vermektedir. Böylece ısı pompası seçimi ve sistem tasarımları, söz konusu simülasyon programları ile kolaylıkla yapılabilmektedir.

Ülkemizdeki dört ana iklim bölgesinin en belirgin meteorolojik özellikleri aşağıda sıralanmıştır.



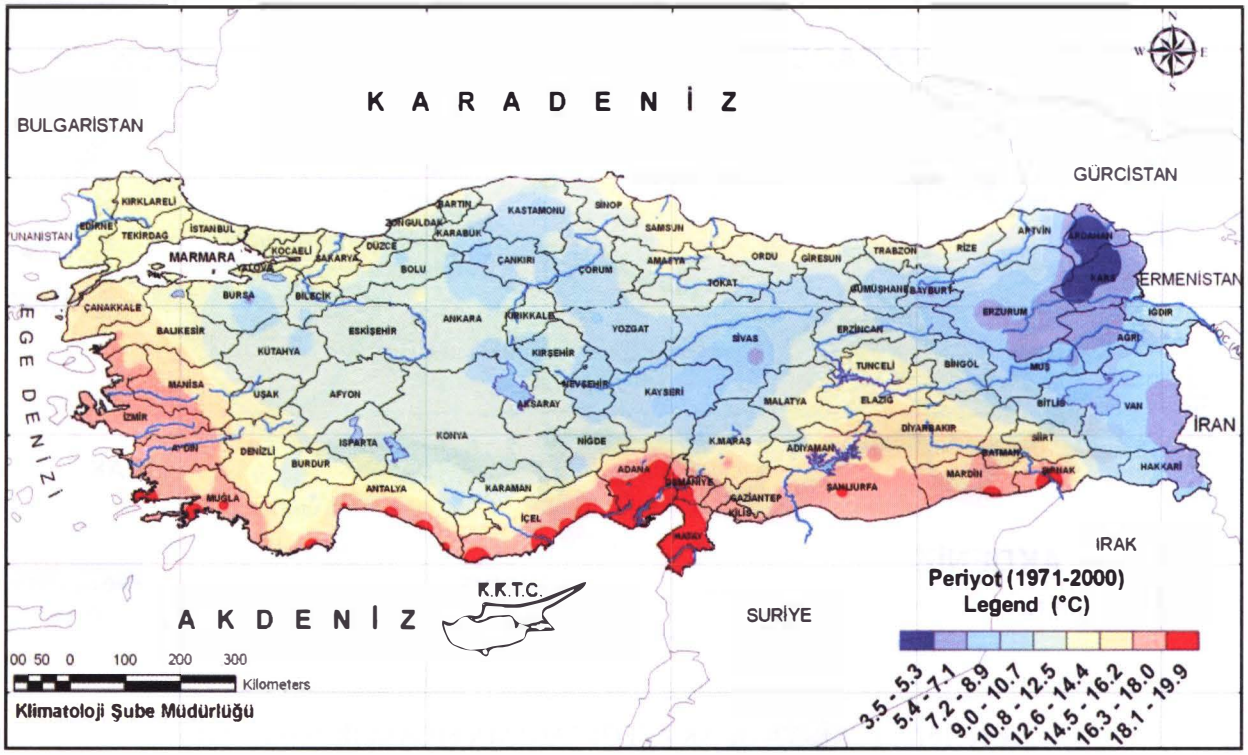
Şekil 3.161. TÜRKİYE OCAK AYI ORTALAMA SICAKLIK DAĞILIMI



Şekil 3.162. TÜRKİYE TEMMUZ AYI ORTALAMA SICAKLIK DAĞILIMI

Karasal İklim

- İç Anadolu karasal ikliminde, yazları biraz sıcak, kışları soğuktur ve soğuğun şiddeti Orta Anadolu'nun doğu kısmına doğru artmaktadır. Ocak ayı ortalama sıcaklığı -0,7°C, Temmuz ayı ortalama sıcaklığı 22°C, yıllık ortalama sıcaklık 10,8°C'dir. Yıllık ortalama nispi nem %63,7'dir.
- Doğu Anadolu karasal ikliminde, kış mevsimi oldukça soğuk ve uzun, yaz ise serin geçer. Ocak ayı ortalama sıcaklığı -4,2°C, Temmuz ayı ortalama sıcaklığı 24,2°C, yıllık ortalama sıcaklık 10,2°C'dir. Yıllık ortalama nispi nem %60,2'dir.



Şekil 3.163. TÜRKİYE YILLIK ORTALAMA SICAKLIK DAĞILIMI

- Güneydoğu Anadolu karasal ikliminde, yazları çok sıcak, kışları ise nadiren soğuk geçer. Ocak ayı ortalama sıcaklığı 3,7°C, Temmuz ayı ortalama sıcaklığı 29,8°C, yıllık ortalama sıcaklık 16,4°C'dır. Yıllık ortalama nispi nem %53,6'dır.
- Trakya karasal ikliminde, yazı sıcak ve kışı nispeten soğuk geçer. Soğuk ay olan Ocak ayı ortalama sıcaklığı 2,8°C, sıcak ay olan Temmuz ayı ortalama sıcaklığı 23,9°C, yıllık ortalama sıcaklık 13,2°C'dır. Yıllık ortalama nispi nem %69,6'dır.

Karadeniz iklimi

Bu iklim tipi, Karadeniz Bölgesi'nin kıyı ve dağların kuzeye bakan kesimleri ile Marmara Bölgesi'nin Karadeniz kıyı kuşağında etkilidir. Ocak ayı ortalama sıcaklığı 4,2°C, Temmuz ayı ortalama sıcaklığı 22,1°C, yıllık ortalama sıcaklık 13,0°C'dır. Yıllık ortalama nispi nem %71'dir.

Akdeniz iklimi

Bu iklim, Ege Bölgesi'nin büyük bir bölümü ile İç Anadolu'nun batı kesiminde ve Akdeniz Bölgesi'nde Torosların güneye bakan kesimlerinde etkilidir. Ocak ayı ortalama sıcaklığı 6,4°C, sıcak ay olan Temmuz ayı ortalama sıcaklığı 26,8°C, yıllık ortalama sıcaklık 16,3°C'dir. Yıllık ortalama nispi nem %63,2'dir.

Marmara iklimi

Marmara Bölgesi'nin kuzey Ege'yi de içine alacak şekilde güney kesiminde görülür. Ocak ayı ortalama sıcaklığı 4,9°C, Temmuz ayı ortalama sıcaklığı 23,7°C, yıllık ortalama sıcaklık 14,0°C'dir. Yıllık ortalama nispi nem %73'dür.

Türkiye iklim şartlarında incelendiğinde, birçok bölgede hava kaynaklı ısı pompalarının yüksek işletim verimi ile ısıtma ihtiyacını karşılayabildiği görülmektedir. Isıtma gereksiniminin karşılanması temel hedef olmakla birlikte, soğutma talebi de bölgeye bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Isıtma-soğutma özellikli hava kaynaklı ısı pompaları, tek sistem yatırımı ile sıcak kullanım suyu, ısıtma ve soğutma gereksinimlerini karşılayarak, uygulamalarda konfor ve ekonomiyi bir arada sunabilmektedir. Gelişmiş kullanım suyu işletim mantığı, ağır dış hava koşullarında çalışabilmeleri, ısıtma ve soğutma işletiminde değişken taleplere uyum sağlayabilen kompresör teknolojisi, ülkemizde bu sistemlerin kullanımını yaygınlaştırmaktadır.

Tablo 3.165 – Tablo 3.175 arasında, farklı illerde hava kaynaklı ısı pompalarının ısıtma gereksinimine bağlı örnek seçimleri, sistemlerin belirli tasarım şartlarına bağlı olarak gerçekleşebilecek yıllık tüketimleri ve ortalama verimleri belirtilmiştir. Bu tablolarda yaz kış geçiş sıcaklığı 16°C olarak kabul edilmiş olup hesaplarda kullanılan dış hava tasarım sıcaklıkları *Tablo 3.164*'de verilmiştir.

Şehir	Kış				Yaz			
	Gündüz		Gece		Gündüz		Gece	
	En düşük	En yüksek	En düşük	En yüksek	En düşük	En yüksek	En düşük	En yüksek
İstanbul	7,6°C	16,0°C	-4,2°C	2,3°C	27,9°C	34,4°C	14,2°C	19,0°C
Ankara	3,4°C	10,0°C	-12,0°C	-5,5°C	27,9°C	33,2°C	5,1°C	11,9°C
İzmir	6,0°C	16,3°C	-0,4°C	9,2°C	26,7°C	37,0°C	18,8°C	28,4°C
Bursa	9,9°C	18,1°C	-6,6°C	1,6°C	29,1°C	33,8°C	19,8°C	24,5°C
Adana	13,1°C	19,9°C	-0,4°C	6,4°C	32,1°C	36,0°C	24,4°C	28,3°C
Antalya	12,2°C	18,5°C	-0,4°C	5,9°C	33,8°C	38,5°C	24,4°C	29,1°C

Tablo 3.164. ÖRNEK SEÇİMLER İÇİN DIŞ HAVA SICAKLIK DEĞERLERİ

6 kW ISITMA GEREKSİNİMİ İÇİN HAVA KAYNAKLI ISI POMPASI SEÇİMİ										
ŞEHİR	Seçilen Cihaz	Isıtma Sezonu	Döşemeden Isıtma (min 30°C - maks. 35°C)			Fancoil (min 45°C - maks. 30°C)			Radyatör (min 50°C - maks. 40°C)		
			COP	Elektrik Tüketimi	Denge Noktası	COP	Elektrik Tüketimi	Denge Noktası	COP	Elektrik Tüketimi	Denge Noktası
				kWh	°C		kWh	°C		kWh	°C
İstanbul	ERHQ006	Ekim-Mart	4,9	1.623	-1,1	3,9	2.042	-0,1	3,0	2.677	0,5
Ankara	ERHQ006	Ekim-Nisan	3,7	3.226	-5,2	3,0	4.023	-4,1	2,3	5.091	-3,4
İzmir	ERHQ006	Kasım-Mart	5,3	1.193	1,2	4,1	1.527	2,1	3,1	2.001	2,5
Bursa	ERHQ006	Ekim-Mart	4,8	1.322	-2,5	3,8	1.643	-1,4	2,9	2.162	-0,8
Adana	ERHQ006	Kasım-Mart	6,0	687	1,2	4,8	853	2,1	3,6	1.144	2,5
Antalya	ERHQ006	Kasım-Mart	5,9	762	1,2	4,8	949	2,1	3,5	1.273	2,5

Tablo 3.165. 6 kW ISITMA GEREKSİNİMİ İÇİN HAVA KAYNAKLI ISI POMPASI SEÇİMİ

7 kW ISITMA GEREKSİNİMİ İÇİN HAVA KAYNAKLI ISI POMPASI SEÇİMİ										
ŞEHİR	Seçilen Cihaz	Isıtma Sezonu	Döşemeden Isıtma (min 30°C - maks. 35°C)			Fancoil (min 45°C - maks. 30°C)			Radyatör (min 50°C - maks. 40°C)		
			COP	Elektrik Tüketimi	Denge Noktası	COP	Elektrik Tüketimi	Denge Noktası	COP	Elektrik Tüketimi	Denge Noktası
				kWh	°C		kWh	°C		kWh	°C
İstanbul	ERHQ006	Ekim-Mart	4,7	1.945	0,5	3,8	2.442	1,4	2,9	3.167	2,0
Ankara	ERHQ008	Ekim-Nisan	3,5	3.950	-7,0	2,9	4.810	-6,0	2,3	5.950	-5,6
İzmir	ERHQ006	Kasım-Mart	5,1	1.429	2,5	4,0	1.821	3,2	3,1	2.362	3,5
Bursa	ERHQ006	Ekim-Mart	4,7	1.614	-0,7	3,8	1.996	0,2	2,9	2.598	0,8
Adana	ERHQ006	Kasım-Mart	5,9	816	2,5	4,7	1.012	3,2	3,5	1.351	3,5
Antalya	ERHQ006	Kasım-Mart	5,8	905	2,5	4,7	1.126	3,2	3,5	1.503	3,5

Tablo 3.166. 7 kW ISITMA GEREKSİNİMİ İÇİN HAVA KAYNAKLI ISI POMPASI SEÇİMİ

8 kW ISITMA GEREKSİNİMİ İÇİN HAVA KAYNAKLI ISI POMPASI SEÇİMİ											
ŞEHİR	Seçilen Cihaz	Isıtma Sezonu	Döşemeden Isıtma (min 30°C - maks. 35°C)			Fancoil (min 45°C - maks. 30°C)			Radyatör (min 50°C - maks. 40°C)		
			COP	Elektrik Tüketimi	Denge Noktası	COP	Elektrik Tüketimi	Denge Noktası	COP	Elektrik Tüketimi	Denge Noktası
				kWh	°C		kWh	°C		kWh	°C
İstanbul	ERHQ006	Ekim-Mart	4,6	2.312	1,9	3,6	2.893	2,5	2,8	3.707	2,9
Ankara	ERHQ008	Ekim-Nisan	3,5	4.595	-5,2	2,9	5.559	-4,3	2,3	6.825	-3,8
İzmir	ERHQ006	Kasım-Mart	5,0	1.692	3,4	3,9	2.154	4,0	3,0	2.767	4,4
Bursa	ERHQ006	Ekim-Mart	4,5	1.916	0,7	3,6	2.359	1,5	2,8	3.034	2,1
Adana	ERHQ006	Kasım-Mart	5,7	957	3,4	4,6	1.186	4,0	3,5	1.574	4,4
Antalya	ERHQ006	Kasım-Mart	5,7	1.062	3,4	4,6	1.322	4,0	3,4	1.752	4,4

Tablo 3.167. 8 kW ISITMA GEREKSİNİMİ İÇİN HAVA KAYNAKLI ISI POMPASI SEÇİMİ

9 kW ISITMA GEREKSİNİMİ İÇİN HAVA KAYNAKLI ISI POMPASI SEÇİMİ											
ŞEHİR	Seçilen Cihaz	Isıtma Sezonu	Döşemeden Isıtma (min 30°C - maks. 35°C)			Fancoil (min 45°C - maks. 30°C)			Radyatör (min 50°C - maks. 40°C)		
			COP	Elektrik Tüketimi	Denge Noktası	COP	Elektrik Tüketimi	Denge Noktası	COP	Elektrik Tüketimi	Denge Noktası
				kWh	°C		kWh	°C		kWh	°C
İstanbul	ERHQ007	Ekim-Mart	4,4	2.727	1,3	3,5	3.360	2,1	2,7	4.344	2,4
Ankara	ERHQ008	Ekim-Nisan	3,4	5.310	-3,7	2,8	6.388	-2,8	2,3	7.783	-2,3
İzmir	ERHQ007	Kasım-Mart	4,7	2.022	3,0	3,7	2.547	3,6	2,9	3.240	3,9
Bursa	ERHQ007	Ekim-Mart	4,3	2.249	0,1	3,6	2.723	0,9	2,7	3.574	1,4
Adana	ERHQ007	Kasım-Mart	5,3	1.151	3,0	4,3	1.423	3,6	3,3	1.869	3,9
Antalya	ERHQ007	Kasım-Mart	5,3	1.279	3,0	4,3	1.585	3,6	3,3	2.076	3,9

Tablo 3.168. 9 kW ISITMA GEREKSİNİMİ İÇİN HAVA KAYNAKLI ISI POMPASI SEÇİMİ

10 kW ISITMA GEREKSİNİMİ İÇİN HAVA KAYNAKLI ISI POMPASI SEÇİMİ											
ŞEHİR	Seçilen Cihaz	Isıtma Sezonu	Döşemeden Isıtma (min 30°C - maks. 35°C)			Fancoil (min 45°C - maks. 30°C)			Radyatör (min 50°C - maks. 40°C)		
			COP	Elektrik Tüketimi	Denge Noktası	COP	Elektrik Tüketimi	Denge Noktası	COP	Elektrik Tüketimi	Denge Noktası
				kWh	°C		kWh	°C		kWh	°C
İstanbul	ERHQ008	Ekim-Mart	4,2	3.113	1,4	3,4	3.827	2,1	2,8	4.790	2,5
Ankara	ERHQ011	Ekim-Nisan	3,2	6.286	-3,2	2,8	7.066	-3,4	2,3	8.648	-2,9
İzmir	ERHQ008	Kasım-Mart	4,5	2.319	3,2	3,6	2.911	3,7	2,9	3.629	4,0
Bursa	ERHQ008	Ekim-Mart	4,2	2.559	0,2	3,5	3.094	0,9	2,8	3.895	1,4
Adana	ERHQ008	Kasım-Mart	5,2	1.315	3,2	4,2	1.624	3,7	3,3	2.098	4.0
Antalya	ERHQ008	Kasım-Mart	5,1	1.462	3,2	4,2	1.809	3,7	3,2	2.329	4,0

Tablo 3.169. 10 kW ISITMA GEREKSİNİMİ İÇİN HAVA KAYNAKLI ISI POMPASI SEÇİMİ

11 kW ISITMA GEREKSİNİMİ İÇİN HAVA KAYNAKLI ISI POMPASI SEÇİMİ											
ŞEHİR	Seçilen Cihaz	Isıtma Sezonu	Döşemeden Isıtma (min 30°C - maks. 35°C)			Fancoil (min 45°C - maks. 30°C)			Radyatör (min 50°C - maks. 40°C)		
			COP	Elektrik Tüketimi	Denge Noktası	COP	Elektrik Tüketimi	Denge Noktası	COP	Elektrik Tüketimi	Denge Noktası
				kWh	°C		kWh	°C		kWh	°C
İstanbul	ERHQ008	Ekim-Mart	4,1	3.544	2,3	3,3	4.334	2,8	2,7	5.388	3,1
Ankara	ERHQ014	Ekim-Nisan	3,3	6.535	-5,2	2,9	7.551	-4,8	2,4	9.237	-4,3
İzmir	ERHQ008	Kasım-Mart	4,4	2.633	3,8	3,5	3.299	4,3	2,8	4.093	4,6
Bursa	ERHQ008	Ekim-Mart	4,1	2.904	1,2	3,4	3.495	1,9	2,7	4.369	2,3
Adana	ERHQ008	Kasım-Mart	5,1	1.486	3,8	4,1	1.830	4,3	3,2	2.350	4,6
Antalya	ERHQ008	Kasım-Mart	5,0	1.651	3,8	4,1	2.038	4,3	3,2	2.608	4,6

Tablo 3.170. 11 kW ISITMA GEREKSİNİMİ İÇİN HAVA KAYNAKLI ISI POMPASI SEÇİMİ

12 kW ISITMA GEREKSİNİMİ İÇİN HAVA KAYNAKLI ISI POMPASI SEÇİMİ											
ŞEHİR	Seçilen Cihaz	Isıtma Sezonu	Döşemeden Isıtma (min 30°C - maks. 35°C)			Fancoil (min 45°C - maks. 30°C)			Radyatör (min 50°C - maks. 40°C)		
			COP	Elektrik Tüketimi	Denge Noktası	COP	Elektrik Tüketimi	Denge Noktası	COP	Elektrik Tüketimi	Denge Noktası
				kWh	°C		kWh	°C		kWh	°C
İstanbul	ERHQ014	Ekim-Mart	4,0	3.932	0,1	3,5	4.476	0,4	2,8	5.674	0,9
Ankara	ERHQ014	Ekim-Nisan	3,3	7.211	-4,0	2,9	8.318	-3,7	2,4	10.114	-3,3
İzmir	ERHQ014	Kasım-Mart	4,4	2.887	2,3	3,8	3.341	2,5	3,0	4.230	2,8
Bursa	ERHQ014	Ekim-Mart	3,9	3.308	-1,3	3,5	3.708	-1,0	2,7	4.697	-0,5
Adana	ERHQ014	Kasım-Mart	4,5	1.840	2,3	4,0	2.038	2,5	3,1	2.630	2,8
Antalya	ERHQ014	Kasım-Mart	4,5	2.020	2,3	4,0	2.246	2,5	3,1	2.898	2,8

Tablo 3.171. 12 kW ISITMA GEREKSİNİMİ İÇİN HAVA KAYNAKLI ISI POMPASI SEÇİMİ

13 kW ISITMA GEREKSİNİMİ İÇİN HAVA KAYNAKLI ISI POMPASI SEÇİMİ											
ŞEHİR	Seçilen Cihaz	Isıtma Sezonu	Döşemeden Isıtma (min 30°C - maks. 35°C)			Fancoil (min 45°C - maks. 30°C)			Radyatör (min 50°C - maks. 40°C)		
			COP	Elektrik Tüketimi	Denge Noktası	COP	Elektrik Tüketimi	Denge Noktası	COP	Elektrik Tüketimi	Denge Noktası
				kWh	°C		kWh	°C		kWh	°C
İstanbul	ERHQ014	Ekim-Mart	4,0	4.274	1,0	3,5	4.861	1,3	2,8	6.128	1,8
Ankara	ERHQ016	Ekim-Nisan	3,3	7.724	-4,6	2,9	8.890	-4,3	2,4	10.697	-4,0
İzmir	ERHQ014	Kasım-Mart	4,4	3.120	2,8	3,8	3.614	3,0	3,3	4.555	3,0
Bursa	ERHQ014	Ekim-Mart	3,9	3.597	-0,3	3,5	4.031	-0,1	2,8	5.077	0,5
Adana	ERHQ014	Kasım-Mart	4,5	1.979	2,8	4,0	2.196	3,0	3,1	2.824	3,3
Antalya	ERHQ014	Kasım-Mart	4,5	2.174	2,8	4,0	2.421	3,0	3,1	3.112	3,3

Tablo 3.172. 13 kW ISITMA GEREKSİNİMİ İÇİN HAVA KAYNAKLI ISI POMPASI SEÇİMİ

14 kW ISITMA GEREKSİNİMİ İÇİN HAVA KAYNAKLI ISI POMPASI SEÇİMİ											
ŞEHİR	Seçilen Cihaz	Isıtma Sezonu	Döşemeden Isıtma (min 30°C - maks. 35°C)			Fancoil (min 45°C - maks. 30°C)			Radyatör (min 50°C - maks. 40°C)		
			COP	Elektrik Tüketimi	Denge Noktası	COP	Elektrik Tüketimi	Denge Noktası	COP	Elektrik Tüketimi	Denge Noktası
				kWh	°C		kWh	°C		kWh	°C
İstanbul	ERHQ014	Ekim-Mart	4,0	4.641	1,9	3,5	5.275	2,1	2,8	6.608	2,3
Ankara	ERHQ016	Ekim-Nisan	3,3	8.467	-3,7	2,9	9.713	-3,4	2,4	11.623	-3,1
İzmir	ERHQ014	Kasım-Mart	4,4	3.372	3,3	3,8	3.906	3,5	3,0	4.900	3,7
Bursa	ERHQ014	Ekim-Mart	3,9	3.906	0,6	3,4	4.371	0,8	2,8	5.473	1,3
Adana	ERHQ014	Kasım-Mart	4,5	2.124	3,3	4,1	2.361	3,5	3,2	3.023	3,7
Antalya	ERHQ014	Kasım-Mart	4,5	2.334	3,3	4,1	2.603	3,5	3,2	3.332	3,7

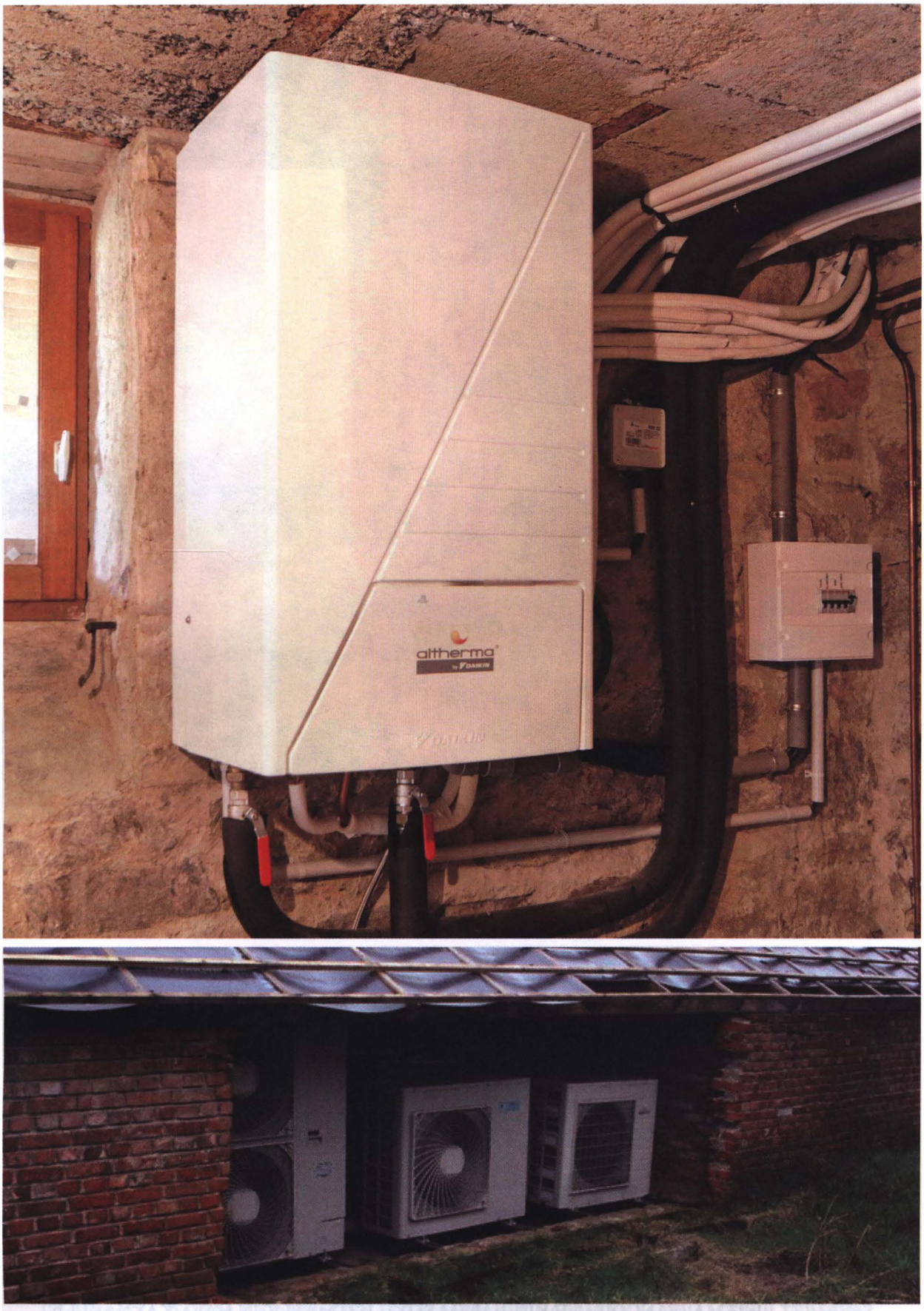
Tablo 3.173. 14 kW ISITMA GEREKSİNİMİ İÇİN HAVA KAYNAKLI ISI POMPASI SEÇİMİ

15 kW ISITMA GEREKSİNİMİ İÇİN HAVA KAYNAKLI ISI POMPASI SEÇİMİ											
ŞEHİR	Seçilen Cihaz	Isıtma Sezonu	Döşemeden Isıtma (min 30°C - maks. 35°C)			Fancoil (min 45°C - maks. 30°C)			Radyatör (min 50°C - maks. 40°C)		
			COP	Elektrik Tüketimi	Denge Noktası	COP	Elektrik Tüketimi	Denge Noktası	COP	Elektrik Tüketimi	Denge Noktası
				kWh	°C		kWh	°C		kWh	°C
İstanbul	ERHQ016	Ekim-Mart	4,1	4.846	1,4	3,6	5.556	1,8	2,9	6.913	2,1
Ankara	ERHQ016	Ekim-Nisan	3,2	9.274	-2,9	2,8	10.597	-2,6	2,4	12.610	-2,2
İzmir	ERHQ014	Kasım-Mart	4,3	3.650	3,7	3,7	4.225	3,9	3,0	5.278	4,2
Bursa	ERHQ014	Ekim-Mart	4,0	4.068	0,0	3,5	4.589	0,3	2,8	5.706	0,7
Adana	ERHQ014	Kasım-Mart	4,5	2.277	3,7	4,1	2.533	3,9	3,2	3.233	4,2
Antalya	ERHQ014	Kasım-Mart	4,5	2.503	3,7	4,0	2.795	3,9	3,2	3.565	4,2

Tablo 3.174. 15 kW ISITMA GEREKSİNİMİ İÇİN HAVA KAYNAKLI ISI POMPASI SEÇİMİ

16 kW ISITMA GEREKSİNİMİ İÇİN HAVA KAYNAKLI ISI POMPASI SEÇİMİ											
ŞEHİR	Seçilen Cihaz	Isıtma Sezonu	Döşemeden Isıtma (min 30°C - maks. 35°C)			Fancoil (min 45°C - maks. 30°C)			Radyatör (min 50°C - maks. 40°C)		
			COP	Elektrik Tüketimi	Denge Noktası	COP	Elektrik Tüketimi	Denge Noktası	COP	Elektrik Tüketimi	Denge Noktası
				kWh	°C		kWh	°C		kWh	°C
İstanbul	ERHQ016	Ekim-Mart	4,0	5.236	2,1	3,5	5.998	2,2	2,8	7.421	2,5
Ankara	ERHQ016	Ekim-Nisan	3,1	10.150	-2,1	2,8	11.553	-1,8	2,3	13.668	-1,4
İzmir	ERHQ016	Kasım-Mart	4,4	3.819	3,3	3,8	4.454	3,6	3,0	5.524	3,7
Bursa	ERHQ016	Ekim-Mart	3,9	4.390	0,8	3,5	4.949	1,1	2,8	6.123	1,5
Adana	ERHQ016	Kasım-Mart	4,6	2.358	3,3	4,1	2.654	3,6	3,3	3.366	3,7
Antalya	ERHQ016	Kasım-Mart	4,6	2.595	3,3	4,1	2.930	3,6	3,2	3.713	3,7

Tablo 3.175. 16 kW ISITMA GEREKSİNİMİ İÇİN HAVA KAYNAKLI ISI POMPASI SEÇİMİ



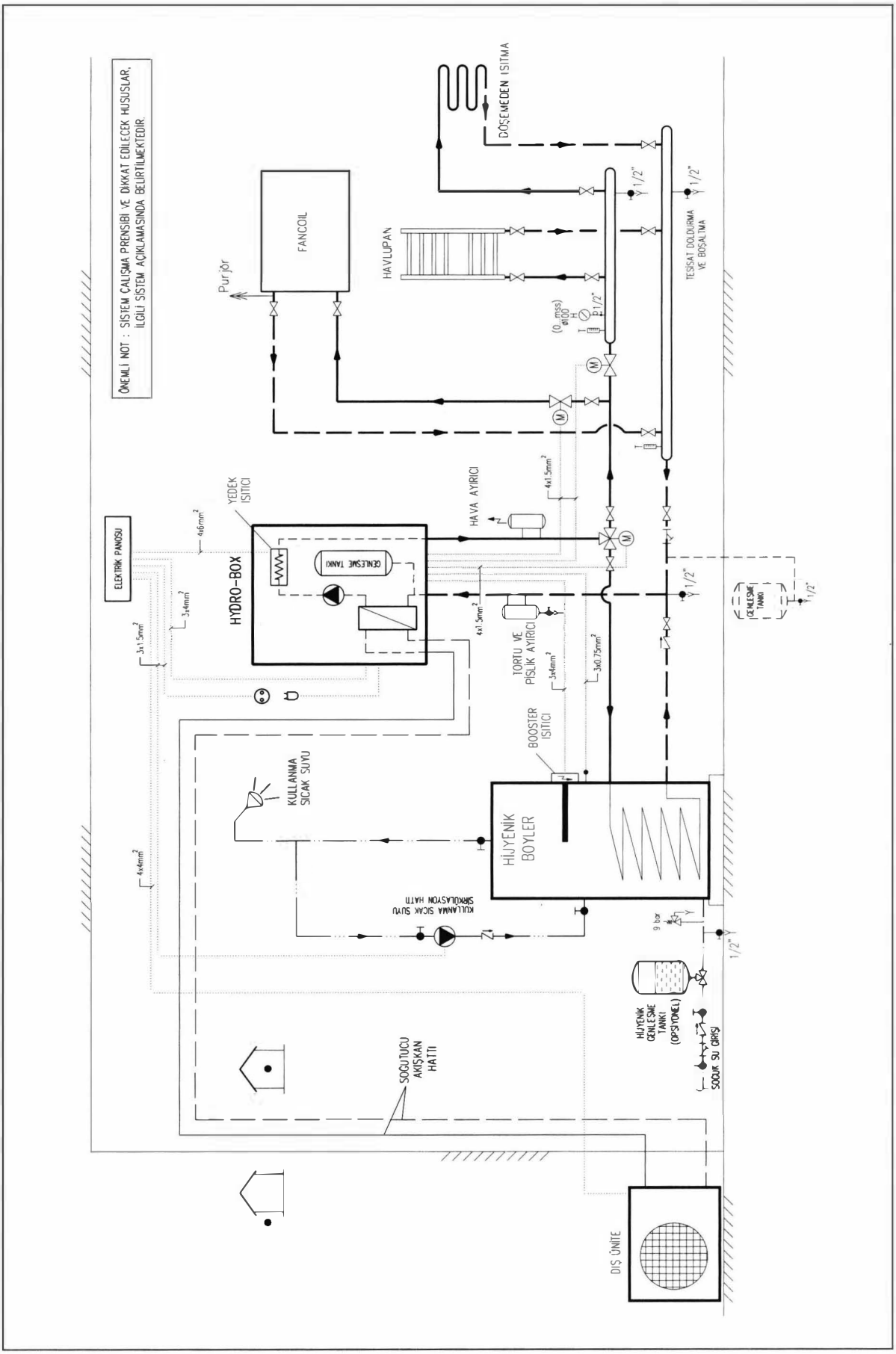
Şekil 3.176. YALNIZ ISITMA İÇİN HAVA KAYNAKLI ISI POMPASI UYGULAMASI



Şekil 3.177. ISITMA (FANCOIL) VE KULLANIM SUYU ISITMASI İÇİN HAVA KAYNAKLI ISI POMPASI UYGULAMASI



Şekil 3.178. ISITMA (DÖŞEMEDEN ISITMA) VE KULLANIM SUYU ISITMASI İÇİN HAVA KAYNAKLI ISI POMPASI UYGULAMASI



Şekil 3.179. HAVA KAYNAKLI ISI POMPASI SİSTEMİ TESİSAT ŞEMASI

3.5.6. TESİSAT ŞEMALARI

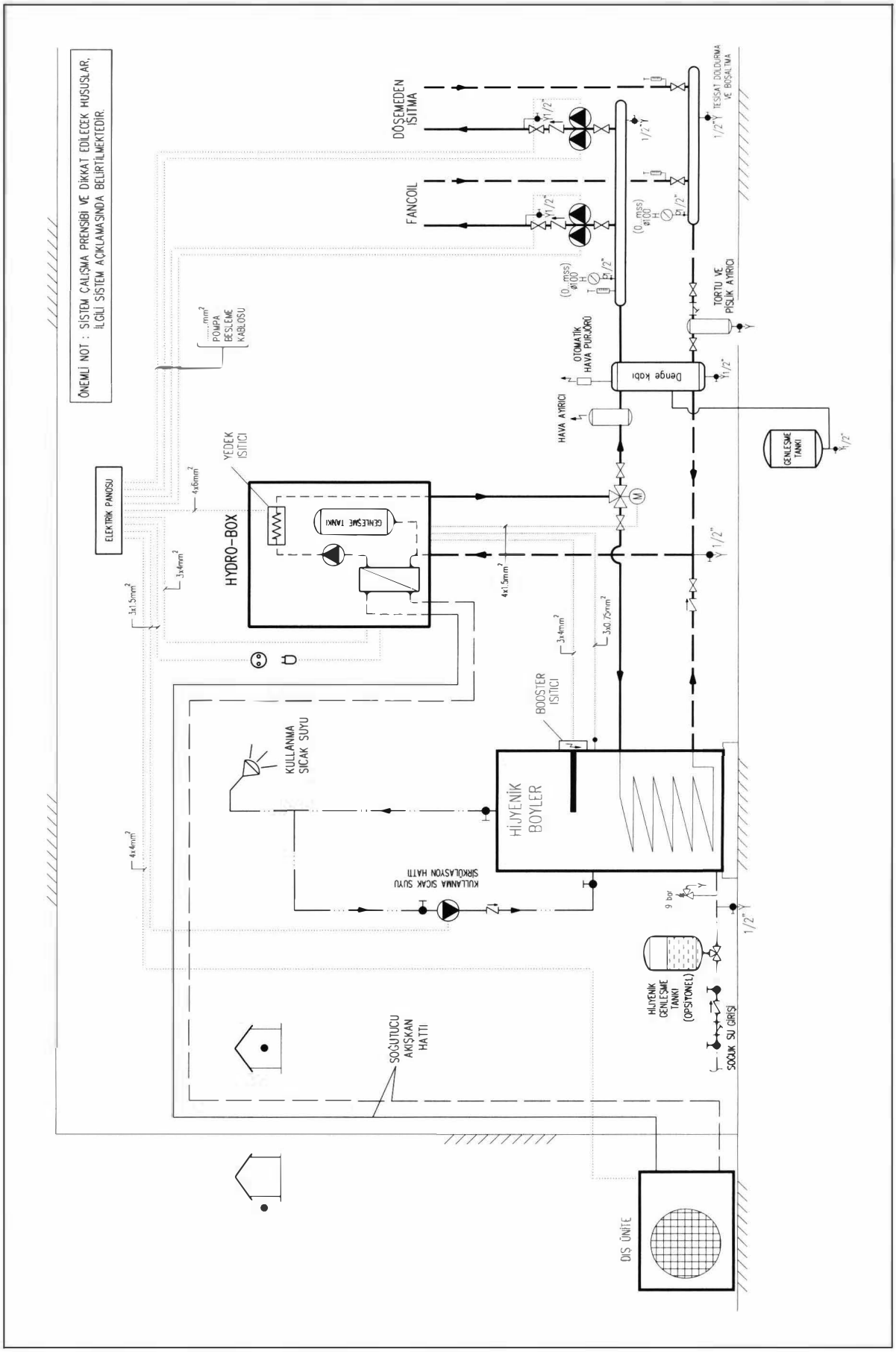
Şekil 3.179.

HAVA KAYNAKLI ISI POMPASI SİSTEMİ TESİSAT ŞEMASI

En temel hava kaynaklı ısı pompası tesisat şeması olarak kabul edilebilir. Isıtma, soğutma ve kullanım sıcak suyu gereksinimleri bu tip bir sistemle karşılanabilmektedir.
Inverter kompresör teknolojisi sayesinde, ısıtma işletiminde dış havaya, soğutmada anlık yüke ve oda (fancoil) bazında bağımsız kontrol yapılmasına bağlı olarak oluşan kısmi yüklerde, hassas sıcaklık kontrolü ve enerji ekonomisi sağlanmaktadır.
Çok düşük dış hava sıcaklıklarında bile (-20°C) sistem ısıtma işletimini sürdürebilmektedir. Şalt sayıları her türlü işletimde inverter kontrol ile en düşük seviyede tutulmaktadır.
Sistemdeki motorlu üç yollu vana ile ısıtma-soğutma devreleri, boyler devresinden ayrılır, gerektiğinde boyler işletimi için kullanım suyu önceliği sağlanır. Sistemde ısıtma devresi döşemeden ısıtma, soğutma devresi ise fancoil üniteleri ile tasarlanmıştır.
Isıtma veya soğutma işletimine bağlı olarak Hydrobox iç ünitede bulunan kontrol ünitesi, devrelerdeki iki yollu vanaları (İYV) kontrol etmektedir. Soğutma işletiminde, ısıtma devresi üzerindeki, ısıtma işletiminde ise fancoil devresi üzerindeki İYV kapalı konumdadır.
Sistem ısıtmada dış hava sıcaklığına bağlı olarak tanımlanabilir bir eğri ile çalışabilmektedir.
Soğutma işletiminde çıkış suyu sıcaklığı, seçilen fancoillerin tasarım sıcaklığına bağlı olarak, genellikle kullanıcı tarafından kumanda ünitesi üzerinden seçilmektedir. Soğutmada verimli bir işletim için fancoil devresi tasarım sıcaklıklarının, klasik sistemlere göre yüksek alınması önerilmektedir.
Boyler işletimi, gereksinime ve kullanım alışkanlıklarına bağlı programlanarak her sistemde farklı kontrol edilebilmektedir. Özellikle yaz işletiminde, iç mekan sıcaklık konforunun bozulmaması için boyler, kısmi yüklerin olduğu gece saatlerinde ısıtılacak şekilde programlanmalıdır. Gerektiğinde boylerin üst kısımda bulunan entegre ısıtıcı (3 kW) ile kullanım suyu ısıtmasına destek verilebilmektedir. Böylece tüm boyleri elektrikli ısıtıcı (booster) ile ısıtmak yerine sadece üst kısımdaki suyu ısıtmak mümkün olmaktadır. Bu kontrol, boyler yapısı (serpantin, duyar eleman ve elektrikli ısıtıcı yerleşimi) sayesinde verimli bir işletim sağlamaktadır. Dış hava sıcaklığının çok düşük olduğu durumlarda boyler için benzer bir işletim ile konfor sürekliliği sağlanabilmektedir. Boylerdeki elektrikli ısıtıcı (booster) aynı zamanda termik dezenfeksiyon işletiminde de kullanılmaktadır.
Hydrobox iç ünite içerisinde bulunan yedek ısıtıcı (6 kW) ise, ısıtma işletiminde denge sıcaklığının altında devreye girer. Boyler ısıtmasında yedek ısıtıcı devreye girmemektedir. Boyler ve Hydrobox içerisindeki elektrikli ısıtıcılar, eş zamanlı çalıştırılmamaktadır. Denge sıcaklığı, cihazın ısıtma kapasitesinin, sistemin ısı gereksinimine eşit olduğu durumdaki dış hava sıcaklığıdır. Cihaz seçimi yapılırken bu nokta denge noktası olarak kabul edilebilir. Denge noktasına karşılık gelen dış hava sıcaklığının altında elektrikli ısıtıcı takviyesi yapılabilir. Denge noktasının belirlenmesi, seçilecek cihaz kapasitesini ve sistem verimini doğrudan etkileyecektir.

Notlar :

- Farklı çalışma sıcaklıklarına sahip devreler, borulardaki basınç kayıpları ve tesisat su hacmine bağlı olarak denge kabı ve ilave pompa kullanımı gerekebilir.
- Sistemdeki üç yollu vananın gösterimi şekilseldir. Doğru uygulama için üç yollu vana giriş-çıkış yönlerine dikkat edilmelidir.
- Sistemde fancoiller, sadece soğutma amaçlı kullanılmaktadır. Soğutma işletiminde tesisatta gerçekleşecek yoğuşmayı önlemek için, fancoil devreleri mutlaka yalıtılmalıdır.
- Fancoil devrelerinde, su akışının dengelenebilmesi için cihaz giriş ve çıkışlarında kesme vanası (dönüşte debi ayarı yapılabilen) kullanılması tavsiye edilir.
- Döşemeden ısıtma devresinde, oksijen bariyerli boru kullanılmalıdır.
- Odalarda (fancoillerde) bağımsız kontrolün üç yollu vana (ÜYV) ile yapılması tavsiye edilir. İki yollu vana kullanılması durumunda ise denge kaplı sistem ve frekans kontrollü pompa önerilir.
- Döşemeden ısıtma devrelerinde oda bazında sıcaklık kontrolü yapılacaksa, sistemde denge kabı ve frekans kontrollü pompa kullanılması önerilir. Islak hacimlerde sıcaklık kontrolü yapılmamalıdır.
- Kullanım suyu sirkülasyon hattı mevcut ise, sirkülasyon hatları çok iyi izole edilmeli, pompanın kesintili işletimi sağlanmalıdır.
- Altherma Hydrobox iç ünitelerde 10 litre genleşme tankı bulunmaktadır. Sistem su hacmine bağlı olarak, ilave genleşme tankı kullanımı gerekli olabilir.
- Spirovent tortu ve pislik ayırıcı kullanıldığı için, üç yollu vana, iki yollu vana ve Hydrobox iç ünite girişlerinde pislik tutucu kullanımına gerek kalmamıştır.
- Altherma iç ve dış ünite arası bakır borulamada, sınır değerlere uyulmalı, Isısan yetkili servisleri tarafından montaj yapılmalıdır.



Şekil 3.180. HAVA KAYNAKLI ISI POMPASI DENGE KABI KULLANILAN SİSTEM TESİSAT ŞEMASI

Şekil 3.180.

HAVA KAYNAKLI ISI POMPASI DENGE KABI KULLANILAN SİSTEM TESİSAT ŞEMASI

Isıtma, soğutma ve kullanım sıcak suyu gereksinimleri bu tip bir ısı pompası sistemi ile karşılanabilmektedir. Sistemde, ısıtma devresi döşemeden ısıtma, soğutma devresi ise fancoil üniteleri ile tasarlanmıştır. Gerek döşemeden ısıtma gerekse, fancoil devresinde odalarda bağımsız sıcaklık kontrolü, iki yollu vanalar ve oda termostatları ile yapılmaktadır. Bu nedenle her iki devrede de frekans kontrollü pompa kullanılmıştır. Hidrolik denge, denge kabı ile sağlanmaktadır.

Sistemdeki motorlu üç yollu vana ile ısıtma-soğutma devreleri, boyler devresinden ayrılır, gerektiğinde boyler işletimi için kullanım suyu önceliği sağlanır. Boyler işletimi, gereksinime ve kullanım alışkanlıklarına bağlı programlanarak, her sistemde farklı kontrol edilebilmektedir. Özellikle yaz işletiminde, iç mekan sıcaklık konforunun bozulmaması için boyler, kısmi yüklerin olduğu gece saatlerinde ısıtılacak şekilde programlanmalıdır. Gerektiğinde boylerin üst kısımda bulunan entegre ısıtıcı (3 kW) ile kullanım suyu ısıtmasına destek verilebilmektedir. Böylece tüm boyleri elektrikli ısıtıcı (booster) ile ısıtmak yerine sadece üst kısımdaki suyu ısıtmak mümkün olmaktadır. Bu kontrol, boyler yapısı (serpantin, duyar eleman ve elektrikli ısıtıcı yerleşimi) sayesinde verimli bir işletim sağlamaktadır. Dış hava sıcaklığının çok düşük olduğu durumlarda boyler için benzer bir işletim ile konfor sürekliliği sağlanabilmektedir. Boylerdeki elektrikli ısıtıcı (booster) aynı zamanda termik dezenfeksiyon işletiminde de kullanılmaktadır.

Inverter kompresör teknolojisi sayesinde, ısıtma işletiminde dış havaya, soğutmada anlık yüke ve oda (fancoil) bazında bağımsız kontrol yapılmasına bağlı olarak oluşan kısmi yüklerde, hassas sıcaklık kontrolü ve enerji ekonomisi sağlanmaktadır. Çok düşük dış hava sıcaklıklarında bile (-20°C) sistem ısıtma işletimini sürdürebilmektedir. Şalt sayıları her türlü işletimde inverter kontrol ile en düşük seviyede tutulmaktadır.

Isıtma işletiminde döşemeden ısıtma pompası, soğutma işletiminde fancoil devre pompası çalışmaktadır. Her iki devre sirkülasyon pompaları, eş zamanlı çalışmamaktadır.

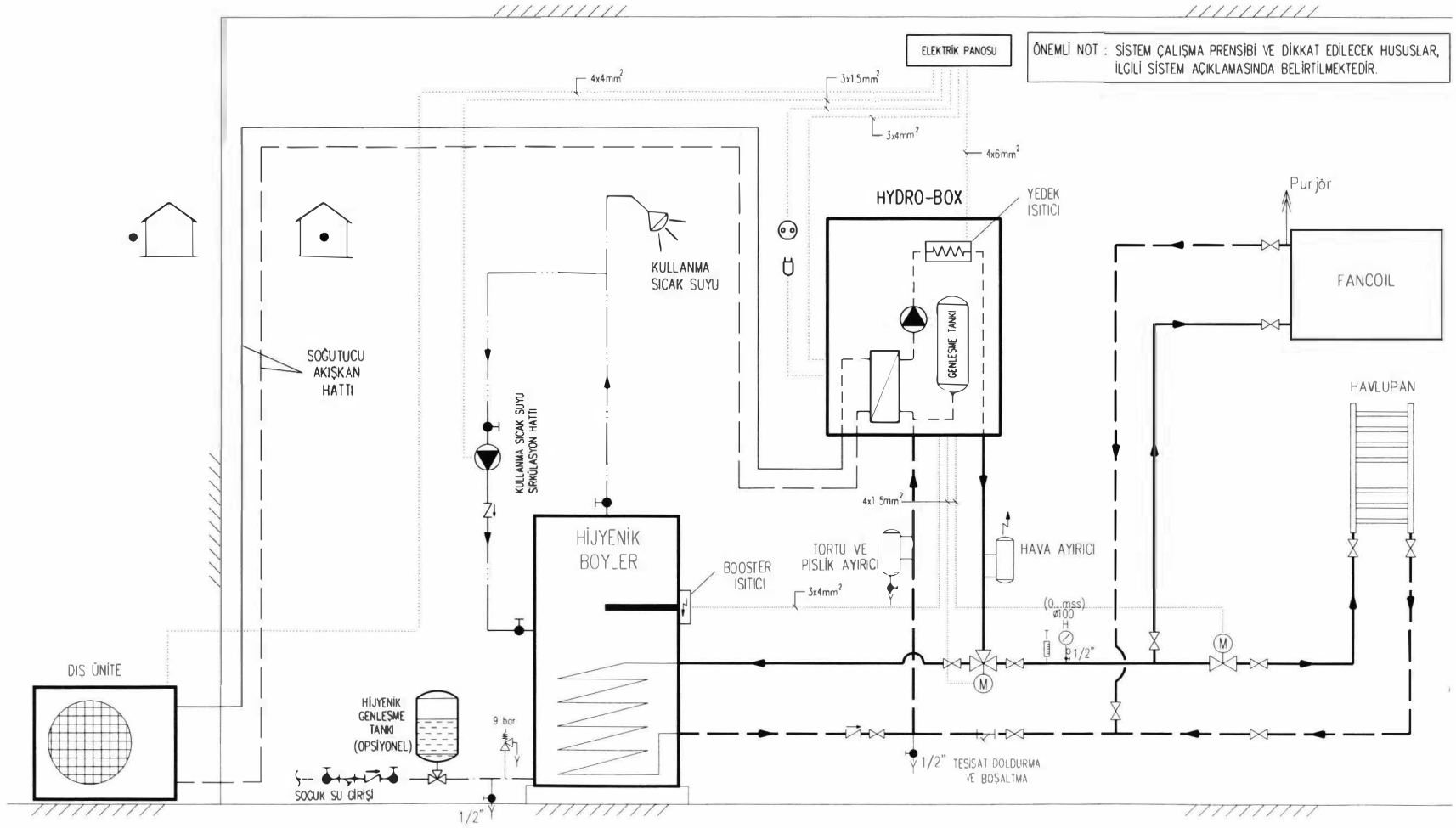
Sistem ısıtmada dış hava sıcaklığına bağlı olarak tanımlanabilir bir eğri ile çalışabilmektedir.

Soğutma işletiminde çıkış suyu sıcaklığı, seçilen fancoillerin tasarım sıcaklığına bağlı olarak, genellikle kullanıcı tarafından kumanda ünitesi üzerinden seçilmektedir. Soğutmada verimli bir işletim için fan-coil devresi tasarım sıcaklıklarının, klasik sistemlere göre yüksek seçilmesi önerilmektedir.

Hydrobox iç ünite içerisinde bulunan yedek ısıtıcı (6 kW) ise, ısıtma işletiminde denge sıcaklığının altında devreye girer. Boyler ısıtmasında yedek ısıtıcı devreye girmemektedir. Boyler ve Hydrobox içerisindeki elektrikli ısıtıcılar, eş zamanlı çalıştırılmamaktadır.

Notlar :

- Sistemde fancoiller, sadece soğutma amaçlı kullanılmaktadır. Soğutma işletiminde tesisatta gerçekleşecek yoğuşmayı önlemek için, fancoil devreleri mutlaka yalıtılmalıdır.
- Döşemeden ısıtma devresinde, oksijen bariyerli boru kullanılmalıdır.
- Sistemdeki üç yollu vananın gösterimi şekilseldir. Doğru uygulama için üç yollu vana giriş-çıkış yönlerine dikkat edilmelidir.
- Fancoil devrelerinde, su akışının dengelenebilmesi için cihaz giriş ve çıkışlarında kesme vanası (dönüşte debi ayarı yapılabilen) kullanılması tavsiye edilir.
- Odalarda (fancoillerde) bağımsız kontrol, iki yollu vanalar (İYV) ile yapılmıştır.
- Döşemeden ısıtma devrelerinde oda bazında sıcaklık kontrolü İYV ile yapılmıştır.
- Tesisat sirkülasyon pompaları, oda bazında İYV kullanımına bağlı olarak frekans kontrollü tercih edilmiştir.
- Kullanım suyu sirkülasyon hattı mevcut ise, sirkülasyon hatları çok iyi izole edilmeli, pompanın kesintili işletimi sağlanmalıdır.
- Altherma Hydrobox iç ünitelerde 10 litre genleşme tankı bulunmaktadır. Sistem su hacmi göz önünde bulundurularak, ilave genleşme tankı kullanılmıştır.
- Spirovent tortu ve pislik ayırıcı kullanıldığı için, üç yollu vana, iki yollu vana ve Hydrobox iç ünite girişlerinde pislik tutucu kullanımına gerek kalmamıştır.
- Altherma iç ve dış ünite arası bakır borulamada sınır değerlere uyulmalı, Isısan yetkili servisleri tarafından montaj yapılmalıdır.



Şekil 3.181. HAVA KAYNAKLI ISI POMPASI SİSTEMİ SOĞUTMA ÖNCELİKLİ TESİSAT ŞEMASI

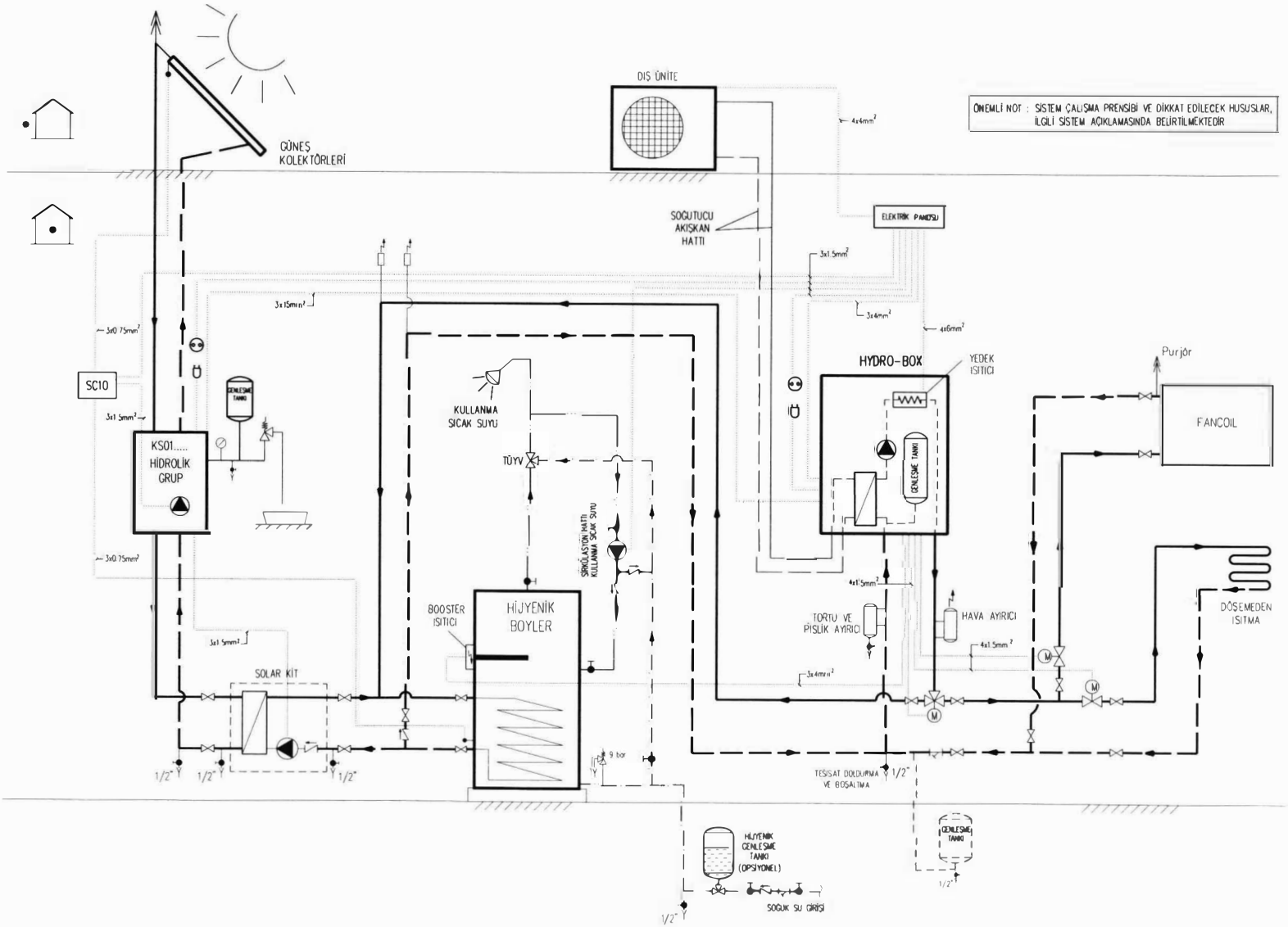
Şekil 3.181.

HAVA KAYNAKLI ISI POMPASI SİSTEMİ SOĞUTMA ÖNCELİKLİ TESİSAT ŞEMASI

Soğutma önceliğinin bulunduğu uygulamalarda, ısıtma, soğutma ve kullanım sıcak suyu gereksinimleri bu tip bir sistemle karşılanabilmektedir.
Inverter kompresör teknolojisi sayesinde, ısıtma işletiminde dış havaya, soğutmada anlık yüke ve oda (fancoil) bazında bağımsız kontrol yapılmasına bağlı olarak oluşan kısmi yüklerde, hassas sıcaklık kontrolü ve enerji ekonomisi sağlanmaktadır. Sistemde ısıtma fancoil devresi ile sağlandığından dış havaya bağlı işletim ancak dar bir aralıkta yapılabilir. Bu da statik ısıtmanın yapıldığı sistemler ile kıyaslandığında yıllık performansı olumsuz yönde etkilemektedir. Çok düşük dış hava sıcaklıklarında bile (-20°C) sistem ısıtma işletimini sürdürebilmektedir. Şalt sayıları her türlü işletimde inverter kontrol ile en düşük seviyede tutulmaktadır.
Sistemdeki motorlu üç yollu vana ile ısıtma-soğutma devresi, boyler devresinden ayrılır, gerektiğinde boyler işletimi için kullanım suyu önceliği sağlanır. Sistemde ısıtma ve soğutma fancoil üniteleri ile tasarlanmıştır.
Isıtma ve soğutma işletiminde çıkış suyu sıcaklığı, seçilen fancoillerin tasarım sıcaklığına bağlı olarak, genellikle kullanıcı tarafından kumanda ünitesi üzerinden seçilmektedir. Soğutmada verimli bir işletim için fancoil devresi tasarım sıcaklıklarının, klasik sistemlere göre yüksek alınması önerilmektedir. Aynı nedenle, ısıtma işletiminde de daha düşük tasarım sıcaklıkları tavsiye edilir.
Boyler işletimi, gereksinime ve kullanım alışkanlıklarına bağlı programlanarak her sistemde farklı kontrol edilebilmektedir. Özellikle yaz işletiminde, iç mekan sıcaklık konforunun bozulmaması için boyler, kısmi yüklerin olduğu gece saatlerinde ısıtılacak şekilde programlanmalıdır. Gerektiğinde boylerin üst kısımda bulunan entegre ısıtıcı (3 kW)ile kullanım suyu ısıtmasına destek verilebilmektedir. Böylece tüm boyleri elektrikli ısıtıcı (booster) ile ısıtmak yerine sadece üst kısımdaki suyu ısıtmak mümkün olmaktadır. Bu kontrol, boyler yapısı (serpantin, duyar eleman ve elektrikli ısıtıcı yerleşimi) sayesinde verimli bir işletim sağlamaktadır. Dış hava sıcaklığının çok düşük olduğu durumlarda da boyler için benzer bir işletim ile konfor sürekliliği sağlanabilmektedir. Boylerdeki elektrikli ısıtıcı (booster) aynı zamanda termik dezenfeksiyon işletiminde de kullanılmaktadır.
Hydrobox iç ünite içerisinde bulunan yedek ısıtıcı (6 kw) ise, ısıtma işletiminde denge sıcaklığının altında devreye girer. Boyler ısıtmasında yedek ısıtıcı devreye girmemektedir. Denge sıcaklığı, bir önceki örnekte incelenen sistem ile karşılaştırıldığında daha yüksek dış hava sıcaklıklarına kaymaktadır ve sistem verimi azalır.

Notlar :

- Sistemde fancoiller, ısıtma ve soğutma amaçlı kullanılmaktadır. Soğutma işletiminde tesisatta gerçekleşecek yoğuşmayı önlemek için, fancoil devreleri mutlaka yalıtılmalıdır.
- Fancoil devrelerinde, su akışının dengelenebilmesi için cihaz giriş ve çıkışlarında kesme vanası (dönüşte debi ayarı yapılabilen) kullanılması tavsiye edilir.
- Sistemdeki üç yollu vananın gösterimi şekilseldir. Doğru uygulama için üç yollu vana giriş-çıkış yönlerine dikkat edilmelidir.
- Odalarda (fancoillerde) bağımsız kontrolün üç yollu vana (ÜYV) ile yapılması tavsiye edilir. İki yollu vana kullanılması durumunda ise denge kaplı sistem ve frekans kontrollü pompa önerilir.
- Islak hacimlerde statik ısıtma tercih edilmeli ve sıcaklık kontrolü yapılmamalıdır. Havlupan ve radyatör kullanımında reglaj önemlidir.
- Kullanım suyu sirkülasyon hattı mevcut ise, sirkülasyon hatları çok iyi izole edilmeli, pompanın kesintili işletimi sağlanmalıdır.
- Altherma Hydrobox iç ünitelerde 10 litre genleşme tankı bulunmaktadır.
- Spirovent tortu ve pislik ayırıcı kullanıldığı için, üç yollu vana, iki yollu vana ve Hydrobox iç ünite girişlerinde pislik tutucu kullanımına gerek kalmamıştır.
- Altherma iç ve dış ünite arası bakır borulamada sınır değerlere uyulmalı, Isısan yetkili servisleri tarafından montaj yapılmalıdır.



Şekil 3.182. GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ (KULLANIM SICAK SUYU) HAVA KAYNAKLI ISI POMPASI SİSTEMİ TESİSAT ŞEMASI

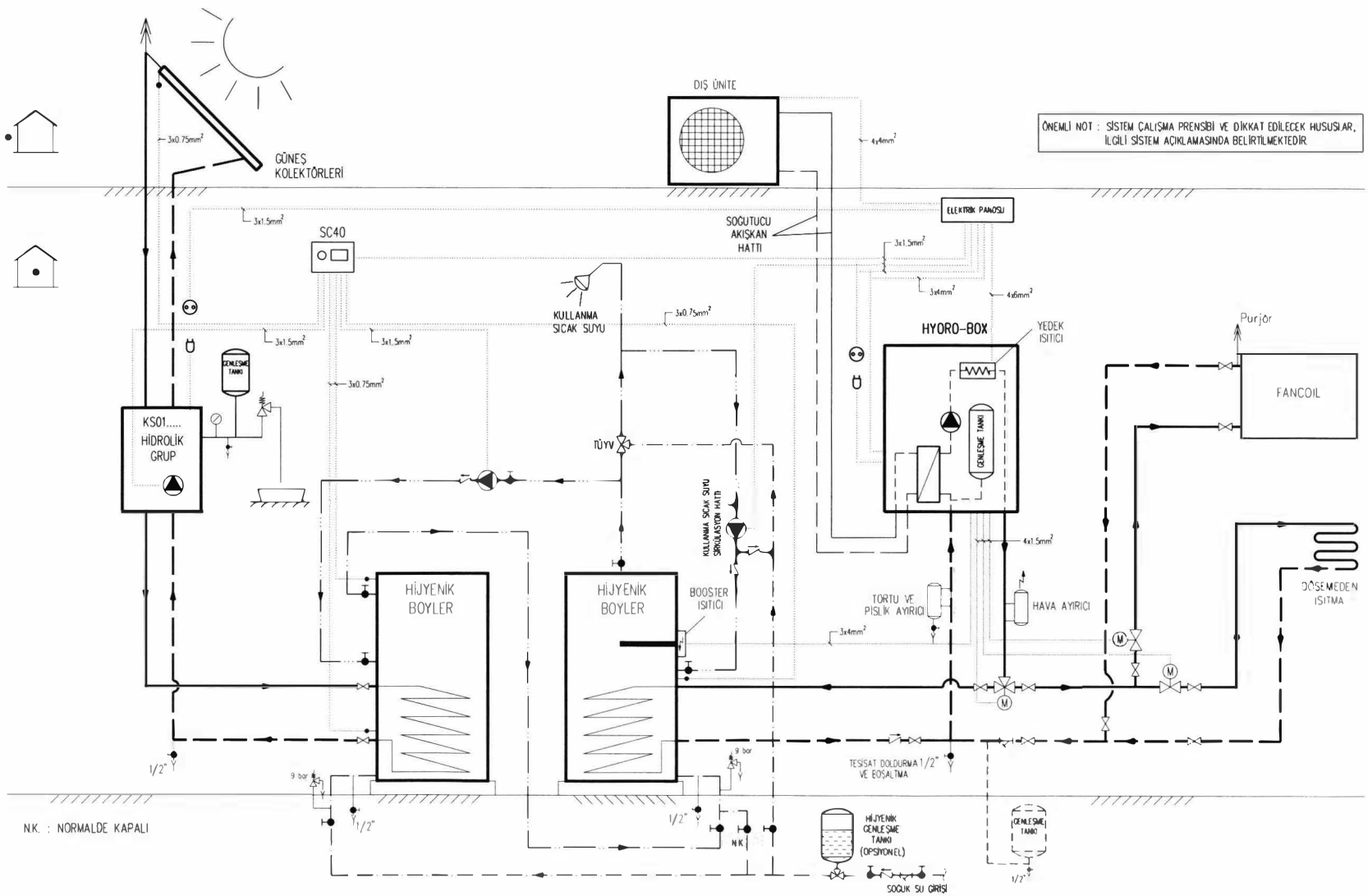
Şekil 3.182.

GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ (KULLANIM SICAK SUYU) HAVA KAYNAKLI ISI POMPASI SİSTEMİ TESİSAT ŞEMASI

Isıtma, soğutma ve kullanım sıcak suyu gereksinimleri bu tip bir ısı pompası sistemi ile karşılanabilmektedir. Öncelikle güneş enerjisi ile kullanım suyu ısıtılmakta, güneş enerjisinin yetersiz kaldığı durumlarda ısı pompası veya boyler elektrikli ısıtıcısı (3 kW) devreye girmektedir.
Inverter kompresör teknolojisi sayesinde, ısıtma işletiminde dış havaya, soğutmada anlık yüke ve oda (fancoil) bazında bağımsız kontrol yapılmasına bağlı olarak oluşan kısmi yüklerde, hassas sıcaklık kontrolü ve enerji ekonomisi sağlanmaktadır.
Isıtma ve soğutma işletimleri çalışma stratejileri ve tasarım ile ilgili notlar *Şekil 3.179*'da verilmiştir.
Isı pompalarında en verimli işletim için, düşük çıkış suyu sıcaklıkları tercih edilmektedir. Kullanım suyu ısıtması söz konusu olduğunda, sistem yüksek çıkış suyu sıcaklıkları ve düşük verimle çalışmaktadır. Düşük verim ile kullanım suyu ısıtması yapmak yerine, tüm yıl boyunca sıcak su gereksiniminin ortalama %70'ini karşılayacak bir güneş enerjisi sistemi kullanmak daha doğru bir yaklaşımdır. Güneş enerjisi destekli ısı pompası sistemlerinde boyler hacmi, güneş enerjisinden en yüksek fayda sağlayabilmek için büyük tutulmalıdır. Isıtma sezonunda güneş enerjisinin yetersiz olduğu durumlarda ısı pompası kullanım suyu ısıtması için devreye girecektir. Özellikle soğutma işletiminin söz konusu olduğu yaz aylarında, güneş enerjisinden yüksek miktarda ısı eldesi ile ısı pompasının boylere çalışması büyük oranda engellenecektir.
Solarkit opsiyonu ile güneş enerjisi sistemi, basit şekilde tek serpantinli ısı pompası boylerine bağlanır. Bu uygulamada, güneş enerjisi devresinde elde edilen ısı, bir eşanjör ve pompa sayesinde boyler serpantinine aktarılmaktadır. Güneş enerjisi sistemi, kolektör ve boyler su sıcaklıkları arasındaki farka göre aç-kapa işletimi ile kontrol edilmektedir. Güneş enerjisi devre pompası ve solarkit pompası eş zamanlı çalışıp durmaktadır. Sistemde güneş enerjisi ile ısı pompası aynı anda kullanım suyu ısıtması yapmamaktadır.
Hydrobox iç ünite içerisinde bulunan yedek ısıtıcı (6 kW) ise, ısıtma işletiminde denge sıcaklığının altında devreye girer. Boyler ısıtmasında yedek ısıtıcı devreye girmemektedir.

Notlar :

- Farklı tasarım sıcaklıklarına sahip olan fancoil ve döşemeden ısıtma devrelerinde, basınç kayıplarına bağlı olarak ilave pompa kullanımı gerekli olabilir. Bu durumda denge kabı kullanılmalıdır.
- Döşemeden ısıtma devresinde, oksijen bariyerli boru kullanılmalıdır.
- Sistemde fancoiller, sadece soğutma amaçlı kullanılmaktadır. Soğutma işletiminde tesisatta gerçekleşecek yoğuşmayı önlemek için, fancoil devreleri mutlaka yalıtılmalıdır.
- Sistemdeki üç yollu vananın gösterimi şekilseldir. Doğru uygulama için üç yollu vana giriş-çıkış yönlerine dikkat edilmelidir.
- Fancoil devrelerinde, su akışının dengelenebilmesi için cihaz giriş ve çıkışlarında kesme vanası (dönüşte debi ayarı yapılabilen) kullanılması tavsiye edilir.
- Odalarda (fancoillerde) bağımsız kontrolün üç yollu vana (ÜYV) ile yapılması tavsiye edilir. İki yollu vana kullanılması durumunda ise denge kaplı sistem ve frekans kontrollü pompa önerilir.
- Döşemeden ısıtma devrelerinde oda bazında sıcaklık kontrolü yapılacaksa, sistemde denge kabı ve frekans kontrollü pompa kullanılması önerilir. Islak hacimlerde sıcaklık kontrolü yapılmamalıdır.
- Kullanım suyu sirkülasyon hattı mevcut ise, sirkülasyon hatları çok iyi izole edilmeli, pompanın kesintili işletimi sağlanmalıdır.
- Altherma Hydrobox iç ünitelerde 10 litre genleşme tankı bulunmaktadır. Sistem su hacmine bağlı olarak, ilave genleşme tankı kullanımı gerekli olabilir.
- Spirovent tortu ve pislik ayırıcı kullanıldığı için, üç yollu vana, iki yollu vana ve Hydrobox iç ünite girişlerinde pislik tutucu kullanımına gerek kalmamıştır.
- Altherma iç ve dış ünite arası bakır borulamada sınır değerlere uyulmalı, Isısan yetkili servisleri tarafından montaj yapılmalıdır.



Şekil 3.183. GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ (KULLANIM SICAK SUYU), İKİ BOYLERLİ HAVA KAYNAKLI ISI POMPASI SİSTEMİ TESİSAT ŞEMASI

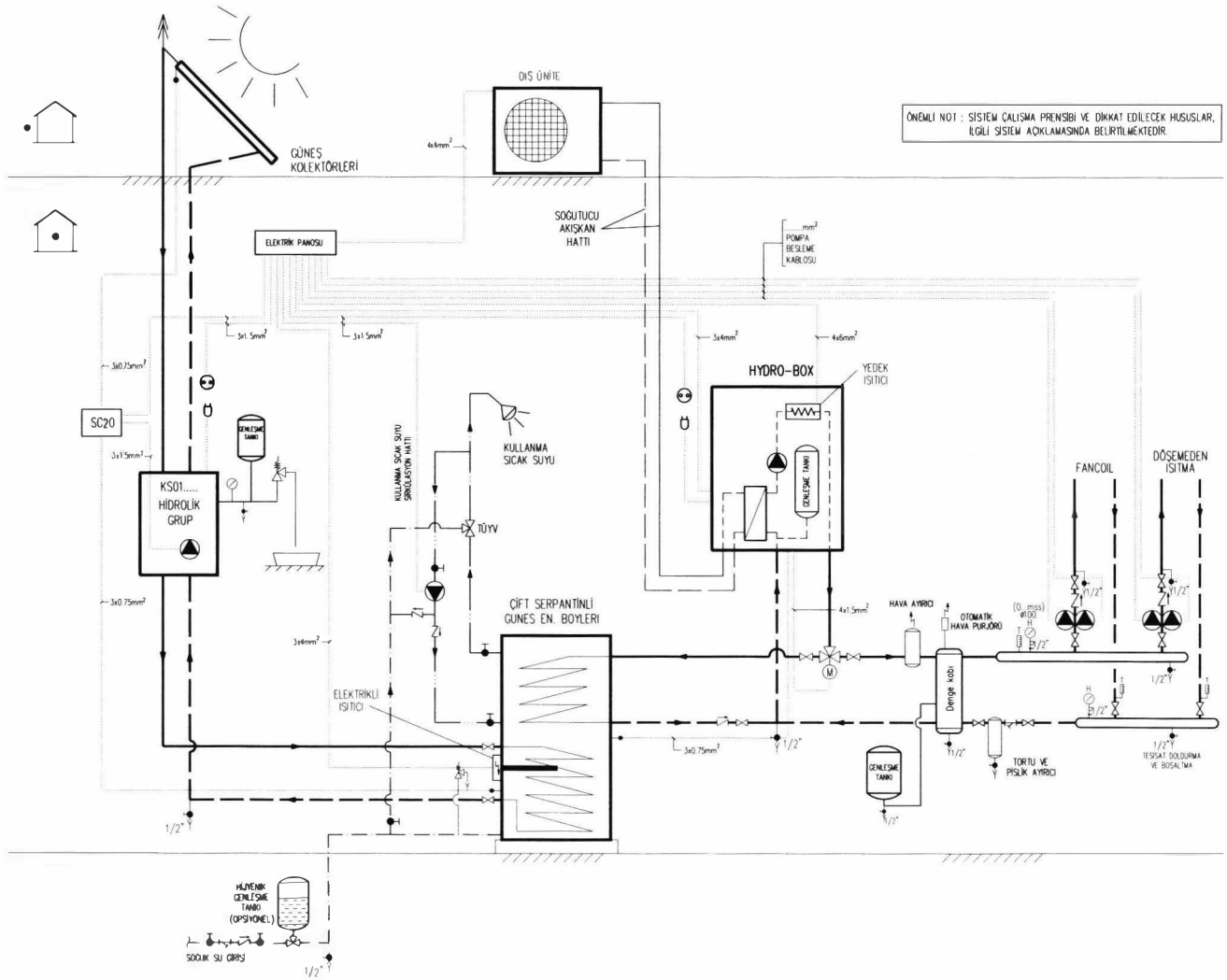
Şekil 3.183.

GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ (KULLANIM SICAK SUYU), İKİ BOYLERLİ HAVA KAYNAKLI ISI POMPASI SİSTEMİ TESİSAT ŞEMASI

Isıtma, soğutma ve yüksek kullanım sıcak suyu gereksinimleri bu tip bir ısı pompası sistemi ile karşılanabilmektedir. Öncelikle güneş enerjisi ile kullanım suyu ısıtılmakta, güneş enerjisinin yetersiz kaldığı durumlarda ısı pompası veya boyler elektrikli ısıtıcısı (3 kW) devreye girmektedir.
Inverter kompresör teknolojisi sayesinde, ısıtma işletiminde dış havaya, soğutmada anlık yüke ve oda (fancoil) bazında bağımsız kontrol yapılmasına bağlı olarak oluşan kısmi yüklerde, hassas sıcaklık kontrolü ve enerji ekonomisi sağlanmaktadır.
Isıtma ve soğutma işletimleri çalışma stratejileri ve tasarım ile ilgili notlar *Şekil 3.179.*'da verilmiştir.
Isı pompalarında en verimli işletim için, düşük çıkış suyu sıcaklıkları tercih edilmelidir. Kullanım suyu ısıtması söz konusu olduğunda, sistem yüksek çıkış suyu sıcaklıkları ve düşük verimle çalışmaktadır. Düşük verim ile kullanım suyu ısıtması yapmak yerine, tüm yıl boyunca sıcak su gereksiniminin ortalama %70'ini karşılayacak bir güneş enerjisi sistemi kullanmak daha doğru bir yaklaşımdır. Güneş enerjisi destekli ısı pompası sistemlerinde ön ısıtma boyler hacmi, güneş enerjisinden en yüksek fayda sağlayabilmek için büyük tutulmalıdır. Isıtma sezonunda güneş enerjisinin yetersiz olduğu ısı pompası kullanım suyu ısıtması için devreye girecektir. Özellikle soğutma işletiminin söz konusu olduğu yaz aylarında, güneş enerjisinden yüksek miktarda ısı eldesi ile ısı pompasının boylere çalışması büyük oranda engellenecektir.
Güneş enerjisi sistemi, tek serpantinli ön ısıtma boylerine bağlanır. Güneş enerjisi devresi, kolektör ve boyler su sıcaklıkları arasındaki farka göre (aç-kapa veya oransal olarak) kontrol edilmektedir. Güneş enerjisi devresinde oransal işletim sağlayan kumanda modülleri kullanımı ile enerjinin en verimli şekilde kullanım suyuna aktarılması sağlanır. Boylerler arası sirkülasyon pompası, güneş enerjisi boyler sıcaklığının, ısı pompası boyler sıcaklığından yüksek olduğu durumlarda devreye girerek hazırlanan sıcak suyun ısı pompası boylerine transferini sağlar. Böylece, ısı pompası boyleri yüksek sıcaklıkta kalır, ısı pompası ve elektrikli ısıtıcı (booster) desteği gereksinimi azalır. Güneş enerjisi boyleri ortalama sıcaklığı düştüğünden, kolektör devresi daha uzun süre devrede kalır ve güneşten alınabilecek fayda artar. İki boylerli sistemlerde, şebeke suyu bağlantısı güneş enerjisi boylerine yapılmalıdır.
Hydro-box iç ünite içerisinde bulunan yedek ısıtıcı (6 kW), ısıtma işletiminde denge sıcaklığının altında devreye girer. Boyler ısıtmasında yedek ısıtıcı devreye girmemektedir.

Notlar :

- Farklı çalışma sıcaklıklarına sahip devreler, borulardaki basınç kayıpları ve tesisat su hacmine bağlı olarak denge kabı ve ilave pompa kullanımı gerekebilir.
- Sistemde fancoiller, sadece soğutma amaçlı kullanılmaktadır. Soğutma işletiminde tesisatta gerçekleşecek yoğuşmayı önlemek için, fancoil devreleri mutlaka yalıtılmalıdır.
- Döşemeden ısıtma devresinde, oksijen bariyerli boru kullanılmalıdır.
- Sistemdeki üç yollu vananın gösterimi şekilseldir. Doğru uygulama için üç yollu vana giriş-çıkış yönlerine dikkat edilmelidir.
- Fancoil devrelerinde, su akışının dengelenebilmesi için cihaz giriş ve çıkışlarında kesme vanası (dönüşte debi ayarı yapılabilen) kullanılması tavsiye edilir.
- Odalarda (fancoillerde) bağımsız kontrolün üç yollu vana (ÜYV) ile yapılması tavsiye edilir. İki yollu vana kullanılması durumunda ise denge kaplı sistem ve frekans kontrollü pompa önerilir.
- Döşemeden ısıtma devrelerinde oda bazında sıcaklık kontrolü yapılacaksa, sistemde denge kabı ve frekans kontrollü pompa kullanılması önerilir. Islak hacimlerde sıcaklık kontrolü yapılmamalıdır.
- Kullanım suyu sirkülasyon hattı mevcut ise, sirkülasyon hatları çok iyi izole edilmeli, pompanın kesintili işletimi sağlanmalıdır.
- Altherma Hydrobox iç ünitelerde 10 litre genleşme tankı bulunmaktadır. Sistem su hacmine bağlı olarak, ilave genleşme tankı kullanımı gerekli olabilir.
- Spirovent tortu ve pislik ayırıcı kullanıldığı için, üç yollu vana, iki yollu vana ve Hydrobox iç ünite girişlerinde pislik tutucu kullanımına gerek kalmamıştır.
- Altherma iç ve dış ünite arası bakır borulamada sınır değerlere uyulmalı, Isısan yetkili servisleri tarafından montaj yapılmalıdır.



Şekil 3.184. GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ (KULLANIM SICAK SUYU), ÇİFT SERPANTİNLİ BOYLERLİ, HAVA KAYNAKLI ISI POMPASI SİSTEMİ TESİSAT ŞEMASI

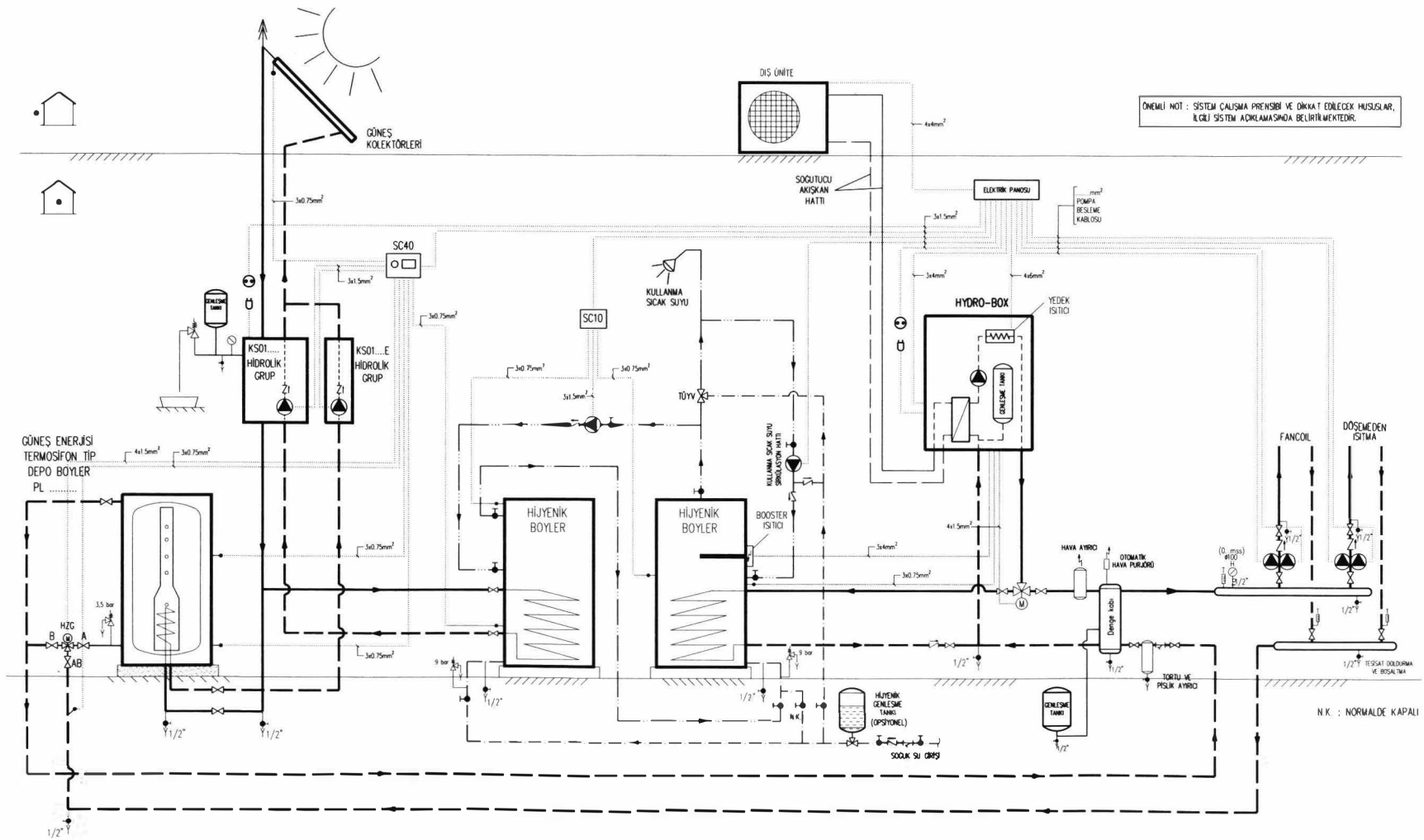
Şekil 3.184.

GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ (KULLANIM SICAK SUYU), ÇİFT SERPANTİNLİ BOYLERLİ, HAVA KAYNAKLI ISI POMPASI SİSTEMİ TESİSAT ŞEMASI

Isıtma, soğutma ve kullanım sıcak suyu gereksinimleri bu tip bir ısı pompası sistemi ile karşılanabilmektedir. Sistemde, gerek döşemeden ısıtma gerekse fancoil devresinde odalarda bağımsız sıcaklık kontrolü, iki yollu vanalar ve oda termostatları ile yapılmaktadır. Bu nedenle her iki devrede de frekans kontrollü pompa kullanılmıştır. Hidrolik denge, denge kabı ile sağlanmaktadır. Fancoil devresi sadece soğutma amaçlı kullanılmaktadır.
Kullanım suyu ısıtılmasında çift serpantinli boyler tercih edilmiştir. Çift serpantinli boylerin alt serpantini güneş enerjisi devresine, üst serpantin ısı pompasına bağlıdır. Kullanım suyu alt serpantin ile güneş devresinden ısıtılmakta, güneş enerjisinin yetersiz kaldığı durumlarda üst serpantin ile ısı pompası veya boyler elektrikli ısıtıcısı (3-9 kW) devreye girmektedir. Isı pompası çıkış suyu sıcaklığı en yüksek 55°C olduğundan, boyler üst serpantin ısıtma kapasitesi sınırlıdır. Boyler ısıtma süreleri ve pik tüketim durumları ayrıca incelenmelidir. Yüksek sıcak su tüketimi olan uygulamalarda iki boylerli sistem tavsiye edilmektedir.
Inverter kompresör teknolojisi sayesinde, ısıtma işletiminde dış havaya, soğutmada anlık yüke ve oda (fancoil) bazında bağımsız kontrol yapılmasına bağlı olarak oluşan kısmi yüklerde, hassas sıcaklık kontrolü ve enerji ekonomisi sağlanmaktadır. Çok düşük dış hava sıcaklıklarında bile (-20°C) sistem ısıtma işletimini sürdürebilmektedir. Şalt sayıları her türlü işletimde inverter kontrol ile en düşük seviyede tutulmaktadır.
Sistemdeki motorlu üç yollu vana ile ısıtma-soğutma devreleri, boyler devresinden ayrılır, gerektiğinde boyler işletimi için kullanım suyu önceliği sağlanır. Sistemde ısıtma devresi döşemeden ısıtma, soğutma devresi ise fancoil üniteleri ile tasarlanmıştır.
Isıtma işletiminde, döşemeden ısıtma pompası, soğutma işletiminde fancoil devre pompası çalışmaktadır. Her iki devre sirkülasyon pompaları, eş zamanlı çalışmamaktadır.
Sistem ısıtmada dış hava sıcaklığına bağlı olarak tanımlanabilir bir eğri ile çalışabilmektedir.
Soğutma işletiminde çıkış suyu sıcaklığı, seçilen fancoillerin tasarım sıcaklığına bağlı olarak, genellikle kullanıcı tarafından kumanda ünitesi üzerinden seçilmektedir. Soğutmada verimli bir işletim için fan-coil devresi tasarım sıcaklıklarının, klasik sistemlere göre yüksek seçilmesi önerilmektedir.
Boyler işletimi, gereksinime ve kullanım alışkanlıklarına bağlı programlanarak her sistemde farklı kontrol edilebilmektedir. Özellikle yaz işletiminde, iç mekan sıcaklık konforunun bozulmaması için, boyler kısmi yüklerin olduğu gece saatlerinde ısıtılacak şekilde programlanmalıdır. Isı pompalarında en verimli işletim için, düşük çıkış suyu sıcaklıkları tercih edilmektedir. Kullanım suyu ısıtması söz konusu olduğunda, sistem yüksek çıkış suyu sıcaklıkları ve düşük verimle çalışmaktadır. Düşük verim ile kullanım suyu ısıtması yapmak yerine, tüm yıl boyunca sıcak su gereksiniminin ortalama %70'ini karşılayabilecek bir güneş enerjisi sistemi kullanmak doğru bir yaklaşımdır. Güneş enerjisi destekli ısı pompası sistemlerinde boyler hacmi, güneş enerjisinden en yüksek fayda sağlayabilmek için büyük tutulmalıdır. Isıtma sezonunda güneş enerjisinin yetersiz olduğu durumlarda ısı pompası kullanım suyu ısıtması için devreye girecektir. Özellikle soğutma işletiminin söz konusu olduğu yaz aylarında, güneş enerjisinden ısı eldesi ile ısı pompasının boylere çalışması büyük oranda engellenecektir.
Güneş enerjisi sistemi, kolektör ve boyler su sıcaklıkları arasındaki farka göre (aç-kapa veya oransal olarak) kontrol edilmektedir. Güneş enerjisi devresinde oransal işletim sağlayan kumanda modülleri kullanımı ile enerjinin en verimli şekilde kullanım suyuna aktarılması sağlanır. Hydro-box iç ünite içerisinde bulunan yedek ısıtıcı (6 kW), ısıtma işletiminde denge sıcaklığının altında devreye girer. Boyler ısıtmasında yedek ısıtıcı devreye girmemektedir.

Notlar :

- Sistemde fancoiller, sadece soğutma amaçlı kullanılmaktadır. Soğutma işletiminde tesisatta gerçekleşecek yoğuşmayı önlemek için, fancoil devreleri mutlaka yalıtılmalıdır.
- Sistemdeki üç yollu vananın gösterimi şekilseldir. Doğru uygulama için üç yollu vana giriş-çıkış yönlerine dikkat edilmelidir.
- Fancoil devrelerinde, su akışının dengelenebilmesi için cihaz giriş ve çıkışlarında kesme vanası (dönüşte debi ayarı yapılabilen) kullanılması tavsiye edilir.
- Odalarda (fancoillerde) bağımsız kontrol, iki yollu vanalar (İYV) ile yapılmıştır.
- Döşemeden ısıtma devresinde, oksijen bariyerli boru kullanılmalıdır.
- Döşemeden ısıtma devrelerinde oda bazında sıcaklık kontrolü iki yollu vanalar (İYV) ile yapılmıştır.
- Tesisat sirkülasyon pompaları, oda bazında İYV kullanımına bağlı olarak frekans kontrollü tercih edilmiştir.
- Kullanım suyu sirkülasyon hattı mevcut ise, sirkülasyon hatları çok iyi izole edilmeli, pompanın kesintili işletimi sağlanmalıdır.
- Altherma Hydrobox iç ünitelerde 10 litre genleşme tankı bulunmaktadır. Sistem su hacmi göz önünde bulundurularak, ilave genleşme tankı kullanılmıştır.
- Spirovent tortu ve pislik ayırıcı kullanıldığı için, üç yollu vana, iki yollu vana ve Hydrobox iç ünite girişlerinde pislik tutucu kullanımına gerek kalmamıştır.
- Altherma iç ve dış ünite arası bakır borulamada sınır değerlere uyulmalı, Isısan yetkili servisleri tarafından montaj yapılmalıdır.



Şekil 3.185. GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ (ISITMA VE KULLANIM SICAK SUYU), HAVA KAYNAKLI ISI POMPASI SİSTEMİ TESİSAT ŞEMASI

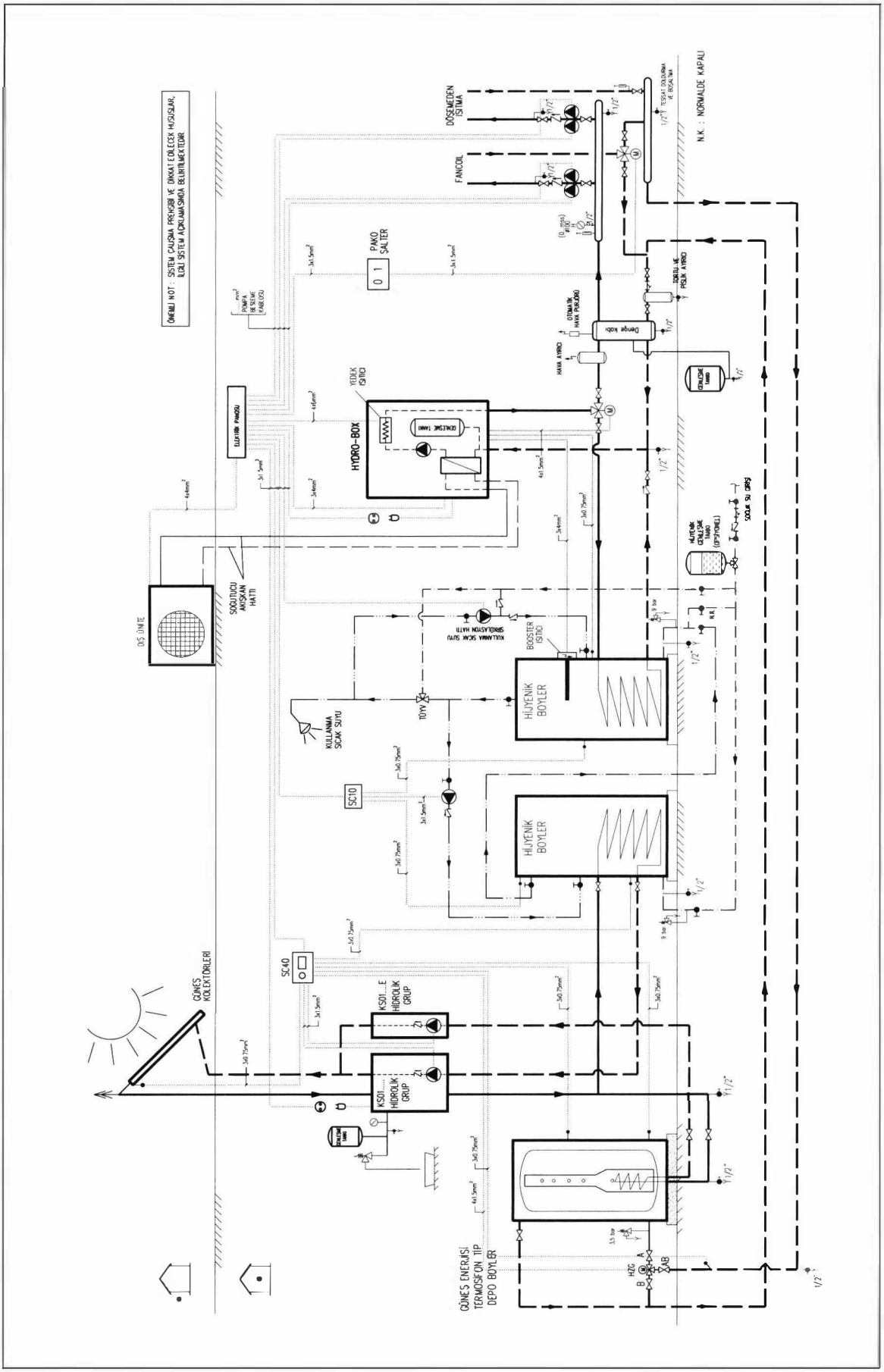
Şekil 3.185.

GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ (ISITMA VE KULLANIM SICAK SUYU), HAVA KAYNAKLI ISI POMPASI SİSTEMİ TESİSAT ŞEMASI

Isıtma, soğutma ve yüksek kullanım sıcak suyu gereksinimleri, bu tip bir ısı pompası uygulamasında güneş enerjisi sistemlerinden faydalanılarak yüksek verimle karşılanabilmektedir.
Güneş enerjisi, kullanım suyu ısıtmasında ve düşük sıcaklıklı ısıtma sisteminin desteklenmesinde kullanılmaktadır. Güneş enerjisi ile kullanım suyu ısıtılmakta, güneş enerjisinin yetersiz kaldığı durumlarda ısı pompası veya boyler elektrikli ısıtıcısı (3 kW) devreye girmektedir.
Sistemdeki motorlu üç yollu vana ile ısıtma-soğutma devreleri, boyler devresinden ayrılır, gerektiğinde boyler işletimi için kullanım suyu önceliği sağlanır. Sistemde ısıtma devresi döşemeden ısıtma, soğutma devresi ise fancoil üniteleri ile tasarlanmıştır.
Isıtma işletiminde döşemeden ısıtma pompası, soğutma işletiminde fancoil devre pompası çalışmaktadır. Her iki devre sirkülasyon pompaları, eş zamanlı çalışmamaktadır.
Sistem ısıtmada dış hava sıcaklığına bağlı olarak tanımlanabilir bir eğri ile çalışabilmektedir.
Soğutma işletiminde çıkış suyu sıcaklığı, seçilen fancoillerin tasarım sıcaklığına bağlı olarak, genellikle kullanıcı tarafından kumanda ünitesi üzerinden seçilmektedir. Soğutmada verimli bir işletim için fancoil devresi tasarım sıcaklıklarının, klasik sistemlere göre yüksek seçilmesi önerilmektedir.
Isıtma işletiminde güneş enerjisinden fayda sağlayabilmek için, güneş enerjisi sisteminde büyük hacimli özel termosifon tip depo boyler kullanılmaktadır. Kışın ısıtma desteği yapılacağı için kolektör adedi artırılmıştır. Yazın kolektörlerden elde edilecek ısının sıcak su ihtiyacının çok üzerinde olması ihtimali ve atıl kapasite durumu kolektör adedinin belirlenmesinde dikkate alınmalıdır. Isıtma desteği, tesisat dönüş suyu sıcaklığının, depo boyler sıcaklığı ile karşılaştırılması prensibine dayanır. Depo boylerdeki su sıcaklığı, tesisat dönüş suyu sıcaklığından yüksek ise, tesisat dönüş suyu HZG üç yollu vana üzerinden depo boylere girer. Depo boylerin üst kısmındaki sıcak su, denge kabı üzerinden ısı pompası dönüşüne yönlendirilir. Bu sayede ısı pompasında daha düşük gidiş-dönüş sıcaklık farkı sağlanmasından dolayı, inverter kompresör devri otomatik olarak azalır. Enerji tasarrufu sağlanır. Tesisat dönüş sıcaklığı, depo boyler sıcaklığından yüksek ise, tesisat dönüşü doğrudan ısı pompasına geri döner. Özellikle geçiş mevsimlerinde dış hava sıcaklığı nispeten yüksek olduğu için ısıtma devresinde ihtiyaç duyulan sıcaklıklar düşüktür. Dönüş suyu sıcaklığının düşük olması ve mevsime bağlı olarak depo boyler sıcaklığının yüksek olması, bu tip sistemlerin geçiş mevsimlerinde çok yüksek verimle çalışmasını sağlar.
Hydrobox iç ünite içerisinde bulunan yedek ısıtıcı (6 kW), ısıtma işletiminde denge sıcaklığının altında devreye girer. Boyler ısıtmasında yedek ısıtıcı devreye girmemektedir.

Notlar :

- Sistemde fancoiller, sadece soğutma amaçlı kullanılmaktadır. Soğutma işletiminde tesisatta gerçekleşecek yoğuşmayı önlemek için, fancoil devreleri mutlaka yalıtılmalıdır.
- Döşemeden ısıtma devresinde, oksijen bariyerli boru kullanılmalıdır.
- Sistemdeki üç yollu vananın gösterimi şekilseldir. Doğru uygulama için üç yollu vana giriş-çıkış yönlerine dikkat edilmelidir.
- Fancoil devrelerinde, su akışının dengelenebilmesi için cihaz giriş ve çıkışlarında kesme vanası (dönüşte debi ayarı yapılabilen) kullanılması tavsiye edilir.
- Odalarda (fancoillerde) bağımsız kontrol iki yollu vanalar (İYV) ile yapılmaktadır.
- Döşemeden ısıtma devrelerinde oda bazında sıcaklık kontrolü iki yollu vanalar (İYV) ile yapılmaktadır.
- Tesisat sirkülasyon pompaları, oda bazında İYV kullanımına bağlı olarak frekans kontrollü tercih edilmiştir.
- Kullanım suyu sirkülasyon hattı mevcut ise, sirkülasyon hatları çok iyi izole edilmeli, pompanın kesintili işletimi sağlanmalıdır.
- Altherma Hydrobox iç ünitelerde 10 litre genleşme tankı bulunmaktadır. Sistem su hacmine bağlı olarak ilave genleşme tankı kullanılmıştır.
- Güneş enerjisi ile ısıtma desteği yapılan sistemlerde, depo boyler su hacmi genleşme tankı hesaplarında dikkate alınmalıdır.
- Altherma iç ve dış ünite arası bakır borulamada sınır değerlere uyulmalı, Isısan yetkili servisleri tarafından montaj yapılmalıdır.



Şekil 3.186. GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ (ISITMA VE KULLANIM SICAK SUYU), FANCOİL DEVRESİNİN MANUEL OLARAK ISITMAYA ÇALIŞABİLDİĞİ, HAVA KAYNAKLI ISI POMPASI SİSTEMİ TESİSAT ŞEMASI

Şekil 3.186.

GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ (ISITMA VE KULLANIM SICAK SUYU), FANCOİL DEVRESİNİN MANUEL OLARAK ISITMAYA ÇALIŞABİLDİĞİ, HAVA KAYNAKLI ISI POMPASI SİSTEMİ TESİSAT ŞEMASI

Özellikle hafta sonu evlerinde, ısıtma, soğutma ve yüksek kullanım sıcak suyu gereksinimleri, bu tip bir ısı pompası uygulamasında güneş enerjisi sistemlerinden faydalanılarak yüksek verimle karşılanabilmektedir.
Güneş enerjisi, kullanım suyu ısıtmasında ve düşük sıcaklıklı ısıtma sisteminin desteklenmesinde kullanılmaktadır. Güneş enerjisi ile kullanım suyu ısıtılmakta, güneş enerjisinin yetersiz kaldığı durumlarda ısı pompası veya boyler elektrikli ısıtıcısı (3 kw) devreye girmektedir.
Isıtma ve soğutma işletimlerinin denge kaplı sistemde çalışma stratejileri ve tasarım ile ilgili notlar için *Şekil 3.180*'de verilmiştir. Kullanım suyu ısıtmasında iki boyler çalışma prensibi *Şekil 3.183*'de anlatılmıştır. Bunlara ek olarak, kullanıcı tarafından elle (pako şalter) kontrol edilebilen bir acil durum ısıtma işletimi tasarlanmıştır. Normal şartlarda ısıtma döşemeden, soğutma fancoil üniteleri ile yapılmaktadır. Hafta sonu evleri gibi sürekli ısıtma yapılmayan, ancak döşemeden ısıtma konforunun talep edildiği uygulamalarda, evde kullanım başladığı anda hızlı ısıtma için fancoillerin kullanımı, konfor şartlarına kısa sürede ulaşılmasını mümkün kılmaktadır. Mevsim geçişlerindeki kısa süreli ısıtma gereksiniminde fancoil devresinin ısıtma amaçlı kullanımı, işletimi kolaylaştırmaktadır.
Isıtma işletiminde güneş enerjisinden fayda sağlayabilmek için, güneş enerjisi sisteminde büyük hacimli özel termosifon tip depo boyler kullanılmaktadır. Kışın ısıtma desteği yapılacağı için kolektör adedi artırılmıştır. Yazın kolektörlerden elde edilecek ısının sıcak su ihtiyacının çok üzerinde olması ihtimali ve atıl kapasite durumu kolektör adedinin belirlenmesinde dikkate alınmalıdır. Isıtma desteği, tesisat dönüş suyu sıcaklığının depo boyler sıcaklığı ile karşılaştırılması prensibine dayanır. Depo boylerdeki su sıcaklığı, tesisat dönüş sıcaklığından yüksek ise, tesisat dönüş suyu HZG üç yollu vana üzerinden depo boylere girer. Depo boylerin üst kısmındaki sıcak su denge kabı üzerinden ısı pompası dönüşüne yönlendirilir. Bu sayede ısı pompası daha düşük gidiş-dönüş sıcaklık farkı sağlanmasından dolayı, inverter kompresör devri otomatik olarak azalır. Enerji tasarrufu sağlanır. Tesisat dönüş sıcaklığı, depo boyler sıcaklığından yüksek ise, tesisat dönüşü doğrudan ısı pompasına geri döner. Özellikle geçiş mevsimlerinde dış hava sıcaklığının nispeten yüksek olduğu için ısıtma devresinde ihtiyaç duyulan sıcaklıklar düşüktür. Dönüş suyu sıcaklığının düşük olması ve mevsime bağlı olarak depo boyler sıcaklığının yüksek olması, bu tip sistemlerin geçiş mevsimlerinde çok yüksek verimle çalışmasını sağlar. Fancoil devresi ile kısa süreli ısıtmanın yapıldığı durumlarda da güneş enerjisi desteği alabilmek için manuel olarak kontrol edilen bir üç yollu vana (ÜYV) sisteme eklenmiştir. Yaz işletiminde fancoil dönüş hattını doğrudan ısı pompasına yönlendiren ÜYV, ısıtma işletiminde fancoil devresi kullanılıyorken dönüş suyunu depo boyler üzerinden ısı pompasına yönlendirmektedir. Fancoil ile ısıtma işletimi sırasında çalışma sıcaklıkları mümkün olduğunca düşük ayarlanmalı, ısı pompası işletim verimliliği göz önünde bulundurulmalıdır.
Hydrobox iç ünite içerisinde bulunan yedek ısıtıcı (6 kw), ısıtma işletiminde denge sıcaklığının altında devreye girer. Boyler ısıtmasında yedek ısıtıcı devreye girmemektedir.

Notlar :

- Sistemde fancoiller, temel olarak soğutma amaçlı kullanılmaktadır. Soğutma işletiminde tesisatta gerçekleşecek yoğuşmayı önlemek için, fancoil devreleri mutlaka yalıtılmalıdır.
- Geçiş mevsimleri gibi kısa süreli veya ani ısıtma ihtiyacı olan durumlarda (hafta sonu evleri) fancoil devresinden faydalanmak mümkündür.
- Sistemdeki üç yollu vanaların gösterimi şekilseldir. Doğru uygulama için üç yollu vana giriş-çıkış yönlerine dikkat edilmelidir.
- Döşemeden ısıtma devresinde, oksijen bariyerli boru kullanılmalıdır.
- Fancoil devrelerinde, su akışının dengelenebilmesi için cihaz giriş ve çıkışlarında kesme vanası (dönüşte debi ayarı yapılabilen) kullanılması tavsiye edilir.
- Odalarda (fancoillerde) bağımsız kontrol iki yollu vanalar (İYV) ile yapılmaktadır.
- Döşemeden ısıtma devrelerinde oda bazında sıcaklık kontrolü iki yollu vanalar (İYV) ile yapılmaktadır.
- Tesisat sirkülasyon pompaları, oda bazında İYV kullanımına bağlı olarak frekans kontrollü tercih edilmiştir.
- Kullanım suyu sirkülasyon hattı mevcut ise, sirkülasyon hatları çok iyi izole edilmeli, pompanın kesintili işletimi sağlanmalıdır.
- Altherma Hydrobox iç ünitelerde 10 litre genleşme tankı bulunmaktadır. Sistem su hacmine bağlı olarak ilave genleşme tankı kullanılmıştır.
- Güneş enerjisi ile ısıtma desteği yapılan sistemlerde, depo boyler su hacmi genleşme tankı hesaplarında dikkate alınmalıdır.
- Altherma iç ve dış ünite arası bakır borulamada sınır değerlere uyulmalı, Isısan yetkili servisleri tarafından montaj yapılmalıdır.

3.6. SU KAYNAKLI ISI POMPALARI

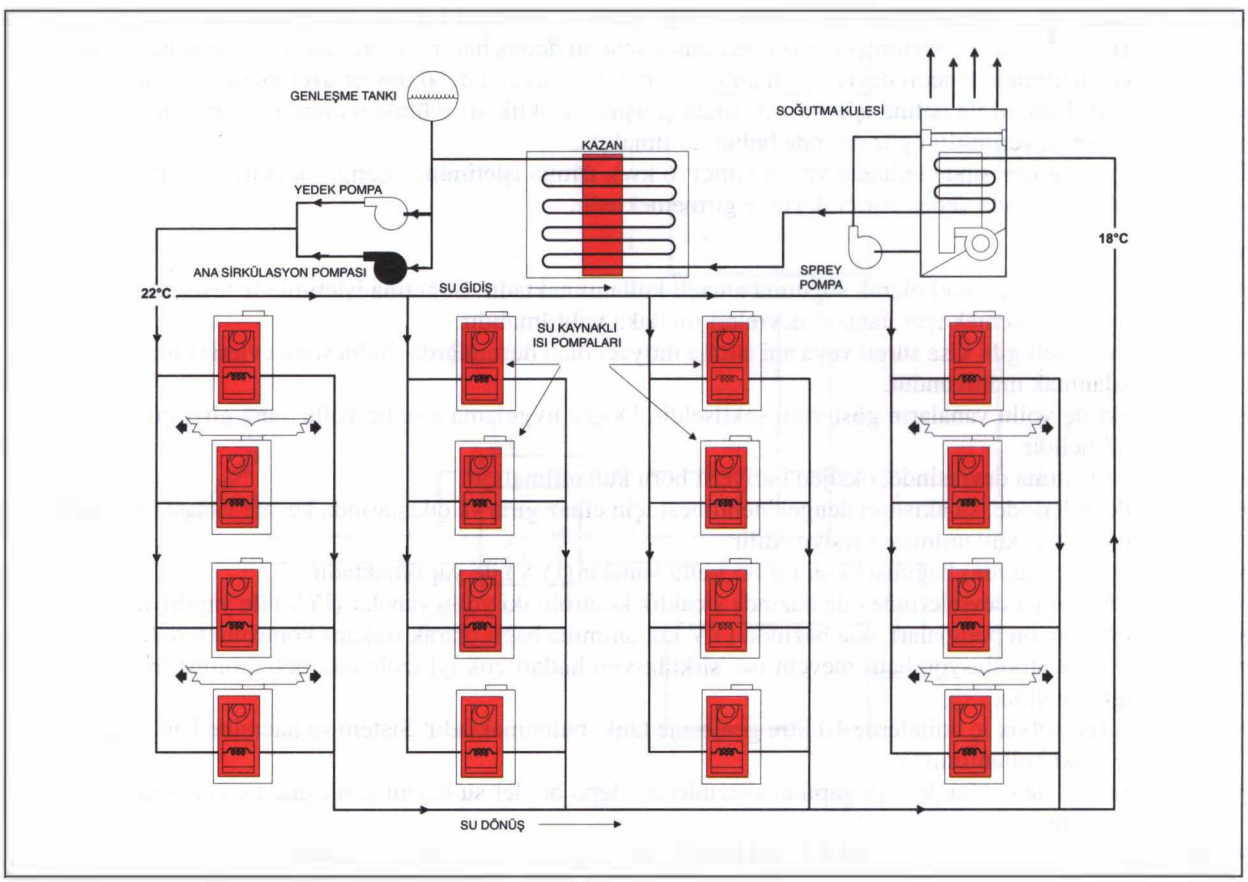
Su kaynaklı ısı pompaları, kaynak tarafında dikey veya yatay toprak ısı değiştiricileri, açık devre plakalı eşanjörlü yer altı/yüzey suları veya kule/kazan destekli uygulamalar ile farklı tasarım çözümleri sunarlar. Kaynak tarafından sağlanan enerji, yük tarafında su veya havaya aktarılır. Bu nedenle su kaynaklı ısı pompaları yük tarafına göre incelendiğinde "sudan havaya" veya "sudan suya" olarak iki gruba ayrılırlar. Su kaynaklı ısı pompası denildiğinde, genel bir kanı olarak, sudan havaya cihazlar algılanmakta ve kullanılmaktır. Bu bölümde ağırlıklı olarak sudan havaya ısı pompası sistemleri ele alınacaktır.

3.6.1. SU KAYNAKLI ISI POMPASI SİSTEMİNE GENEL BAKIŞ

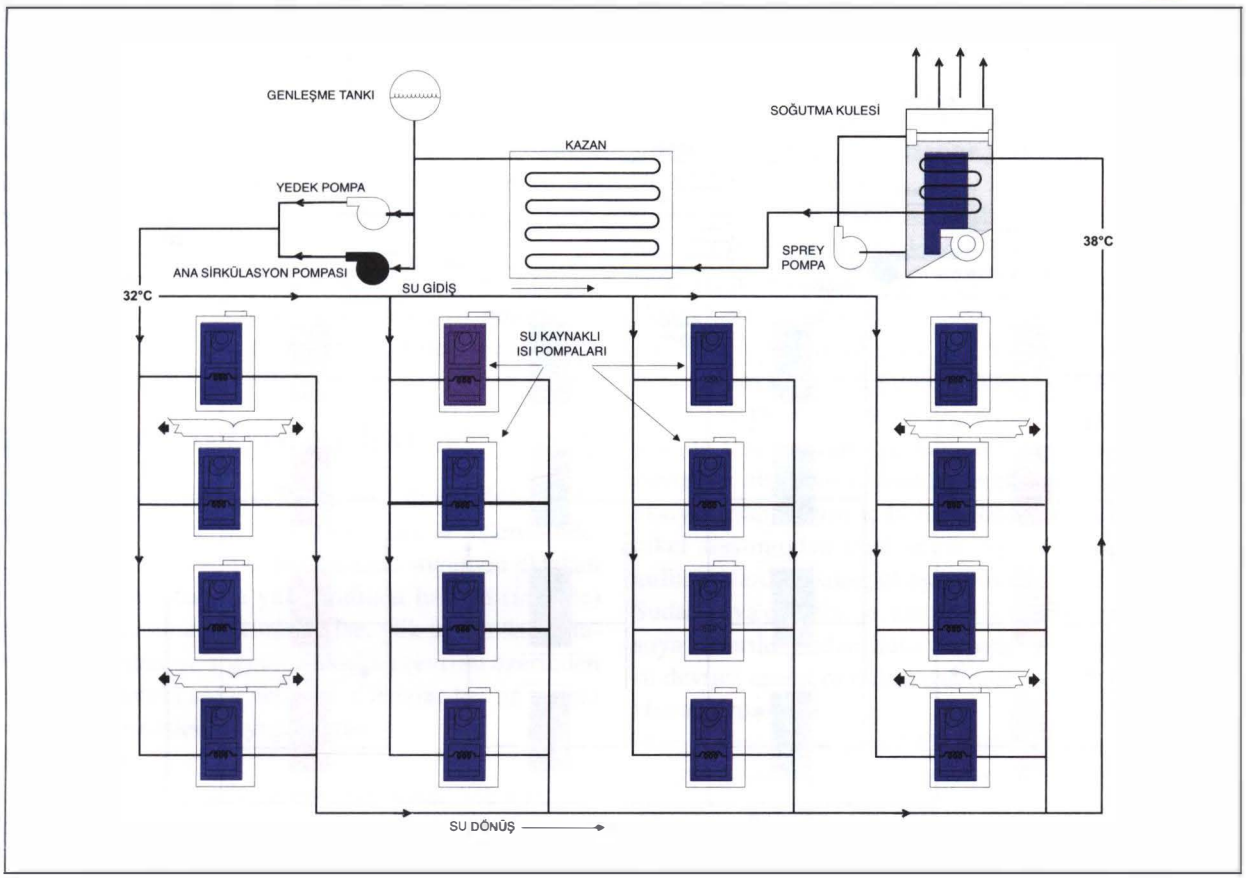
Binalardaki enerji gereksiniminin çok büyük bir kısmını HVAC sistemlerinin işletim maliyetleri oluşturmaktadır. Her türlü sistem seçiminde bir çok kriterin yanı sıra, sistemin yıllık işletme maliyeti çok önemli bir kriter olarak öne çıkmaktadır.

Su kaynaklı ısı pompası sistemi, içerisindeki su sıcaklığının yıl boyunca 15-35°C aralığında olduğu, iki borulu kapalı bir su devresi ve bu devreye bağlı ısı pompası cihazlarından oluşur. Bu sistem, binanın tüm ısıtma ve soğutma gereksinimini karşılar. Isı pompaları, ısıtma sezonunda, çevrimdeki sudan ısı çekerken, soğutma gereksinimlerinde ortamdan çektikleri ısıyı, çevrime geri atarlar. Kapalı devre boru sistemindeki su sıcaklıklarının, soğutma döneminde yaklaşık 30°C, ısıtma döneminde ise 20°C mertebelerinde olması, borularda yalıtım yapma gereksinimini ortadan kaldırmaktadır. Binanın ısıtma gereksiniminin, soğutma gereksiniminden büyük olduğu durumlarda çevrimdeki suyun sıcaklığı düşeceğinden, merkezi bir ısı üreteci (yer tipi kazan veya tercihen kaskad sistem) ile sıcaklık yükseltilir. Soğutma gereksinimi olduğu durumlarda ise, bir soğutma kulesi yardımıyla çevrimdeki su sıcaklığı düşürülür. Kapalı çevrimdeki su, hem ısı kaynağı hem de ısının atılacağı bir ısı deposu görevi görür. Isı pompaları, eş zamanlı ısıtma ve soğutma gereksiniminin olduğu durumlarda, çoğu zaman başka bir enerji kaynağına gerek duyulmadan, su devresi üzerinden ısı geri kazanımı sağlayarak çalışırlar. Bu işletim, sistemin en verimli çalışma durumudur. Sistemde aynı kapalı çevrimi, kule ve kazan yerine toprak ısı değiştiricilerine entegre ederek çalıştırmak, çevre ısısı kullanımından dolayı, primer enerji tüketimini en aza indirmeyi mümkün kılar.

Şekil 3.187.A.'da tüm cihazlar ısıtma yapmaktadır. Su devresi sıcaklığı, tasarım devresi sıcaklığının (15-20°C) altına düştüğünde kazan devreye girer. Isıt-



Şekil 3.187.A SU KAYNAKLI ISI POMPASI ÇALIŞMA ÖRNEKLERİ



Şekil 3.187.B SU KAYNAKLI ISI POMPASI ÇALIŞMA ÖRNEKLERİ

ma işletiminde, soğutma yapan cihazlar devreye girdiğinde kazan yükü azalır. Klasik sistemlere göre su kaynaklı ısı pompası sistemlerinde, kazan kapasiteleri %25 - %30 mertebelerinde daha düşük olabilir.

Şekil 3.187.B'de tüm cihazlar soğutma yapmaktadır. Su devresi sıcaklığı tasarım devresi sıcaklığının (30-35°C) üzerine çıktığında soğutma kulesi devreye girer.

Şekil 3.187.C'de çekirdek zonlarda, insanlar, ekipmanlar, aydınlatmalar vb nedenlerle yüksek ısı kazancı ve daimi soğutma yükü olabilir. Soğutma yapan cihazlar, ortamdan çektikleri ısının yanı sıra kompresör ısısını da çevrime atarlar. Bu sebeple, çevre zonların tüm ısıtma yükü, daha düşük yükte soğutma yapan çekirdek zonlardaki cihazlardan karşılanabilir.

Ticari uygulamalarda, su kaynaklı ısı pompaları, klasik ısıtma soğutma sistemleri ile karşılaştırıldığında çok sayıda avantajı beraberinde getirmektedir.

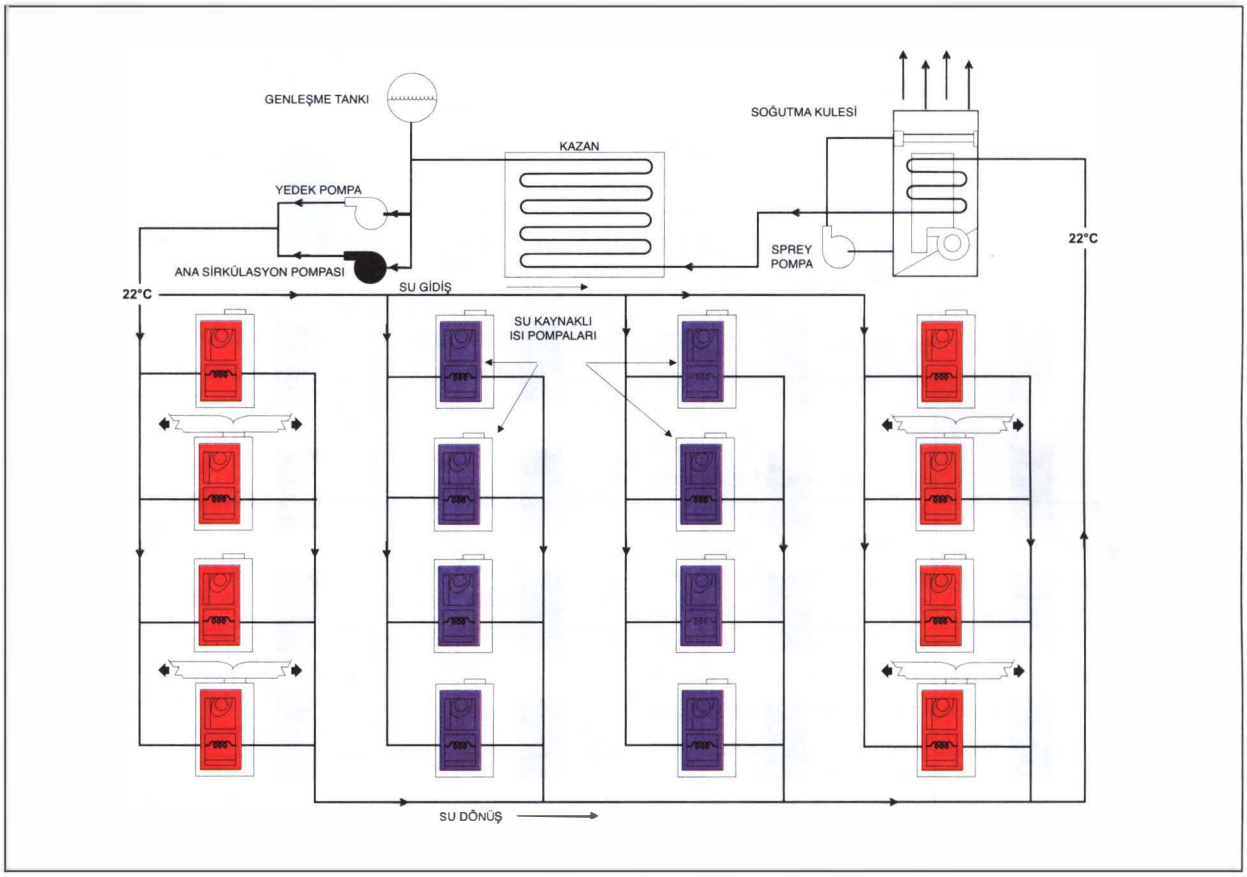
Merkezi kazan/chiller ile tasarlanmış tam havalı veya sulu klasik ısıtma/soğutma sistemleri, sabit sistem yüklerinde tasarım şartlarına uygun ve düşük sistem kayıpları ile çalışabilmektedir. Ancak artan konfor beklentileri, sistemlerde ihtiyaç duyulan kullanım esnekliği ve işletimde enerji maliyetleri dikkate alındığında, daha esnek ve kısmi yüklerde çok daha verimli sistem tasarımlarına gereksinim duyulmaktadır. Bu gereksinim, birçok uygulamada doğru tasarlanmış su kaynaklı ısı pompası sistemleri ile farklı uygulama alanlarında rahatlıkla karşılanabilmektedir.

Ticari uygulamalarda, ofis binaları gibi kullanıcıya bağlı farklı çalışma saatlerinin ve değişken ısıtma/soğutma taleplerinin olduğu durumlarda, sistem esnekliği çok büyük önem taşımaktadır. Tek bir mahal veya zon için tüm ısıtma/soğutma sistemini devrede tutmanın getireceği maliyetler tasarımda dikkate alınmalıdır.

Su kaynaklı ısı pompaları, tesisatlarda zonlamaya gerek duymadan, bitişik mahallerde ısıtma/soğutma işletimi için bağımsız kontrol imkanı sağlamaktadır. Merkezi sistemler bu açıdan istenen konforu çoğu zaman sağlayamamaktadır. Dört borulu fancoil sistemlerinde kazan, chiller ve bunlara bağlı tesisat devrelerinin çalışma sıcaklığında bekletilmesi ile sağlanabilen konfor, çok yüksek işletme maliyetlerine sebep olacaktır.

Çok düşük sistem yüklerinde, su devresinden çekilen veya devreye atılan ısı, bina ve su devresinin iç ısısı sayesinde herhangi bir destek (kule/kazan vb) olmadan, sistem tarafından dengelenebilmektedir. Bina içerisinde istenen mahalde ısıtma veya soğutma yapılabilir hatta cihaz tamamen kapatılabilir.

Sistem verimliliği açısından incelendiğinde, su kaynaklı ısı pompası sistemleri, eş zamanlı ısıtma ve soğutma işletiminde enerji geri kazanımı sağlarlar. Mekanik tesisatlarda, suyun taşınma maliyeti, havanın taşınma



Şekil 3.187.C SU KAYNAKLI ISI POMPASI ÇALIŞMA ÖRNEKLERİ

maliyetinden her zaman daha düşüktür. Özellikle uzun taşıma hatlarının olduğu projelerde bu konu önemli bir tasarım kriteridir. Su kaynaklı ısı pompası sistemleri, suyun taşınması temeline dayalı tasarlanan sistemlerdir. Havanın taşınması, sadece mahal (cihaz) bazında gerçekleşmektedir. Isı pompaları, özellikle uygun su devresi tasarım sıcaklıklarında, cihaz bazında çok yüksek etkinlik katsayıları ile çalışmaktadırlar. Kule/kazan sistemlerinde genellikle ısıtmada 4,9 COP, soğutmada 4,2 EER değerlerine ulaşılmaktadır. Kısmi yüklerde sistem verimi çok yüksektir. Ortam sıcaklığına yakın su devresi sıcaklıkları sayesinde, yalıtım olmamasına rağmen, boru devrelerindeki ısı kayıpları en düşük seviyelerdedir. Alışveriş merkezleri, ofis binaları gibi birden fazla kullanıcılı tesislerde, cihaz bazında (mahal bazında) bağımsız kontrolün olması, enerji tüketiminin kolay ölçülebilmesi ve kolay maliyet paylaşımı, kullanıcıları tasarruflu kullanıma yöneltmektedir.

İlk yatırımda, sistemin iki borulu tasarımı ve yalıtım gerektirmeyen işletim sıcaklıkları, kanal tasarımının cihaz bazında yapılması ve merkezi havalandırma hatlarının sadece taze hava için tasarlanması, imalat maliyetlerini düşürmektedir. Geniş ürün aralığı sayesinde, her mahalin ısıtma/soğutma gereksinimine uygun cihaz seçimi yapılabilir. Mahal bazında işletimi ve devreye alınması yapılan yeni ticari binalarda, kullanıma açılmamış bölümlerin cihazları, daha sonra sisteme eklenebilir. Böylece ilk yatırım süreci, binanın tamamlanma ve kullanıma girme sürecine yayılır. Özel durumlarda cihaz alımı kiracılara da bırakılabilir.

Yer gereksinimi, ısı pompalarının mahallerde genellikle tavana monte edilmesinden dolayı çok düşüktür. Yatık tip, dik tip, konsol ve çatı tipi cihaz seçenekleri sayesinde, bina içinde ve dışında istenilen çoğu yere yerleştirilebilir. Mahallerde kullanılabilir alan kaybı yoktur. Taze havanın merkezi olarak şartlandırılması ve hava kanalları ile dağıtımının gerektiği durumlarda, kanallar için az da olsa şaft ihtiyacı olabilir. Kullanılan kule ve kazan kapasiteleri, ısı geri kazanımı ve diversite kullanımından dolayı azalmaktadır. Böylece mekanik oda ve diğer alan gereksinimleri azalır. Soğutmada chiller benzeri bir cihaz için yer gereksinimi yoktur.

Sistem revizyonlarında, yeni cihaz eklenmesi, kapasite değişimi dolayısı ile cihaz değişimi kolaylıkla yapılabilmektedir. Sistem devre dışı bırakılmadan, sadece değişim yapılacak mahalde tadilat mümkündür.

Zon kontrolü için ilave yatırım, yeni sistem tasarımı gerekmemektedir. Su kaynaklı ısı pompaları, çalışma mantığından dolayı cihaz bazında kontrol edilebilmekte ve zon mantığı esnek olarak uygulanabilmektedir.

İşletim, her cihaz termostat ile basit şekilde kontrol edilebilmektedir. Bina otomasyonuna bağlantı imkanı vardır. Gerekli görüldüğünde tüm cihazlar bina otomasyonu tarafından kontrol edilebilir ve sınırlandırılabilir. Bir cihazın bakım veya servis işlemleri, sistem durdurulmadan yapılabilir. Cihaz bakımı basit ve düşük maliyetlidir. Cihaz ömrü ASHRAE yayınlarında 19 yıl olarak genellenmiştir.

Bundan sonraki bölümlerde, su kaynaklı ısı pompası sistemi bileşenleri olan, su kaynaklı ısı pompaları, soğutma kuleleri, kazanlar, kapalı su devresi ve diğer sistem bileşenleri incelenecektir.

3.6.2. SU KAYNAKLI ISI POMPALARI

3.6.2.1. Su Kaynaklı Isı Pompası Cihaz Bileşenleri

Sudan havaya ısı pompalarının ısıtma işletiminde, kaynak devresindeki ısı, her cihazda soğutucu akışkan çevrimine, buradan da yük tarafında havaya (mahale) aktarılır. Soğutma işletiminde ise, yük tarafından (mahalden) çekilen ısı, soğutucu akışkan çevrimi üzerinden kapalı devredeki suya aktarılır. Cihazlar her an ısıtma veya soğutma işletimi yapabilirler.

Kompresör

Su kaynaklı ısı pompalarında genellikle 2-3 kW gibi düşük cihaz kapasitelerinde rotary, 12-15 kW aralığında pistonlu ve daha büyük kapasitelerde scroll kompresörler kullanılmaktadır. 30 kW ve üzeri cihaz kapasitelerinde kademe kontrolü yaparak verimi arttırmak için, birden fazla scroll kompresör tercih edilmektedir. Ayrıca kompresör, ses düzeyini en aza indirmek için yay izolasyonu (pistonlu kompresörler için) ve kauçuk titreşim sönümleyiciler üzerine yerleştirilir.

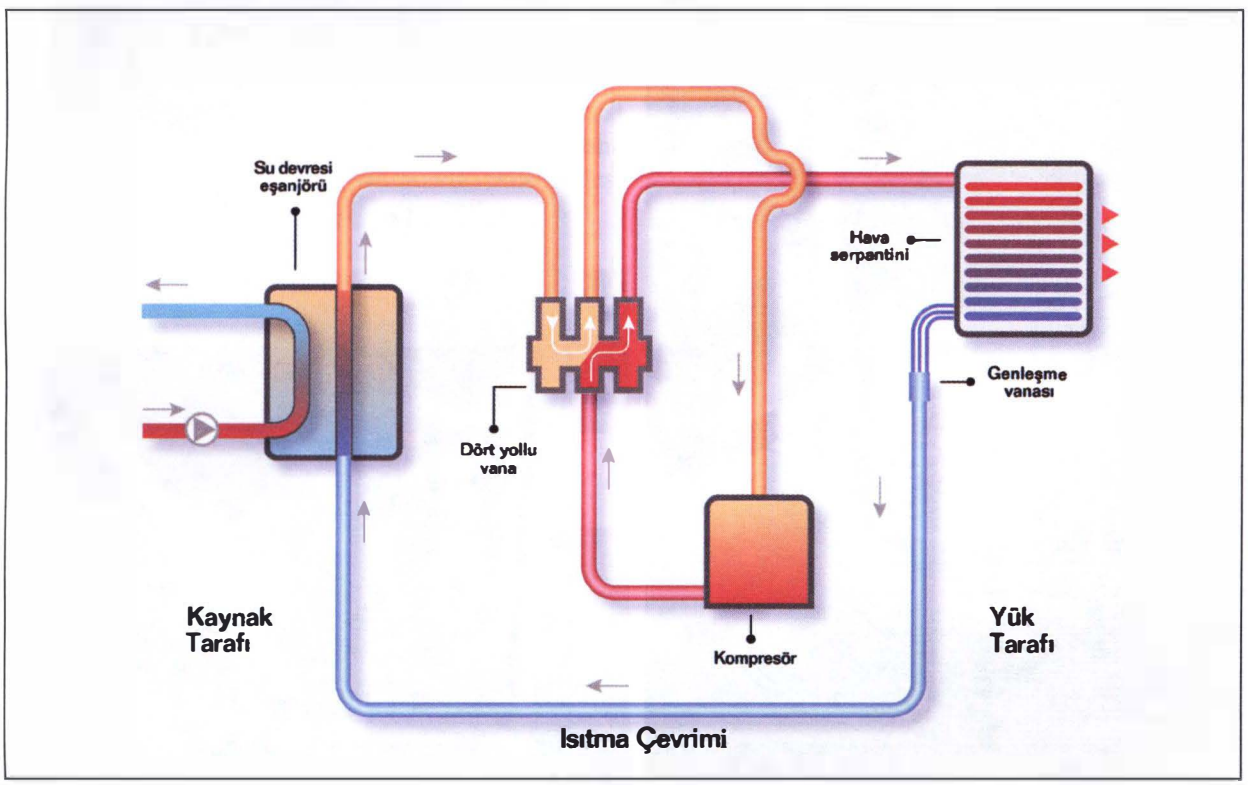
Su devresi eşanjörü

Su kaynaklı ısı pompalarında plakalı tip eşanjörler genellikle tercih edilmemektedir. Bunların yerine düşük su devresi sıcaklıklarında, donma riski düşük olan koaksiyel eşanjörler kullanılmaktadır. Koaksiyel eşanjörler, bakır iç boru ve çelik dış borunun kıvrılması ile oluşturulmuş olup soğutucu akışkan tarafında en az 40 bar, su tarafında ise en az 26 bar basınçta çalışacak şekilde tasarlanırlar. Su kaynaklı ısı pompaları, açık devre yer altı suyu kaynaklı olarak kullanılıyor ise koaksiyel eşanjörlerin iç borusu, opsiyonel olarak bakır-nikel alaşımından imal edilir. Ayrıca toprak kaynaklı kullanımlarda koaksiyel eşanjörler yalıtımlı olmalıdır.

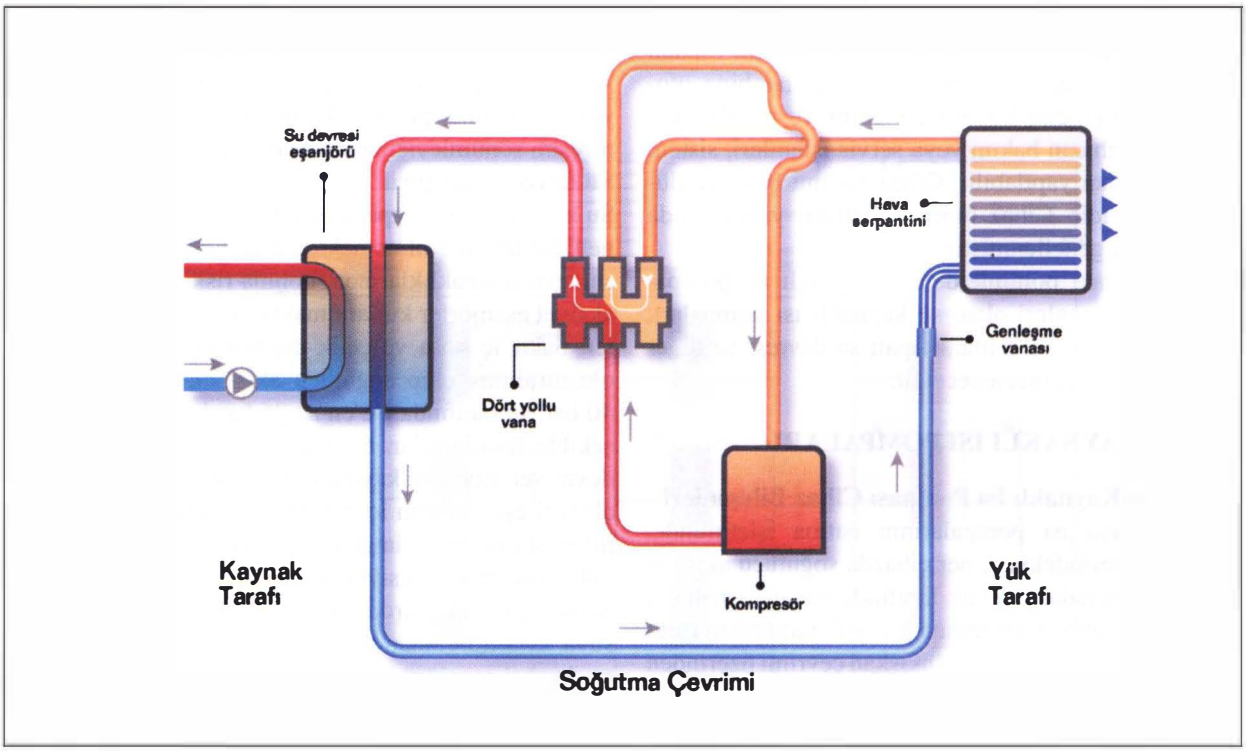
Sudan suya cihazlarda, enerji yük tarafında hava yerine suya aktarıldığından hava serpantini yerine ikinci bir su devresi eşanjörü bulunmaktadır.

Hava serpantini

Hava serpantinleri genellikle bakır boru ve alüminyum kanat olarak imal edilirler. Serpantinler, havanın içerisindeki aşındırıcı maddelerin etkilerinden korunmak amacı ile fırınlanmış polyester ile kaplanmalıdır. Hava serpantinleri en az 30 bar basınçta çalışacak şekilde tasarlanırlar.



Şekil 3.188. SU KAYNAKLI ISI POMPASI ISITMA ÇEVRİMİ



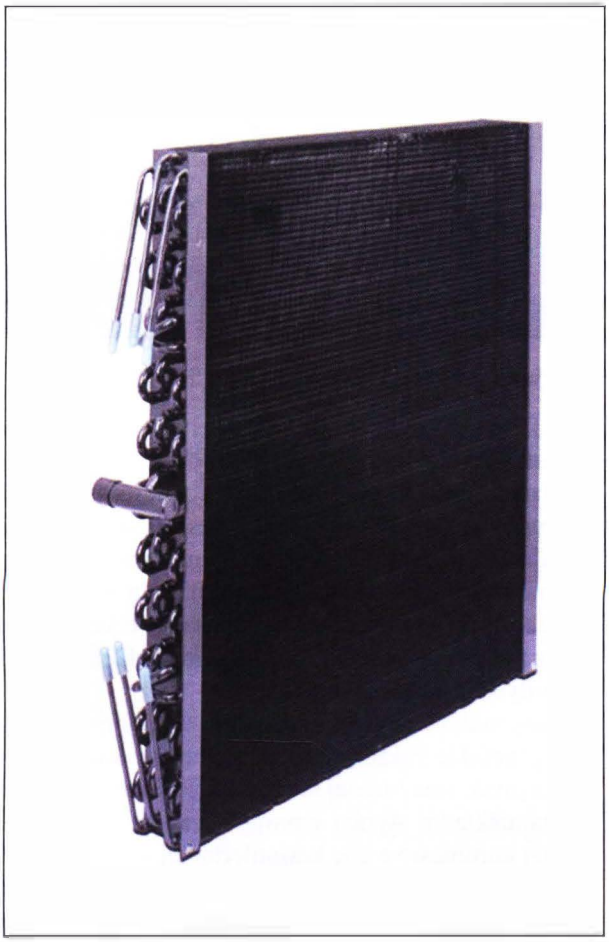
Şekil 3.189. SU KAYNAKLI ISI POMPASI SOĞUTMA ÇEVRİMİ



Şekil 3.190. SU KAYNAKLI ISI POMPASI KOMPRESÖR ÖRNEĞİ



Şekil 3.191. KOAKSİYEL EŞANJÖR



Şekil 3.192. HAVA SERPANTİNİ

Genleşme valfi /kılcal borular

Düşük cihaz kapasitelerinde genleşme valfi veya kılcal borular kullanılırken büyük kapasiteli cihazlarda daha hassas çalışma şartlarının sağlanması amacı ile genleşme valfleri kullanılır.



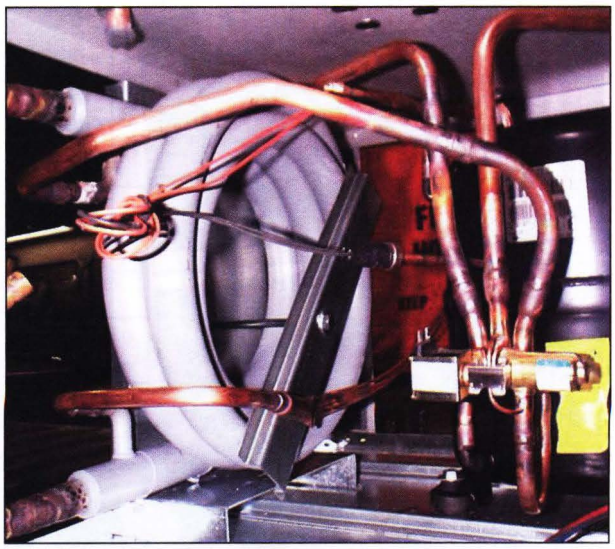
Şekil 3.193. KILCAL BORULAR



Şekil 3.194. GENLEŞME VALFI

Dört yollu vana

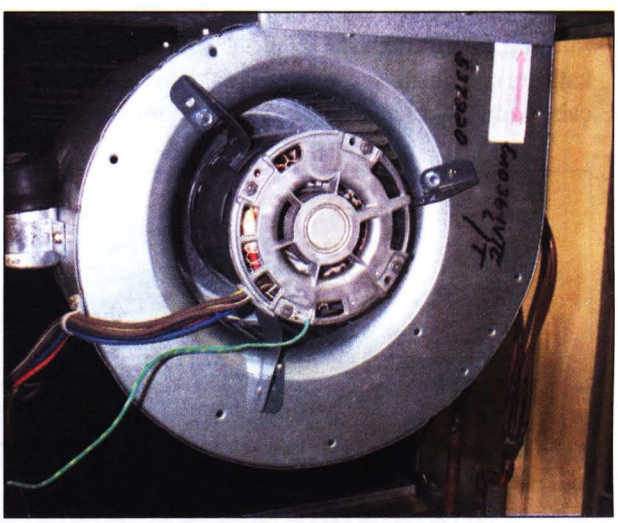
Hem ısıtma hem soğutma yapabilen ısı pompalarında dört yollu vana kompresörden çıkan gazın yönünü belirleyerek, ısıtma ve soğutma işletimi arasında geçişi sağlar.



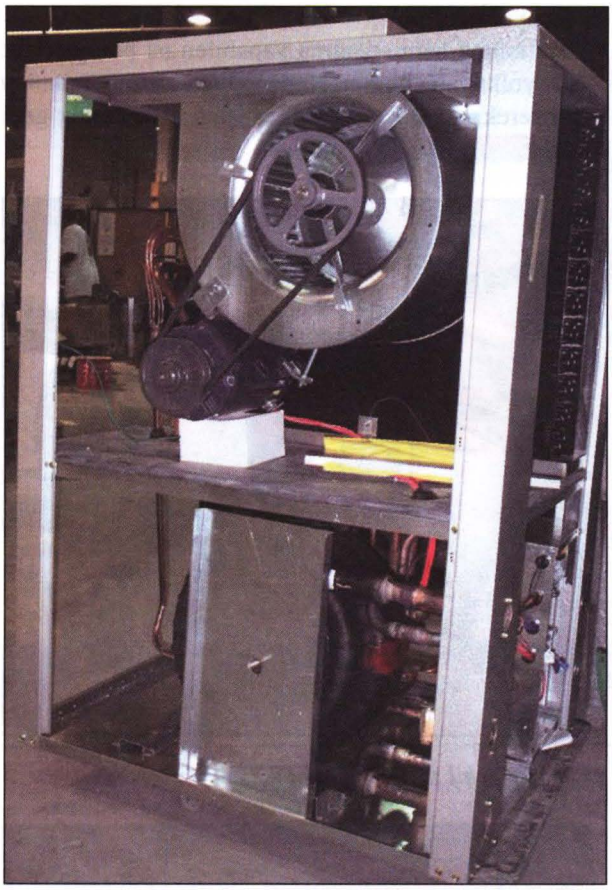
Şekil 3.195. DÖRT YOLLU VANA

Fan ve fan motoru

Isı pompalarında genellikle dinamik balanslı radyal tip fanlar kullanılır. Fan gövdesi ve kanadı düşük hızlı sessiz çalışma için tasarlanır. Fan motoru, cihaz kapasitesi 20 kW'ın altında ise direkt tahrikli ve genellikle üç kademeli, 20 kW'ın üzerinde ise kayış kasnak tahrikli olabilir. İsteğe bağlı olarak yüksek basınçlı fanlar ile yüksek cihaz dışı statik basınçlarda çalışma mümkün olmaktadır. Değişken debili fanların kullanımı ile hassas nem kontrolü ve yüksek verim değerleri sağlanabilir. Bu özel durumlarda fan gövdesi, hava gidiş kanalını



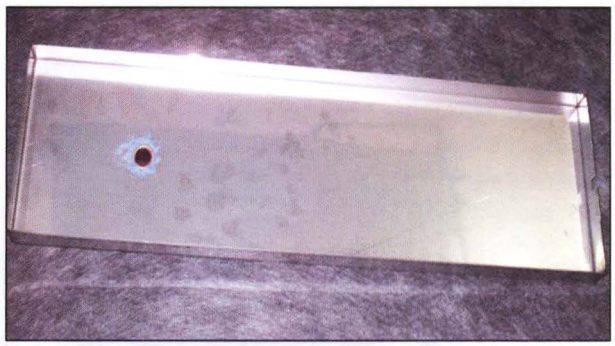
Şekil 3.196. DİREKT TAHRİKLİ FAN



Şekil 3.197. KAYIŞ KASNAK TAHRİKLİ FAN

çıkarmadan, fan motoruna ulaşım imkanını sağlayabilecek şekilde sökülebilir olmalıdır. Motor düzenli olarak yağlanmalı ve aşırı yük koruması olmalıdır.

Su kaynaklı ısı pompaları, frekans kontrollü fan opsiyonu sayesinde değişken hava debili sistemlere kolay uyum sağlar. Kompresör yüküne ve değişen cihaz dışı statik basınç kaybına bağlı olarak uygun hava debisi elde edilir, sıcaklık ve nem kontrol kabiliyeti ile konfor artar. Enerji tüketimi azalır. Düşük debilerde ve ilk kalkışta çok düşük ses seviyeleri sağlanır. Kompresörün çalışmadığı sürelerde düşük debili işletim yapılabilir.



Şekil 3.198. PASLANMAZ ÇELİK DRENAJ TAVASI

Drenaj tavası

Sudan havaya ısı pompalarında, soğutma işletiminde yoğuşan suyun tahliye edilebilmesi amacı ile drenaj tavaları kullanılır. Cihazın yerleşim yerine göre tava değişimi zahmetli, hatta bazen mümkün olmayan bir işlemdir. Bu sebepten, suyun aşındırıcı etkilerine karşın genellikle paslanmaz çelikten imal edilirler.

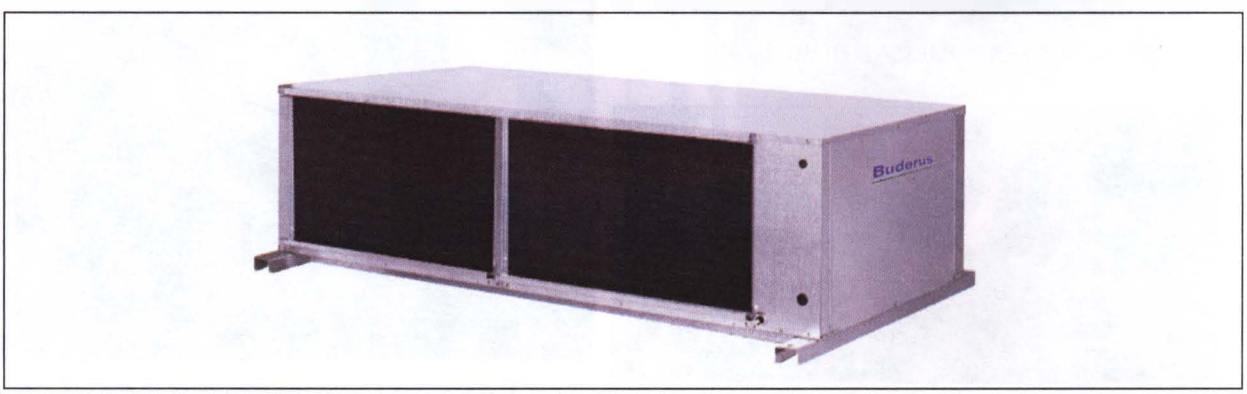
Emniyet ekipmanları

Su kaynaklı ısı pompalarında emniyet ekipmanları olarak genellikle yüksek ve alçak basınç presostatları, aşırı yoğuşma/taşma (drenaj tavasında) ve donma sensörleri bulunmaktadır. Ayrıca emniyetli çalışma için, düşük voltaj koruması ve güç kesintilerinden sonra sistemdeki bütün cihazların aynı anda devreye girmesini engellemek amacı ile "rastgele başlangıç" (random restart) özelliği bulunmalıdır. Bütün bu emniyet ekipmanları ve özellikler, tek bir kontrol ünitesi tarafından kumanda edilirler. Gerektiğinde bu kontrol ünitesi, bina otomasyon sistemine bağlanarak, sistemdeki tüm cihazların tek bir noktadan izlenmesi ve kontrolü mümkün kılar.

3.6.2.2. Su Kaynaklı Isı Pompası Tipleri

a. Yatık Tip Su Kaynaklı Isı Pompaları

Mahalin tavanına, gizli tavan arasına veya çatı arasına monte edilebilen su kaynaklı ısı pompası tipleridir. Yatık tip ısı pompası tercih edilen mahallerde, kullanılabilir alan miktarı artar. 2 ila 50 kW arasında kapasitelerde ve genellikle 30 kW üzerinde çift kompresörlü



Şekil 3.199. YATIK TİP ISI POMPASI

MODEL	HAVA DEBİSİ	SU DEBİSİ	ARI / ISO 13256 - 1 PERFORMANS DEĞERLERİ														
			GİRİŞ SUYU SICAKLIKLARI														
			KULE/KAZAN UYGULAMASI					YER ALTI SUYU UYGULAMASI					TOPRAK KAYNAKLI UYGULAMA				
			30°C			20°C		15°C			10°C		25°C			0°C	
			KAPASİTE VE VERİM DEĞERLERİ														
			SOĞUTMA KAPASİTESİ	DUYULUR KAPASİTE	EER	ISITMA KAPASİTESİ	COP	SOĞUTMA KAPASİTESİ	DUYULUR KAPASİTE	EER	ISITMA KAPASİTESİ	COP	SOĞUTMA KAPASİTESİ	DUYULUR KAPASİTE	EER	ISITMA KAPASİTESİ	COP
	l/s	l/s	kW	kW		kW		kW	kW		kW		kW	kW		kW	
YATIK TİP																	
LHK 2 H	138	0,16	1,99	1,56	3,67	2,91	4,72	2,27	1,72	5,17	2,28	4,01	2,08	1,61	4,10	1,60	3,10
LHK 3 H	158	0,19	2,81	2,17	3,72	3,79	4,54	3,17	2,36	5,19	3,03	3,85	2,93	2,23	4,15	2,24	3,02
LHK 5 H	256	0,32	4,76	3,68	3,82	6,22	4,33	5,49	4,08	5,21	4,85	3,70	5,00	3,80	4,23	3,40	2,88
LHK 7 H	335	0,38	6,43	4,97	4,14	7,84	4,58	7,23	5,32	6,16	6,27	4,01	6,70	5,09	4,69	4,61	3,25
LHK 8 H	374	0,44	7,37	5,67	3,65	9,32	4,19	8,36	6,18	5,12	7,50	3,64	7,70	5,83	4,07	5,57	2,93
LHK 10 H	473	0,57	9,36	7,08	3,64	12,35	4,38	10,44	7,59	5,10	9,89	3,82	9,72	7,23	4,05	7,29	3,09
LHK 12 H	591	0,63	10,63	8,17	3,43	12,35	4,12	11,22	8,28	4,43	11,31	3,70	10,82	8,18	3,72	8,44	3,12
LHK 14 H	630	0,76	12,07	9,27	3,76	15,37	4,60	14,61	10,78	5,45	12,61	4,05	12,92	9,76	4,26	9,67	3,34
LHK 18 H	788	0,95	15,28	11,10	3,69	20,37	4,27	16,54	11,54	5,01	16,65	3,76	15,70	11,21	4,06	12,68	3,10
LHK 20 H	867	1,01	17,16	13,37	3,79	21,32	4,46	19,18	14,36	5,44	17,95	3,88	17,83	13,66	4,26	14,29	3,20
LHK 30 H	1.103	1,33	24,32	18,97	3,92	30,57	4,73	29,40	22,03	5,72	25,06	4,17	26,01	19,94	4,45	19,16	3,45
LHK 40 H	1.576	1,77	31,14	24,27	3,71	41,35	4,35	33,72	25,24	5,03	33,81	3,83	32,00	24,51	4,09	25,76	3,15
LHK 50 H	2.364	2,65	42,60	33,17	3,88	53,78	4,80	46,46	34,74	5,36	42,60	4,17	43,89	33,59	4,30	30,81	3,33
DİK TİP																	
LHK 10 V	473	0,57	9,36	7,08	3,64	12,35	4,38	10,44	7,59	5,10	9,89	3,82	9,72	7,23	4,05	7,29	3,09
LHK 12 V	591	0,63	10,63	8,17	3,43	14,01	4,12	11,22	8,28	4,43	11,31	3,70	10,82	8,18	3,72	8,44	3,12
LHK 14 V	630	0,76	12,07	9,27	3,76	15,37	4,60	14,61	10,78	5,45	12,61	4,05	12,92	9,76	4,26	9,67	3,34
LHK 18 V	788	0,95	15,28	11,10	3,69	20,37	4,27	16,54	11,54	5,01	16,65	3,76	15,70	11,21	4,06	12,68	3,10
LHK 20 V	867	1,01	17,16	13,37	3,79	21,32	4,46	19,18	14,36	5,44	17,95	3,88	17,83	13,66	4,26	14,29	3,20
LHK 30 V	1.103	1,33	24,32	18,97	3,92	30,57	4,73	29,40	22,03	5,72	25,06	4,17	26,01	19,94	4,45	19,16	3,45
LHK 40 V	1.576	1,77	31,14	24,27	3,71	41,35	4,35	33,72	25,24	5,03	33,81	3,83	32,00	24,51	4,09	25,76	3,15
LHK 50 V	2.364	2,65	42,60	33,17	3,88	53,78	4,80	46,46	34,74	5,36	42,60	4,17	43,89	33,59	4,30	30,81	3,33
LHK 70 V	3.152	3,79	62,99	49,09	3,99	83,71	4,87	78,61	58,86	5,79	66,15	4,43	68,20	52,26	4,53	47,65	3,75
LHK 100 V	4.719	5,61	95,19	73,85	3,86	116,92	4,24	117,48	87,58	5,65	93,12	3,79	102,62	78,28	4,39	67,97	3,16

Not : Tabloda verilen değerler, soğutmada 27°C KT/19°C YT, ısıtmada ise 20°C sıcaklığındaki giriş havası şartları için geçerlidir. Ayrıca ısıtma ve soğutma işletiminde fanların elektrik güçleri de hesaba katılmıştır.

Şekil 3.200. YATIK VE DİK TİP ISI POMPALARI İÇİN ÖRNEK KAPASİTE TABLOSU

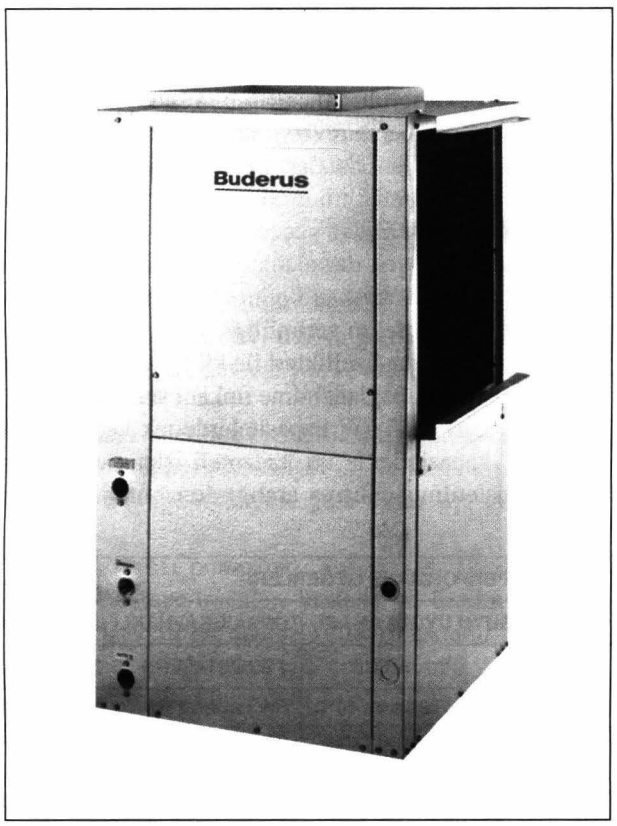
MODEL	KOMPRESÖR		FAN			Hava Kanalı Çıkış Ağzı	ELEKTRİK DEĞERLERİ							AĞIRLIK		BORU BAĞLANTI ÇAPLARI	YATIK TİP ÖLÇÜLER		
							Güç Beslemesi	Kompresör		Fan		Min. Akım	Maks. Sig.	Net	Paketli		Genişlik	Derinlik	Yükseklik
			Çıkışı	ad.	Tahrik			Nominal Akım	Dem. Akımı	Tam Yükte Çek. Akım	Güç								
	Tipi	ad.	cm			cm		Amper	Amper	Amper	HP	Amper	Amper	kg		inch	mm		
YATIK TİP																			
LHK 2 H	Rotary	1	10,2×15,2	1	Direkt	21,8×19,7	220-240/1/50	3,3	16,0	0,9	0,1	5,0	15,0	54,5	58,5	3/4"	483	787	337
LHK 3 H	Rotary	1	10,2×17,8	1	Direkt	21,8×19,7	220-240/1/50	3,3	16,0	0,9	0,1	5,0	15,0	58,5	63,5	3/4"	483	787	337
LHK 5 H	Pistonlu	1	22,9×17,8	1	Direkt	21,8×34,9	220-240/1/50	7,1	44,0	1,6	0,3	10,5	15,0	93,0	99,8	3/4"	546	1.092	432
LHK 7 H	Pistonlu	1	22,9×17,8	1	Direkt	21,8×34,9	220-240/1/50	7,7	44,0	1,6	0,3	11,3	15,0	93,0	103,5	3/4"	546	1.092	483
LHK 8 H	Pistonlu	1	22,9×17,8	1	Direkt	34,9×40,0	220-240/1/50	9,7	58,0	1,6	0,3	13,8	20,0	104,3	111,2	3/4"	559	1.143	483
LHK 10 H	Pistonlu	1	22,9×17,8	1	Direkt	34,9×40,0	380/3/50	5,4	40,0	2,0	0,5	8,8	15,0	114,8	123,8	3/4"	559	1.384	483
LHK 12 H	Pistonlu	1	22,9×17,8	1	Direkt	34,9×40,0	380/3/50	5,8	40,0	2,0	0,5	9,3	15,0	124,0	133,8	3/4"	559	1.384	483
LHK 14 H	Scroll	1	25,4×20,3	1	Direkt	40,0×40,0	380/3/50	6,4	42,0	2,5	0,8	10,5	15,0	147,9	158,8	1"	914	1.092	533
LHK 18 H	Scroll	1	27,9×22,9	1	Direkt	40,0×45,1	380/3/50	9,0	49,5	2,5	0,8	13,8	20,0	188,3	197,3	1"	914	1.092	533
LHK 20 H	Scroll	1	27,9×22,9	1	Direkt	45,1×45,1	380/3/50	9,7	75,0	2,5	0,8	14,7	20,0	235,8	256,3	1"	660	1.981	546
LHK 30 H	Scroll	2	30,5×30,5	1	Kayış - kasnak	39,4×34,3	380/3/50	6,4	44,0	3,2	2,0	17,6	20,0	318,4	341,1	1"	965	1.981	546
LHK 40 H	Scroll	2	30,5×22,9	2	Kayış - kasnak	(2×) 31,8×34,3	380/3/50	7,1	49,5	4,5	3,0	20,5	25,0	424,1	444,5	1 1/4"	965	1.981	546
LHK 50 H	Scroll	2	30,5×30,5	2	Kayış - kasnak	(2×) 70,5×43,8	380/3/50	10,3	79,0	6,1	5,0	29,3	40,0	694,0	735,0	1 1/2"	1.530	2.705	641
DİK TİP																			
LHK 10 V	Pistonlu	1	22,9×17,8	1	Direkt	41,3×40,0	380/3/50	5,4	40,0	2,0	0,5	8,8	15,0	114,8	123,8	3/4"	546	660	1.099
LHK 12 V	Pistonlu	1	22,9×17,8	1	Direkt	41,3×40,0	380/3/50	5,8	40,0	2,0	0,5	9,3	15,0	124,0	133,8	3/4"	546	660	1.099
LHK 14 V	Scroll	1	25,4×20,3	1	Direkt	45,1×45,1	380/3/50	6,4	42,0	2,5	0,8	10,5	15,0	147,9	158,8	1"	610	826	1.150
LHK 18 V	Scroll	1	27,9×22,9	1	Direkt	45,1×45,1	380/3/50	9,0	49,5	2,5	0,8	13,8	20,0	188,3	197,3	1"	610	826	1.150
LHK 20 V	Scroll	1	27,9×22,9	1	Direkt	45,1×45,1	380/3/50	9,7	75,0	2,5	0,8	14,7	20,0	235,8	256,3	1"	660	845	1.480
LHK 30 V	Scroll	2	30,5×30,5	1	Kayış - kasnak	50,8×61,0	380/3/50	6,4	44,0	2,5	1,5	16,9	20,0	318,4	341,1	1"	1.067	813	1.575
LHK 40 V	Scroll	2	38,1×38,1	1	Kayış - kasnak	50,8×61,0	380/3/50	7,1	49,5	3,2	2,0	19,2	25,0	424,1	444,5	1 1/2"	1.067	813	1.575
LHK 50 V	Scroll	2	30,5×30,5	2	Kayış - kasnak	50,8×61,0	380/3/50	10,3	79,0	6,1	5,0	29,3	40,0	495,0	535,2	1 1/2"	1.334	813	1.778
LHK 70 V	Scroll	2	38,1×38,1	2	Kayış - kasnak	(2×) 50,8×61,0	380/3/50	12,0	90,0	3,2	2,0	33,4	45,0	594,2	635,0	2"	2.032	813	1.690
LHK 100 V	Scroll	2	38,1×38,1	2	Kayış - kasnak	(2×) 50,8×61,0	380/3/50	23,7	187,0	6,1	5,0	65,5	80,0	748,0	793,8	2"	2.032	813	2.197

Şekil 3.201. YATIK VE DİK TİP ISI POMPALARI İÇİN ÖRNEK TEKNİK ÖZELLİKLER TABLOSU

yatık tip cihazlar mevcuttur. *Tablo 3.200*'de yatık tip ısı pompaları için örnek kapasite tablosu, *Tablo 3.201*'de ise teknik özellikler tablosu örneği bulunmaktadır. Yatık tip ısı pompalarının, farklı giriş-çıkış suyu ve giriş havası sıcaklıkları için kapasite değerlerini gösteren tablolar *Ek 3.1*'de verilmiştir.

b. Dik Tip Su Kaynaklı Isı Pompaları

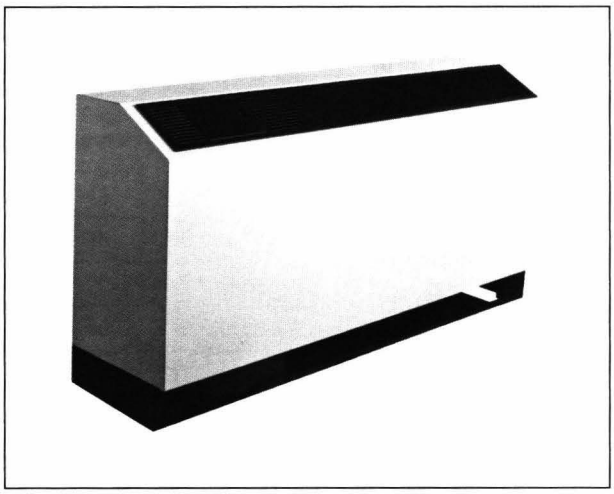
Mahalde tavan yüksekliklerinin yeterli olmadığı, konstrüksiyonun uygun olmadığı veya çok büyük kapasite ihtiyacı olduğu durumlarda kullanılan su kaynaklı ısı pompası tipleridir. 10 ila 100 kW arasında kapasitelerde ve genellikle 30 kW üzerinde çift kompresörlü dik tip cihazlar mevcuttur. *Tablo 3.200*'de dik tip ısı pompaları için örnek kapasite tabloları, *Tablo 3.201*'de ise teknik özellikler tablosu örneği bulunmaktadır. Dik tip ısı pompalarının, farklı giriş suyu ve giriş havası sıcaklıkları için kapasite değerlerini gösteren tablolar *Ek 3.1*'de verilmiştir.



Şekil 3.202. DİK TİP ISI POMPASI

c. Konsol Tip Su Kaynaklı Isı Pompaları

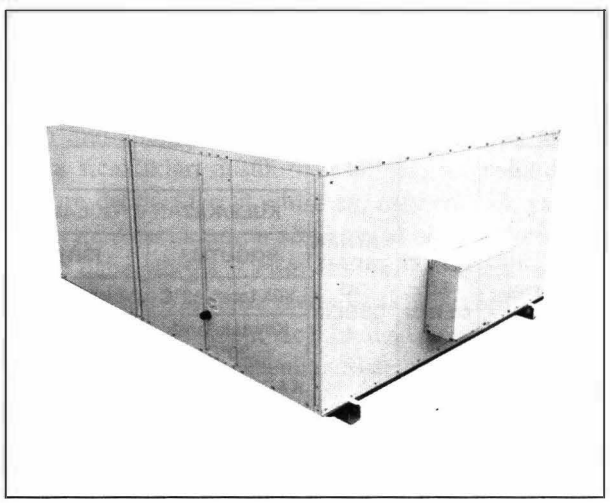
Özellikle iki borulu fancoil sistemlerinin su kaynaklı ısı pompası sistemlerine dönüşümlerinde, konsol tipi ısı pompaları, tasarımcılara büyük kolaylık, sağlamaktadır. Kanal ve mevcut tesisatta ilave borulama gerektirmeden sisteme uygulanabilen ve az yer gereksinimi olan cihazlardır. Cihaz içerisindeki fan ve kompresör sebebiyle oluşan ses seviyeleri fancoiller ile kıyaslandığında daha yüksektir. Ancak sistem dönüşümlerinde büyük yatırım gerektirmeden klasik sistemlerden ısı pompası sistemlerine dönüşüm imkanı sunmaktadırlar.



Şekil 3.203. KONSOL TİP ISI POMPASI

d. Çatı Tipi Su Kaynaklı Isı Pompaları

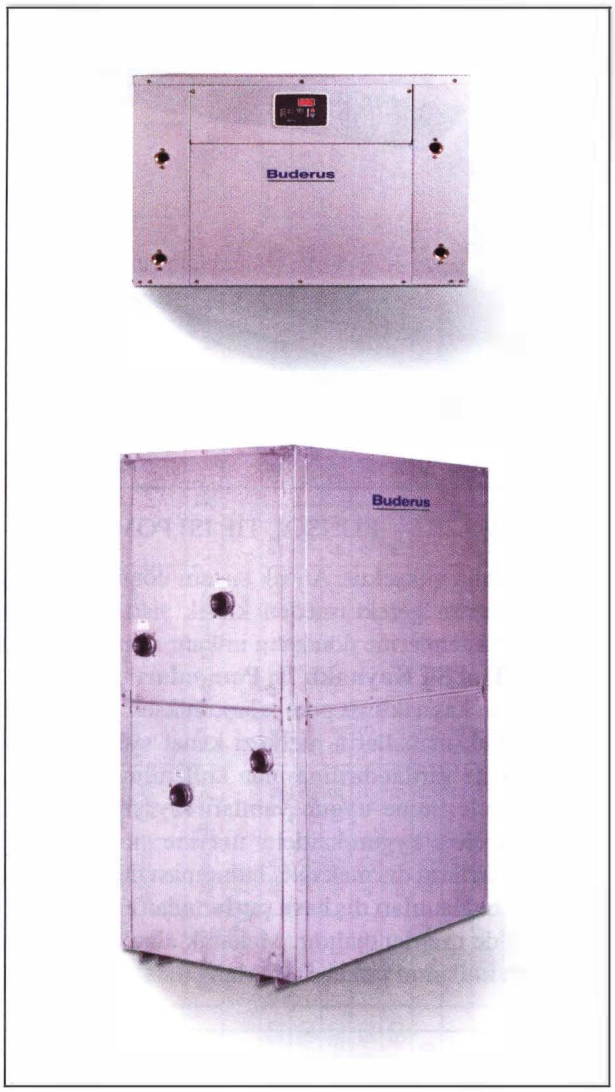
Çatı tipi su kaynaklı ısı pompaları, yüksek yüklerin olduğu büyük mahallerin merkezi kanal sistemi ile tek bir cihaz ile şartlandırılmasında kullanılmaktadır. Dış mekan yerleşimine uygun yapıları sayesinde çatılara veya bahçelere uygun kaideler üzerine monte edilebilirler. Cihazların dış mekanda bulunması dolayısı ile su ve kanal bağlantıları dış hava şartlarından etkilenmeyecek şekilde tasarlanmalıdır. Mekanik alan gereksinimi olmadan kullanım imkanı sunarlar.



Şekil 3.204. ÇATI TİPİ ISI POMPASI

e. Sudan Suya Isı Pompaları

Sudan suya ısı pompaları, kaynak ve yük tarafında kullanılan koaksiyel su devresi eşanjörleri sayesinde ısıtma ve soğutma fonksiyonlarını fancoil, döşemeden ısıtma ve klima santrali gibi sulu sistemler üzerinden yapabilen cihazlardır. Tekli veya kaskad uygulamalar-



Şekil 3.205. SUDAN SUYA ISI POMPASI

la, her türlü kapasite gereksinimine cevap verilebilir. Sudan suya ısı pompaları kaynak devreleri kule/kazan destekli, toprak kaynaklı veya yer altı suyu kaynaklı olarak tasarlanabilmektedir. Konut uygulamalarında, toprak ve yer altı su kaynaklı olarak ısıtma ve soğutma sistemlerinde kullanılan bu cihazlar, ticari uygulamalarda, sudan havaya ısı pompaları ile aynı kaynak devresine bağlanarak da kullanılabilmektedir. Ticari uygulamalarda sağladıkları en büyük avantajlar;

- Bölümlü ofisler gibi küçük mekanların şartlandırılmasında, hava kanallı sistem tasarımı mümkün olmadığında ve fancoil kullanımı tercih edildiğinde veya yerden ısıtma konfor beklentisi olan hacimlerde, sulu ısıtma-soğutma sistemi tasarım imkanı sunmaları,
- Sudan havaya ısı pompaları ile şartlandırılan binalarda soğutma yüklerinin olduğu yaz dönemlerinde, sıcak kullanım suyunun ön ısıtılmasında kullanılarak ısı geri kazanım imkanı sunmaları, kule devresinde atılacak olan ısıdan boyler ve benzeri sistemlerde kısmen faydalanabilme imkanı sunmaları,
- Mevcut iki borulu fancoil-klima santrali-su soğutmalı chiller sistem revizyonlarında, kaskad uygulamalar ile chiller cihazları yerine kullanılabilmeleri, büyük kapasiteli chiller cihazları ile kıyaslandığında, bina kapılarından geçerek mevcut mekanik tesisat odalarına çok dar alanlarda bile kolaylıkla taşınabilmeleri ve kaskad kontrol ile mevcut sistemde artırılabilen işletim verimliliği,
- Isıtma-soğutma özellikleri ile klima santralleri sulu bataryalarına bağlanabilme imkanı sunmalarıdır.

Isı pompaları 8-16 kW kapasitelerde tek kademe, 33-100 kW kapasitelerde iki kademeli işletime sahiptirler. Genişletilmiş çalışma aralığı donanımına standart

MODEL	YÜK TARAFI SU DEBİSİ	KAYNAK TARAFI SU DEBİSİ	ARI / ISO 13256 - 2 PERFORMANS GEĞERLERİ											
			KULE/KAZAN UYGULAMASI				YER ALTI SUYU UYGULAMASI				TOPRAK KAYNAKLI UYGULAMA			
			SOĞUTMA		ISITMA		SOĞUTMA		ISITMA		SOĞUTMA		ISITMA	
			Yük tarafı 12°C		Yük tarafı 40°C		Yük tarafı 12°C		Yük tarafı 40°C		Yük tarafı 12°C		Yük tarafı 40°C	
			Kaynak tarafı 30°C		Kaynak tarafı 20°C		Kaynak tarafı 15°C		Kaynak tarafı 10°C		Kaynak tarafı 25°C		Kaynak tarafı 0°C	
			KAPASİTE	EER	KAPASİTE	COP	KAPASİTE	EER	KAPASİTE	COP	KAPASİTE	EER	KAPASİTE	COP
	l/s	l/s	kW		kW		kW		kW		kW		kW	
WPW 8 R	0,42	0,33	7,2	4,68	9,9	5,00	8,0	7,76	8,3	4,06	7,5	5,46	6,8	3,22
WPW 12 R	0,64	0,51	10,4	4,29	14,5	4,82	11,8	7,04	11,8	3,96	10,8	4,93	9,5	3,20
WPW 16 R	0,83	0,66	13,8	4,23	19,5	4,82	15,1	6,64	16,1	4,02	14,1	4,76	13,1	3,24
WPW 33 R	1,77	1,39	28,3	4,02	41,1	4,54	31,8	6,40	33,3	3,70	29,6	4,70	26,9	3,00
WPW 67 R	3,54	2,78	59,2	4,38	82,4	4,93	66,0	6,65	66,8	4,06	61,6	4,99	53,0	3,24
WPW 100 R	5,06	4,04	87,8	4,24	123,4	4,88	97,6	6,06	100,0	4,05	91,0	4,76	79,6	3,29

Tablo 3.206. SUDAN SUYA ISI POMPALARI İÇİN ÖRNEK KAPASİTE TABLOSU

MODLEL	KOMPRESÖR		ELEKTRİK DEĞERLERİ					ÖLÇÜLER			BORU BAĞLANTI ÇAPLARI	AĞIRLIK	
	TİPİ	AD.	Güç Besleme	Kompresör		Min. Akım Amper	Maks. Sig. Amper	(mm)				kg	
				Nominal Akım	Dem. Akımı			GEN.	DER.	YÜK.		NET	PAKETLİ
WPW8R	Scroll	1	380-420/3/50	4,5	31	5,7	15	610	825	616	3/4"	114	123
WPW12R	Scroll	1	380-420/3/50	7,1	46	8,9	15	610	825	616	1"	136	145
WPW 16R	Scroll	1	380-420/3/50	9,7	70	12,2	20	610	825	616	1"	140	150
WPW33R	Scroll	2	380-420/3/50	9,7	75	21,8	30	711	1.168	813	1 1/4"	236	245
WPW67R	Scroll	2	380-420/3/50	20,0	125	45,0	60	711	1.168	1.626	2"	440	450
WPW100R	Scroll	2	380-420/3/540	26,4	187	59,4	80	711	1.168	1.626	2"	703	712

Tablo 3.207. SUDAN SUYA ISI POMPALARI İÇİN ÖRNEK TEKNİK ÖZELLİKLER TABLOSU

olarak sahip olmaları, toprak kaynaklı uygulamalarda güvenli işletim imkanı sunar. *Tablo 3.206*'da sudan suya ısı pompaları için örnek kapasite tablosu, *Tablo 3.207*'de ise teknik özellikler tablosu örneği bulunmaktadır.

Sudan suya ısı pompalarının, farklı giriş-çıkış suyu sıcaklıkları için kapasite değerlerini gösteren tablolar *Ek 3.2*'de verilmiştir.

3.6.2.3. Su Kaynaklı Isı Pompası Cihaz Seçimi

Isı pompası seçimi için gerekli temel bilgiler aşağıda sıralanmıştır:

- Her bir mahalin standartlara göre hesaplanmış ısıtma ve soğutma (duyulur ve gizli) yükleri
- Sistem kapalı devresi yaz ve kış işletim su sıcaklıkları
- Mahalde istenilen ortam sıcaklığı, dolayısıyla cihaza girecek hava sıcaklığı (yaş ve kuru termometre)
- Montaj yapılacak yere göre cihaz tipi (yatık, dik, konsol)

Su kaynaklı ısı pompaları, alışveriş merkezleri, oteller, okullar, apartmanlar, hastane ve üretim tesisleri, gibi çok yaygın bir alanda kullanılmaktadır. Özellikle Amerika'da ofis binaları gibi çok bölümlü yapılarda ısı pompası tercih edilmektedir.

Sistem tasarımının ilk adımı bina ısıtma ve soğutma yüklerinin belirlenmesidir. Bina genellikle zonlara ayrılarak, bu zonların ısıtma ve soğutma yükleri ayrı ayrı hesaplanır. Bu hesaplamalar genellikle bilgisayar simülasyonları ile yapılmaktadır. Tasarımda çekirdek ve çevre zon yükleri büyük önem taşımaktadır. Çevre zonlar bina dış kabuğundan itibaren, 3-5 m içeriye kadar olan ve dış etkilerin hissedildiği bina bölümleridir. Çatı katları da çevre zon kavramına dahil edilebilir. Çekirdek zonlar ise binanın iç kısımlarında bulunan kullanım alanlarıdır. Bu iki zon kavramı arasındaki en temel fark, dış hava şartlarından ve güneş radyasyonundan etkilenme durumudur. Çevre zon yükleri değişken, çekirdek zon yükleri ise ağırlıklı olarak iç yüklerden oluştuğu için daha az değişken profile sahiptirler. Çekirdek zon alanları büyük olan binalarda, bu zonlarda kış aylarında bile soğutma yükleri vardır.

Binalarda, kışın çekirdek zonlarda, bina içi ısı kazançları (insanlar, bilgisayarlar, aydınlatma vb) soğutma yükü yaratırken, çevre zonlarda ısı kayıpları dolayısı ile ısıtma talebi doğmaktadır. Geçiş dönemlerinde ise, güneş radyasyonu alan çevre zonlar ve çekirdek zonlar soğutma talep ederken, diğer çevre zonlarda ısıtma gereksinimi olabileceği gibi, sadece taze hava yükleri de olabilir.

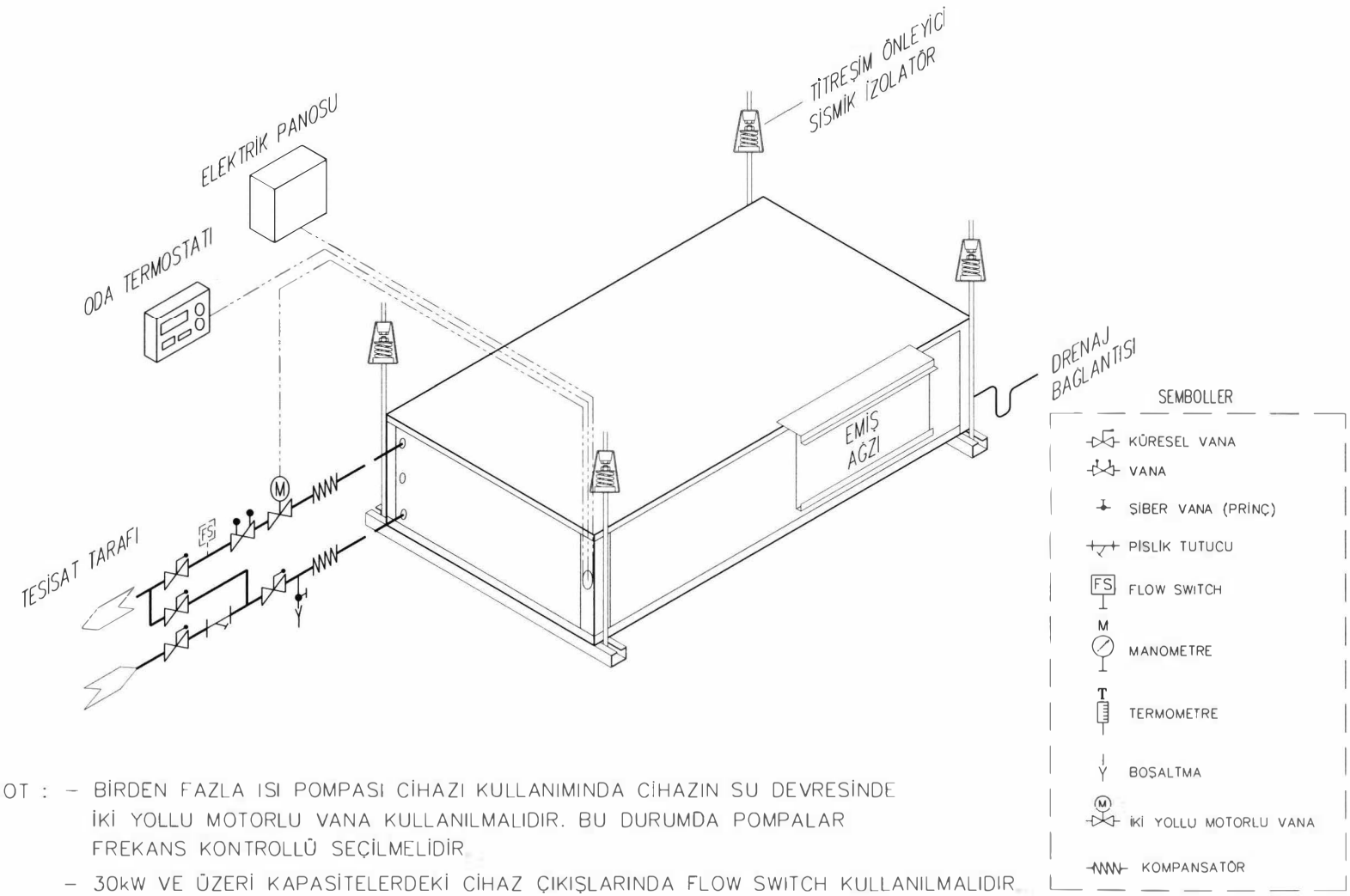
Cihaz seçimi için, cihaz su debisi, giriş hava ve su sıcaklıkları ile hava debisinin belirlenmesi gerekmektedir. Hava debisi mahal yüklerine bağlı olarak belirlenmelidir. Cihaz giriş hava sıcaklığı, mahal dönüş hava sıcaklığı veya varsa taze hava ile dönüş havası karışım sıcaklığıdır. Taze hava, cihazlara verilmeden önce şartlandırılıyorsa, kapasite hesaplarında taze hava yükü dikkate alınmamalıdır.

Cihaz su debisi, kW soğutma yükü başına 0,13–0,19 m^3/h aralığında seçilebilir. Yaz aylarında yaş termometre sıcaklıkları düşük olan bölgelerde, daha düşük tasarım debileri tercih edilirken, daha yüksek yaş termometre sıcaklıklarının söz konusu olduğu durumlarda ise daha yüksek işletim debileri tercih edilmelidir. 24°C ve üzeri yaş termometre sıcaklıkları için debinin 0,19 m^3/h , 21°C ve altı sıcaklık değerleri için ise 0,13 m^3/h alınması yeterli olacaktır. Sistem tasarımında daha düşük debiler, pompalama ve göreceli olarak borulama maliyetlerini azaltırken, ısı pompalarında artan giriş su sıcaklıkları dolayısı ile verim ve kapasite düşümlerine neden olmaktadır.

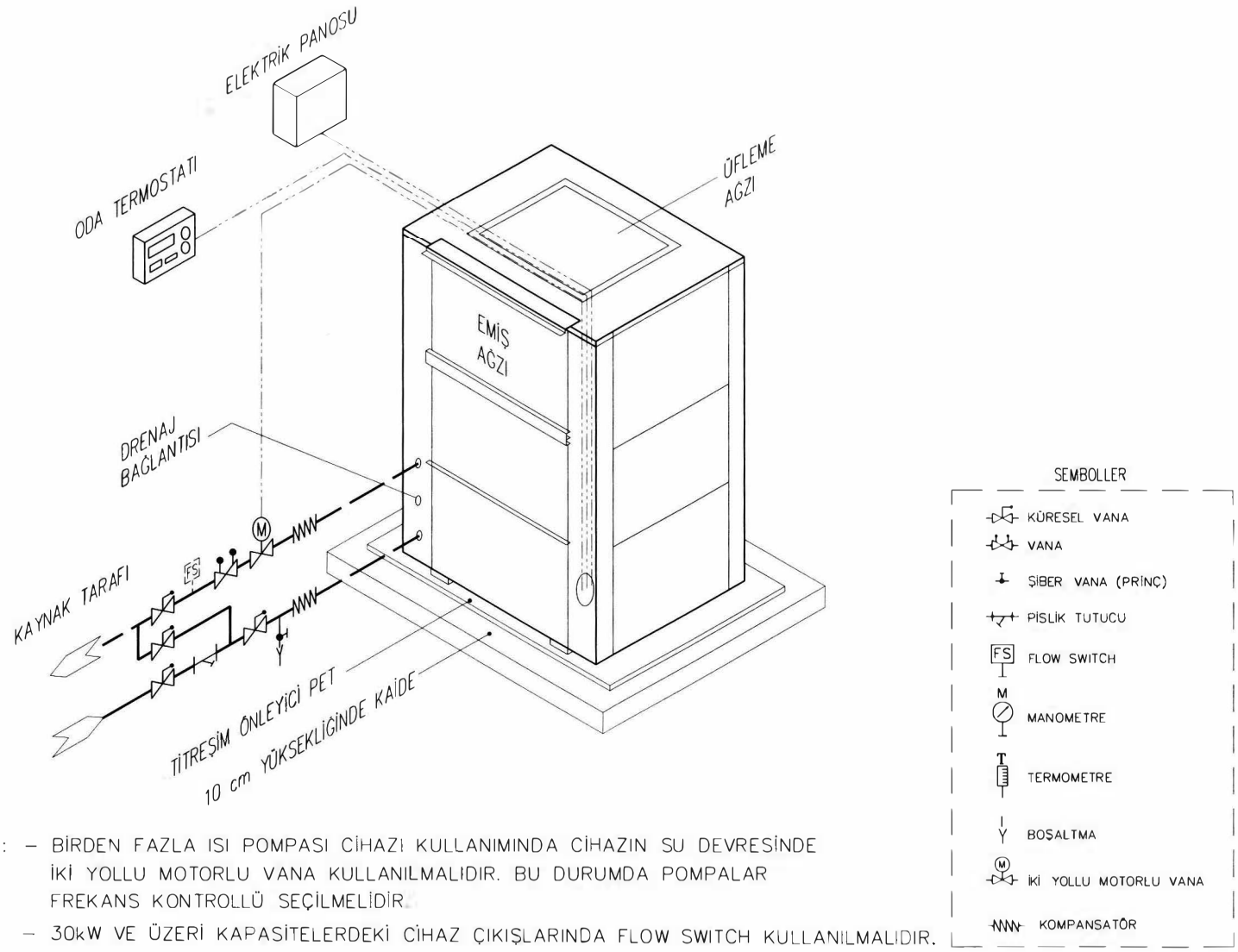
3.6.2.4. Su Kaynaklı Isı Pompalarının Montajı

Isı pompalarının yerleşimi ile ilgili genel notlar aşağıda sıralanmıştır.

- Isı pompaları, su, elektrik devreleri ve hava kanalı bağlantıları kolaylıkla yapılabilecek, gerektiğinde filtre değişimi ve servis müdahale kapaklarının kolaylıkla çıkarılıp değiştirilmesine olanak sağlayacak şekilde, servis personelinin bakım ve onarım yapa-



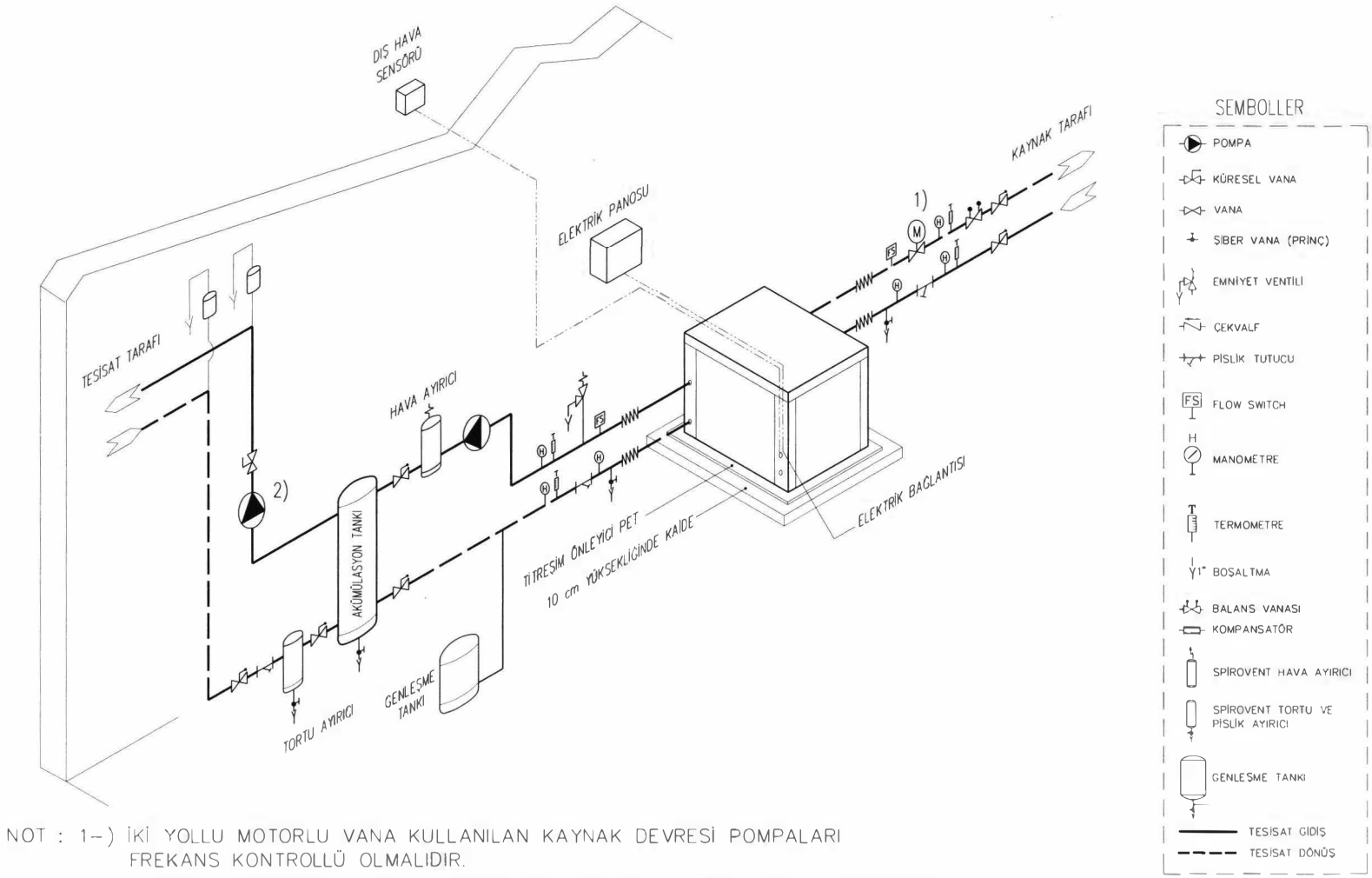
Şekil 3.208. YATIK TİP ISI POMPALARI İÇİN MONTAJ DETAYI



NOT : – BİRDEN FAZLA ISI POMPASI CİHAZI KULLANIMINDA CİHAZIN SU DEVRESİNDE İKİ YOLLU MOTORLU VANA KULLANILMALIDIR. BU DURUMDA POMPALAR FREKANS KONTROLLÜ SEÇİLMELİDİR.

– 30kW VE ÜZERİ KAPASİTELERDEKİ CİHAZ ÇIKIŞLARINDA FLOW SWITCH KULLANILMALIDIR.

Şekil 3.209. **DİK TİP ISI POMPALARI İÇİN MONTAJ DETAYI**



NOT : 1-) İKİ YOLLU MOTORLU VANA KULLANILAN KAYNAK DEVRESİ POMPALARI FREKANS KONTROLLÜ OLMALIDIR.

2-) TESİSAT TARAFINDA İKİ YOLLU VANA KULLANIMINDA, DENGE KABI ÇIKIŞINDAKİ POMPANIN FREKANS KONTROLLÜ OLMASI GEREKMEKTEDİR.

3-) 30kW VE ÜZERİ KAPASİTELERDE CİHAZ ÇIKIŞLARINA FLOW SWITCH KULLANILMALIDIR.

Şekil 3.210. SUDAN SUYA ISI POMPALARI İÇİN MONTAJ DETAYI

bilmesi için yeterli alana sahip, kapalı bir mahale konulmalıdır.

- Eğer cihaz, dolap gibi kapalı bir hacme yerleştirilmiş ise, dönüş havasını rahatlıkla alabilecek şekilde konumlandırılması sağlanmalıdır.
- Cihaz su, borularının üzerine yerleştirilmemelidir.
- Isı pompaları, belirlenen şartlar altında iç ortamlara konulmalıdır.
- Cihazlar, donma riski olan mahallere konulmamalıdır.
- Isı pompası ve kanal yerleşimlerini aydınlatma ile çakışmayacak şekilde planlamak gerekir.
- Cihazın her tarafında en az 45 cm servis ve bakım erişimi için boşluk bırakılmalıdır.

Yatık tip cihazlar, herhangi bir yükseklikte ve kendi ağırlıklarını taşıyabilecek herhangi bir yere monte edilebileceği gibi, genellikle askı elemanları ile tavana asılmaktadırlar. Bu askı elemanları genellikle köşe askı parçaları ile tutturulur. Cihazlar, askı tijleri ile sabitlenmiş yatay profiller üzerine de monte edilebilir. Eğer ilave bir drenaj tavası isteniyorsa, ısı pompasının taban boyutlarından 10 cm daha geniş olmalıdır. Isı pompasına bağlı tesisat boruları kiriş, kolon ve duvarlar ile doğrudan temas etmemelidir. Bazı uygulamalarda, yatık tip cihazların, tavan arası zeminine konulması gerekebilir. Bu durumda, cihaz titreşim sönümleyici üzerine yerleştirilmiş tam boy bir drenaj tavasının içine monte edilmelidir. İlave drenaj tavası, olası aşırı yoğuşma veya su birikintisinin tavana vereceği zararları engeller. İlave drenaj tavası genellikle ilave titreşim önleyici ile tavan kirişlerinden izole edilmiş bir kontraplak levhanın üzerine yerleştirilir. Her iki durumda, ilave drenaj tavası ¾" bir drenaj bağlantısı ile ana drenaj hattına görülebilir bir şekilde bağlanmalıdır.

Dik tip cihazlar yapı elemanlarına iletilen titreşimi en aza indirmek için cihazın taban ölçülerinden daha büyük bir titreşim sönümleyici üzerine yerleştirilmelidir. Cihazın yere sabitlenmesi gerekmemektedir. 18 kW'tan daha büyük kapasitedeki cihazlara sistem tasarımında belirlenen standartlar doğrultusunda titreşim izolasyonu yapılmalıdır. Cihazlar zemin kotu altında bir mahale yerleştirilmişse, sel baskınları gibi su basması durumlarında, elektrik devrelerinin zarar görmesini engellemek için, ünitenin altı zeminden en az 10 cm daha yüksekte olmalıdır. Sudan suya ısı pompaları montajında dik tip cihazlar için belirtilen notlar geçerlidir.

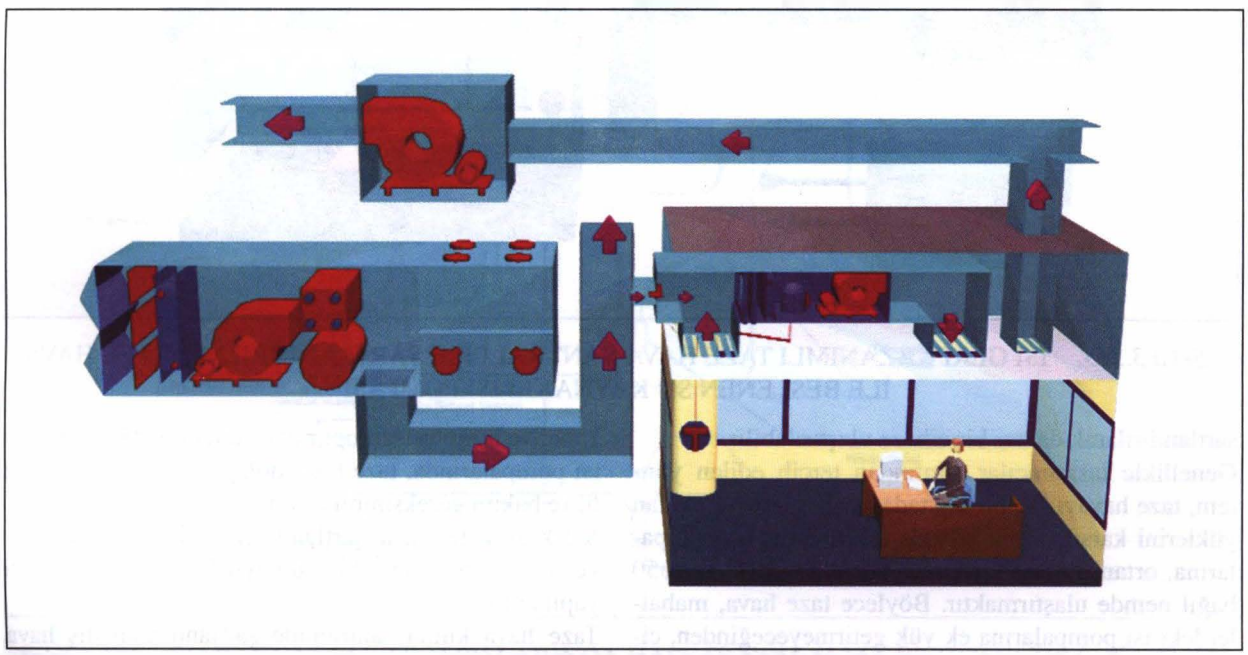
Cihazların montaj ve bakımı aşağıdaki standartlara uygun olmalıdır.

- TSE EN 378-2 : Soğutma sistemleri ve ısı pompaları – Güvenlik ve çevre kuralları. Bölüm 3: Tesis yeri ve personel koruma.
- TSE EN 378-4 : Soğutma sistemleri ve ısı pompaları – Güvenlik ve çevre kuralları. Bölüm 4: İşletme, bakım, onarım ve geri kazanım.
- TSE EN 60335-2-40 : Güvenlik kuralları - Ev ve benzeri yerlerde kullanılan elektrikli cihazlar için. Bölüm 2-40 : Elektrikli ısı pompaları, iklimlendirme cihazları ve nem alıcıları için özel kurallar.

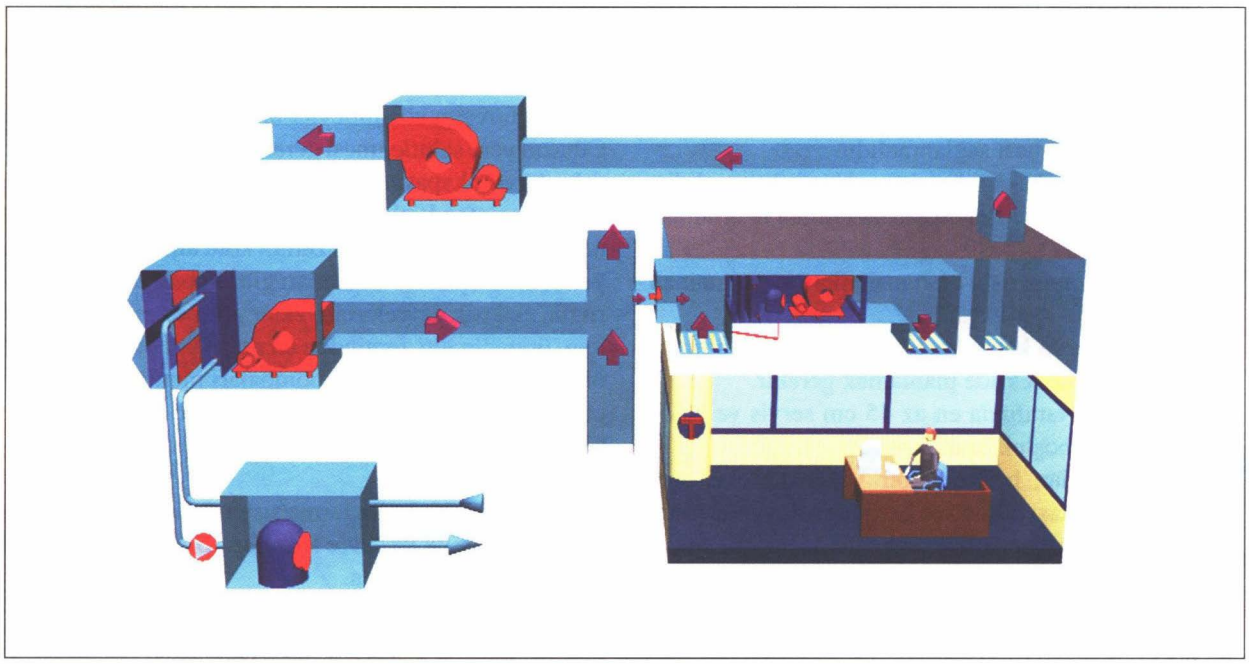
3.6.2.5. Su Kaynaklı Isı Pompaları İsteğe Bağlı Özellikler

a. Su Kaynaklı Isı pompaları ile Taze Hava Şartlandırması

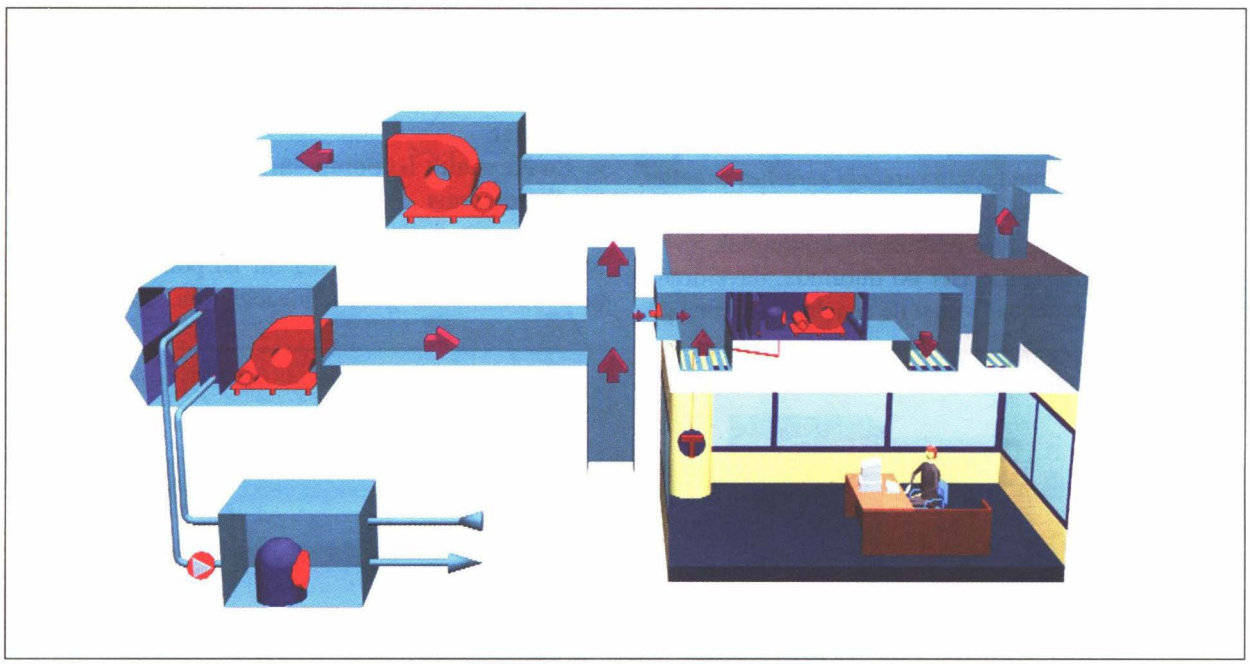
Taze havanın şartlandırılmasında farklı yöntemler bulunmaktadır. Taze hava, her bir ısı pompası ünitesine şartlandırılmadan getirilebileceği gibi, tek merkezde



Şekil 3.211. ŞARTLANDIRILMIŞ TAZE HAVA İLE BESLENEN SU KAYNAKLI ISI POMPASI



Şekil 3.212. SUDAN SUYA ISI POMPASI İLE ŞARTLANDIRILAN TAZE HAVA KLİMA SANTRALİ KULLANIMI VE MAHALDEKİ SU KAYNAKLI ISI POMPASI



Şekil 3.213. ISI GERİ KAZANIMLI TAZE HAVA SANTRALİ İLE ŞARTLANDIRILMIŞ TAZE HAVA İLE BESLENEN SU KAYNAKLI ISI POMPASI

şartlandırılarak da her bir cihaza ulaştırılabilir.

Genellikle tasarımcılar tarafından tercih edilen yöntem, taze havayı tek bir noktada şartlandırıp, iç mekan yüklerini karşılayacak şekilde tasarlanmış ısı pompalarına, ortam havası şartlarına yakın 21-24°C ve %50 bağıl nemde ulaştırmaktır. Böylece taze hava, mahallerdeki ısı pompalarına ek yük getirmeyeceğinden, cihaz kapasiteleri ve buna bağlı olarak cihaz boyutları, kanal ve boru tesisatı optimize edilebilir. Mahallerdeki ısı pompalarında, taze hava dolayısı ile gerçekleşecek filtre bakım gereksinimi azalır.

Merkezi taze hava şartlandırması, klima santralleri veya özel tasarıma sahip su kaynaklı ısı pompaları ile yapılabilir.

Taze hava klima santralinde şartlandırılan dış hava, mahal ısı pompalarına iletilirken, bağımsız bir egzost

sistemi ile ortamda basınç dengesi istenilen şekilde sağlanabilir (*Şekil 3.211*). Havalandırma sisteminde ısı geri kazanımlı klima santralleri kullanarak (*Şekil 3.212*), sistemde atık ısı geri kazanımı yapılabilmektedir. Klima santralinde şartlandırılan taze hava, ısı pompası emişlerine kanallar yardımı ile getirilebilir veya doğrudan mahale bırakılabilir. *Şekil 3.213*'de gösterildiği gibi, klima santrali bataryalarında, diğer ısı pompaları ile aynı kaynak devresine bağlı sudan suya ısı pompaları da kullanılabilir.

Hassas nem alma (hot gas reheat)

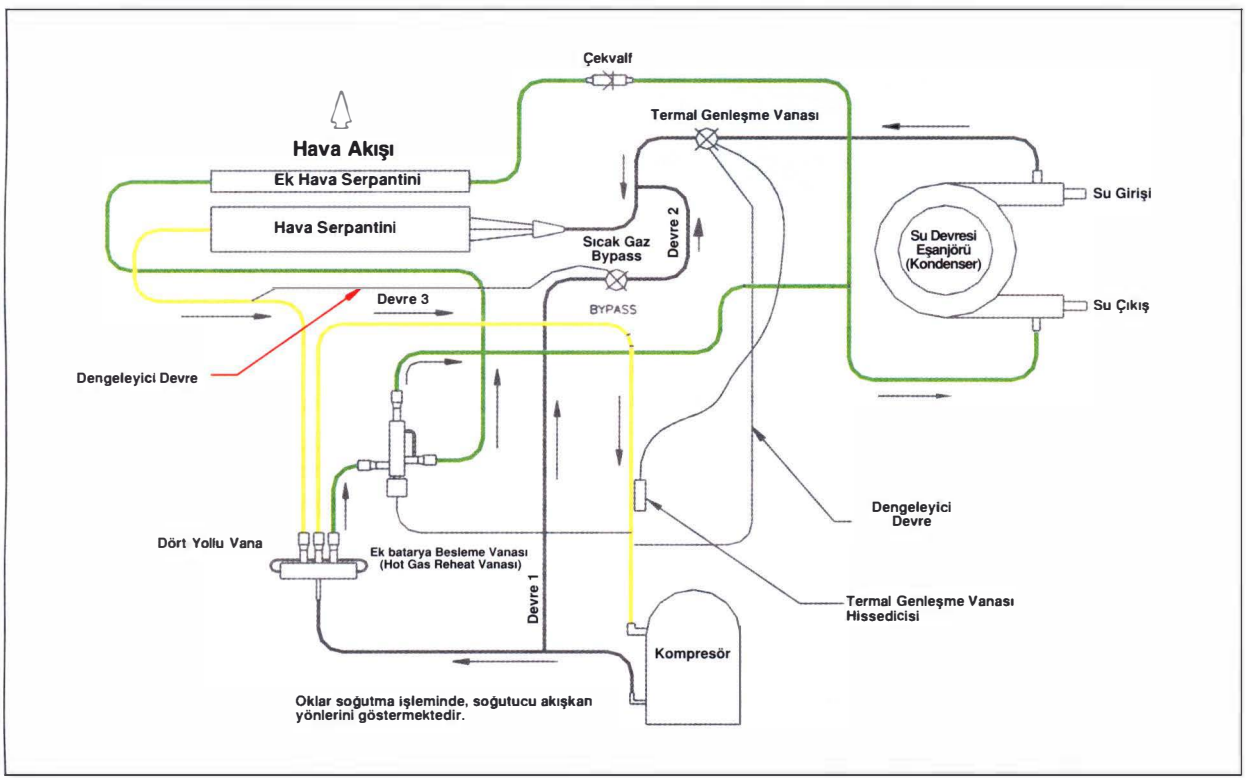
Hot gas reheat, %100 taze hava ile çalışacak olan ısı pompalarında, yüksek iç ortam konforu ve işletim verimi sağlayan bir opsiyondur. Zaman zaman çok düşük soğutma yüklerinin olduğu büyük mekanlarda konforun artırılmasına yönelik tercih edilebilmektedir. Sudan havaya ısı pompalarında, mevcut hava serpantinine ek olarak ikinci hava serpantini ve selenoid vana kullanarak, soğutma işletiminde kompresörü terk eden yüksek sıcaklıktaki soğutucu akışkan ile nem alma işleminin yapılması sağlanır. Giriş havası, birinci hava serpantininde soğutulduktan sonra, ek hava bataryasında yeniden ısıtılır. Cihaz çıkış hava sıcaklığına göre çalışan ve modülasyonlu genleşme valfi kullanılan cihazlarda, %100 oranında cihaza giren taze hava, nemi alınıp şartlandırılarak mekanlara sabit sıcaklıkta gönderilir. Hava ilk serpantinde 13°C'ye soğutulup, ikinci serpantinde 24°C'ye kadar ısıtılır.

Hassas nem alma kontrolü yapan su kaynaklı ısı pompaları, standart ısı pompaları ile karşılaştırıldığında çok daha düşük hava debilerine sahiptir. Bu tip ısı pompalarında hava debileri, 48-95 (m^3/h)/kW (100-200 cfm/ton) mertebesinde iken, standart ünitelerde debiler yaklaşık 190 (m^3/h)/kW (400 cfm/ton)'dır. Kullanılan ikinci hava bataryasında, su devresine aktarılacak enerjinin bir kısmı soğutucu akışkan üzerinden havayı ısıtmak amacı ile kullanılır. Bu işlem için ek bir enerji kullanılmaz. Ayrıca suya aktarılan enerji miktarı azaldığı için sisteme getirilen ek yük azalır.

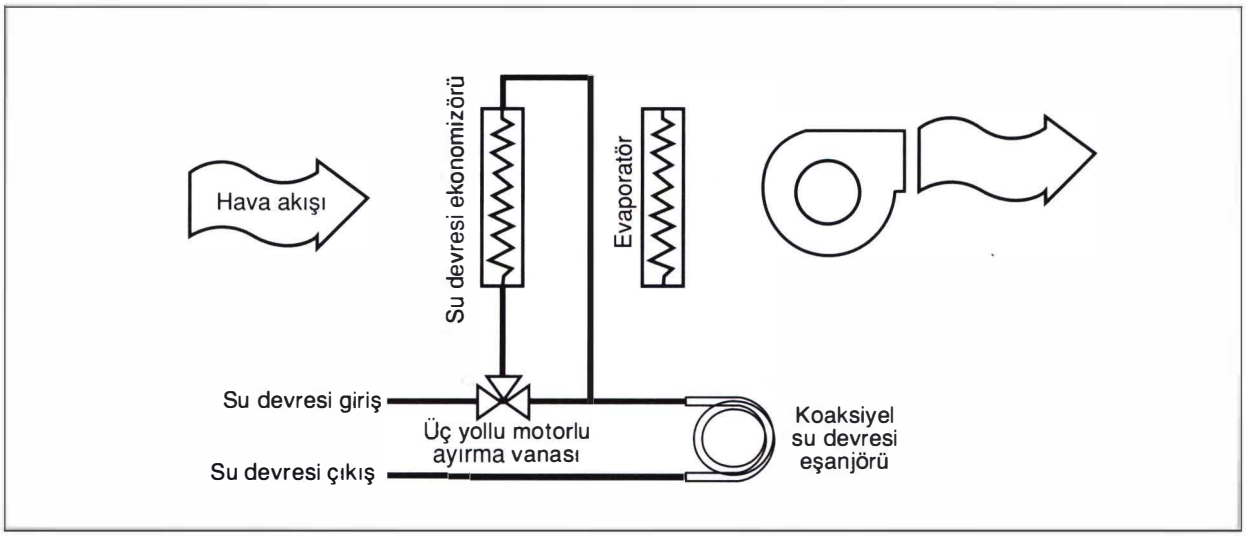
Mahallerde anlık soğutma yükünün, cihaz tasarım değerinden çok daha düşük olduğu kısmi yük durumlarında, standart bir cihaz, ortamı hızlı bir şekilde ayar sıcaklığına ulaştırır ancak nem alma işlemi için yeteri kadar devrede kalamaz. Bu durumda, dönüş havasının kuru termometre sıcaklığı düşer ancak, yaş termometre sıcaklığı değişmez. Bu donanım, hassas nem alma sağlayarak, cihaz şalt sayısını azaltır, ek enerji harcanmadan havadaki nem alınır ve yüksek konfor sağlanır.

Sıcak gaz bypass

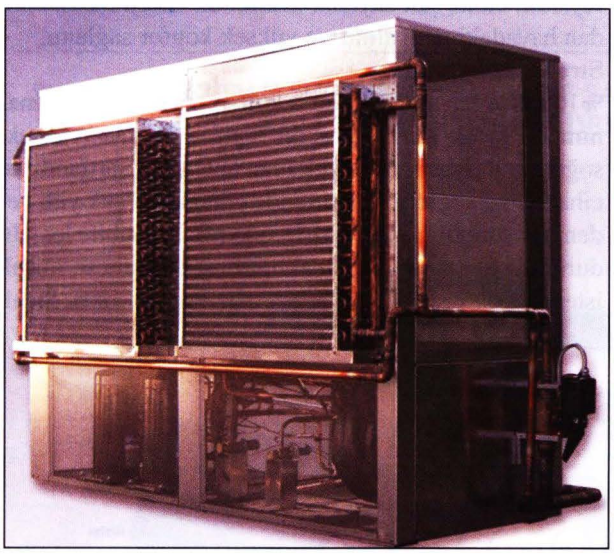
%100 taze havalı cihazlarda kullanılan bir diğer donanım ise sıcak gaz bypass'dır. Isıtma ihtiyacı yüksek, soğutma ihtiyacı çok düşük olan hacimleri şartlandıran cihazlarda, soğutma işletiminde cihazlar düşük yük nedeniyle sürekli devreye girip çıkarak çalışabilirler. Bu durumda evaporatörde sıcaklığın aşırı düşmesi, ancak istenen konfora ulaşılamaması söz konusu olur. Sıcak



Şekil 3.214. SU KAYNAKLI ISI POMPALARINDA HASSAS NEM ALMA İŞLETİMİNDE SOĞUTUCU AKIŞKAN ÇEVRİMİ



Şekil 3.215.A SU KAYNAKLI ISI POMPALARINDA DOĞAL SOĞUTMA İŞLETİMİ



Şekil 3.215.B SU DEVRESİ EKONOMİZÖRLÜ SU KAYNAKLI ISI POMPASI

gaz bypass (hot gas bypass) donanımı, kompresörden çıkan yüksek sıcaklıktaki soğutucu akışkanın, kısmen evaporatöre gönderilerek, evaporatöre giren akışkan basıncının ayarlanan en düşük değerin altına düşmesini engeller. Kompresör giriş basıncının aşırı düşmesi engellenerek, kısmi yüklerde kesintisiz işletim ve sabit konfor sağlanır. Ancak bu durumda ek enerji harcanmış olur.

b. Su Devresi Ekonomizörü İle Doğal Soğutma (Free Cooling)

Alışveriş merkezleri gibi büyük ölçekli sistemlerde, binanın belirli kısımları ısıtma ihtiyacı duyarken diğer kısımlar soğutma ihtiyacı duyabilmektedir. Bina içinde dolaşan kapalı devre tesisat suyu, belirli kısımlar ısıtılırken uygun sıcaklık değerine kadar soğuyarak, soğutma gereksinimi olan mahalleri şartlandıran ısı pompalarına opsiyonel olarak yerleştirilebilen sulu bataryadan (*Şekil 3.215.A*) geçerek doğal soğutma sağlayabilmektedir. Bu durumda soğutma, kompresörler çalıştırılmadan sadece fanlar vasıtasıyla yapılabilmektedir. Sistemde su devresi üzerinden ısı geri kazanımı sağlanarak, ilave enerji tasarrufu yapılabilir.

Tasarım ve işletim şartlarına bağlı olarak, 10°C giriş suyu sıcaklığında ekonomizörden elde edilecek soğutma kapasitesi, kompresör devrede iken üretilebilecek kapasitenin yarısı kadar olabilir.

c. Isı Geri Kazanım Bataryası ile Doğal Soğutma Yapan Yer Altı Su Kaynaklı Isı Pompası Uygulaması

Soğutma gereksinimi yüksek olan ticari uygulamalarda, yer altı suyu, kaynak olarak çok yüksek verimlilikle kullanılabilmektedir. Dış hava sıcaklığından bağımsız olarak 10-15°C mertebelerinde olan kaynak sıcaklıkları, ısı pompalarında özellikle soğutma işletiminde, soğutma kuleli sistemlere nazaran büyük performans artışı yaratmaktadır. Örneğin, kondenseri 15°C su ile soğutulan su kaynaklı bir ısı pompası 6,16 EER değerine ulaşabilmektedir.

Kuyu sularının, HVAC sistemlerinde doğrudan kullanımı, su kalitesi ve bakım maliyetleri dolayısı ile tercih edilmemektedir. Bu sebeple, yer altı su kaynaklı sistemlerde, plakalı eşanjörler kullanılarak çok büyük verim kaybına neden olmadan, işletim güvenliği sağlanabilmektedir. Yer altı kuyu devresi (primer) ve ısı pompası kondenserlerinin soğutulduğu kapalı su devresi (sekonder) sıcaklıkları uygun şekilde tasarlanarak, yatırım ve işletim maliyetleri optimize edilebilir.

Sıcak iklim bölgelerinde, soğutma için tasarım dış hava kuru termometre sıcaklıkları 39-40°C olmaktadır. Isı pompaları soğutma işletiminde iken, kuyu devresinden çekilen ve üzerine aldığı kondenser ısısı ile sıcaklığı yükselen yer altı suyu sıcaklıkları yaklaşık 19°C'de

kaynağa geri verilebilmektedir. Yer altı suyu, kaynağına geri gönderilmeden, 40°C sıcaklığında alınan taze havanın kuru termometre sıcaklığı 8-10°C daha düşürülebilir. Böylece dış hava, %100 taze hava cihazına girmeden ön şartlandırılmaya tabi tutulmuş olacaktır. Harcanan primer enerji miktarı azaltılarak, cihaz ve sistem verimliliği artırılacaktır.

Bu tip ısı geri kazanımlı sistem tasarımlarında, yer altı suyu ve dış hava tasarım sıcaklıklarına bağlı olarak, kullanılacak hava bataryası özel olarak tasarlanmalı ve haricen temin edilmelidir. Taze hava ısı pompası kondenseri ve ısı geri kazanım bataryası su devreleri ve plakalı eşanjörleri ayrı tasarlanmalı ve uygulanmalıdır. Su devrelerindeki debiler ve sıcaklıklar, yer altı sıcaklık rejimini etkilememelidir. Çok hassas yer altı suyu kaynak analizleri yapılarak, sistem verimliliği yanı sıra çevresel etkiler de değerlendirilmelidir.

Doğru tasarlanmış sistemler, çok yüksek verimlilik ile yer altı suyundan fayda sağlanmasına olanak verecektir.

3.6.3. SOĞUTMA KULELERİ

Soğutma periyodunda sistemdeki ısı pompalarının su devresine attıkları ısı miktarı kadar enerji sistemden uzaklaştırılmalıdır. Bu amaçla soğutma kuleleri kullanılmaktadır.

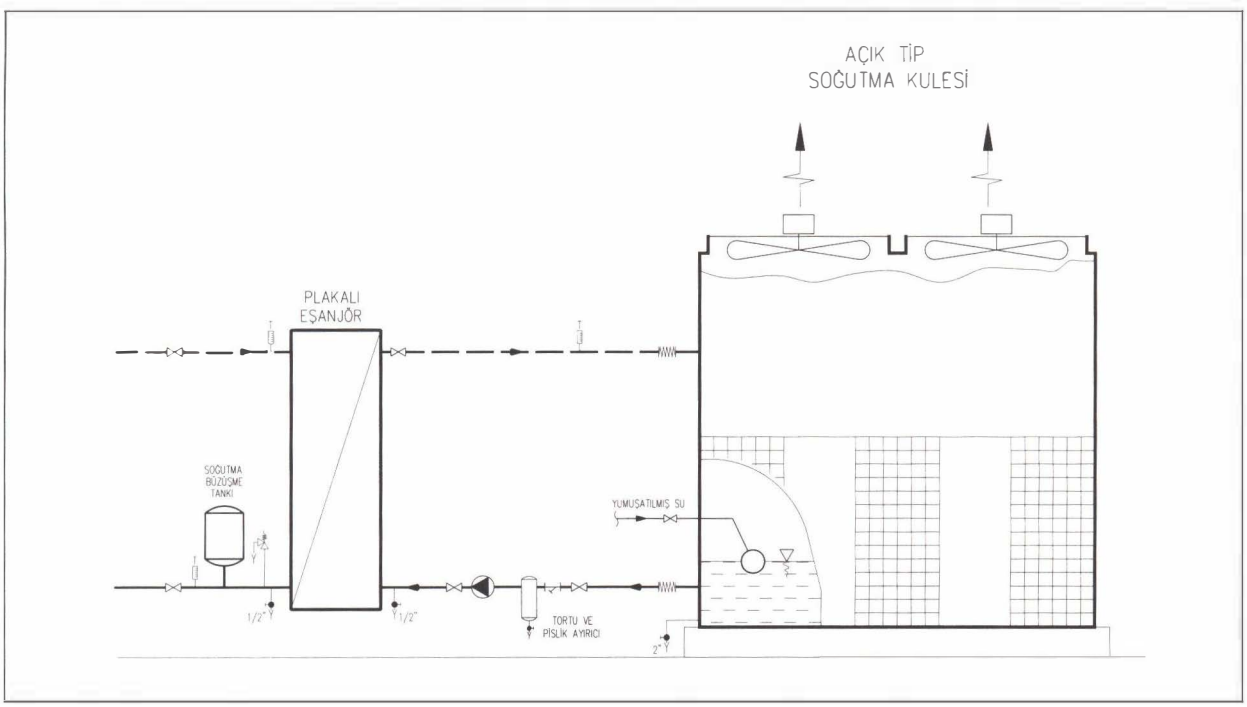
3.6.3.1. Soğutma Kulesi Tipleri

a. Açık Soğutma Kuleleri

Isı pompalarının kaynak devresinde ısınan suyun, bir veya birden fazla kule fanı ile sağlanan hava akımına ters yönde püskürtülerek soğutulması (serinletilmesi) prensibi ile çalışır (*Şekil 3.216).* Hava ile suyun teması esnasında suyun buharlaşması, suyun soğumasına neden olur. Su sıcaklığının düşürülebileceği değer, çevre havasının yaş termometre sıcaklığına bağlıdır. Suyun soğutulabileceği minimum sıcaklık, havanın yaş termometre sıcaklığının birkaç derece üzerindedir. Aynı şartlarda bir kuru soğutucu kullanımı ile sağlanabilecek en düşük su sıcaklığı ise daha yüksek olacaktır.

Bu tip kulelerin en önemli dezavantajları, su devresinin hava ile doğrudan temas etmesidir. Açık tip kulelerde, atmosfere açık işletim dolayısı ile gerçekleşen su kaybı 1,5 (l/h)/kW mertebesinde olabilmektedir. Kaybedilen su miktarı kadar taze su, sisteme ilave edilmektedir. Taze su ile birlikte, ısı pompası kondenserlerinde meydana gelebilecek aşınma, kirlilik ve buna bağlı performans değişiklikleri tasarımda dikkate alınmalıdır. Kulenin, sistem için zararlı kimyasal içerikten arındırılabilmesi için, kuledeki su haznesinin belirli sıklıkta tamamen boşaltıp, taze su ile doldurulması gerekmektedir. Başka bir dezavantaj ise, hava ile temas esnasında su devresinde artan oksijen içeriği ve sistemde artan korozyon riskidir. Kontrollü su şartlandırması ve düzenli bakım, verimli işletim açısından çok büyük önem taşımaktadır.

Açık soğutma kulelerinin en büyük avantajı, düşük ilk yatırım maliyetleridir. Sistemlerde en az verim kaybı ile işletim sağlayabilmek amacıyla, açık soğutma kuleleri eşanjör ile birlikte kullanılmaktadır. Sistem kapalı devresi ve kule arasında kullanılan eşanjörler sayesinde, ısı pompası kaynak devresi ısı değiştiricilerinde daima daha temiz olan sistem suyu dolaşır. Bu uygulama ile, sistemde su ve cihazlarda performans kaybı oluşmaması hedeflenir. Ancak kullanılacak kule eşanjörlerinin,



Şekil 3.216. AÇIK SOĞUTMA KULESİ

hiçbir zaman %100 ısı transfer verimine sahip olamamaları, eşanjör kullanılmayan açık kule sistemlerine nazaran soğutma kapasitesinde kayba yol açmaktadır. Açık kule sistemlerinde, boru tip veya plakalı eşanjörler kullanılabilir. Isı transfer verimi açısından daha çok plakalı eşanjörler tercih edilmektedir. Eşanjörün kule tarafında, ilave bir pompa gereksinimi doğmaktadır.

b. Kapalı Soğutma Kuleleri

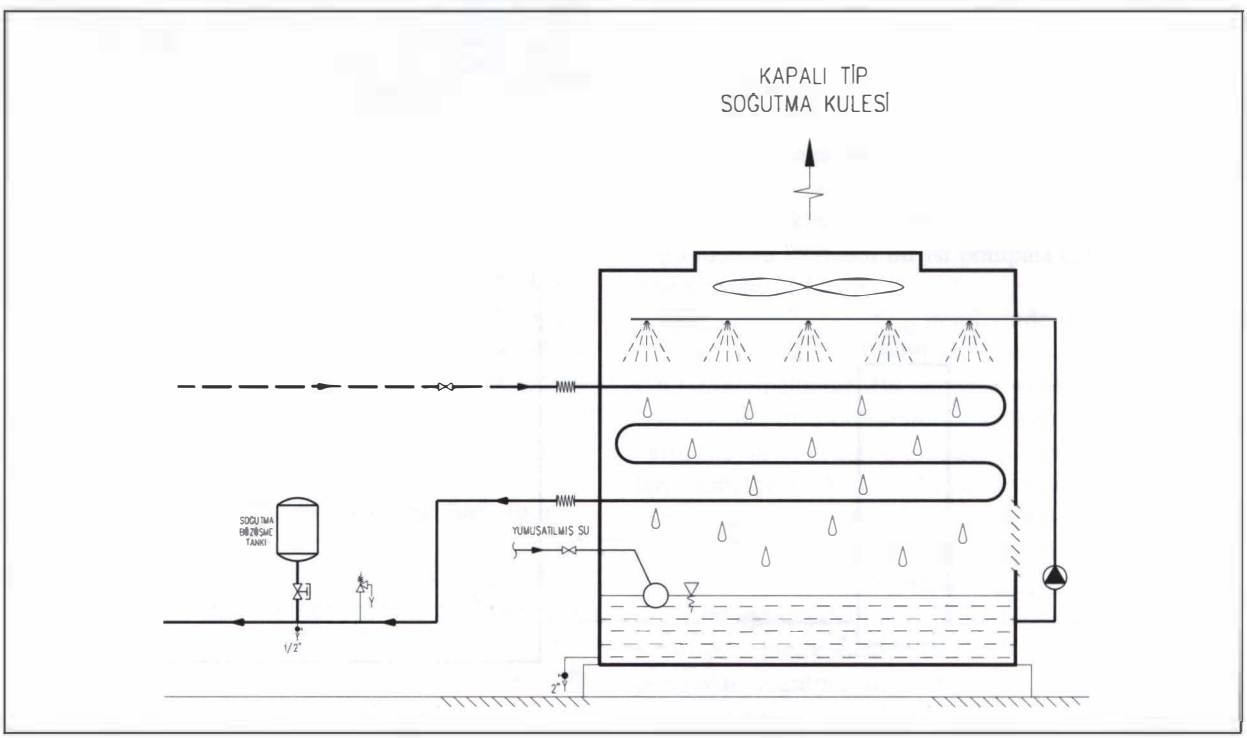
Harici eşanjörler ile desteklenen açık soğutma kulelerine alternatif ideal bir çözümdür. Bu tip kulelerde, ısı değiştiricisi doğrudan kulenin içerisinde bulunmaktadır. Kule içerisinde serpantin şeklindeki ısı değiştiricisinde dolaşan kapalı devre sistem suyu, serpantin üzerinden sprey pompa ile püskürtülen kule suyu ve ters yönlü hava akışı ile soğutulmaktadır (*Şekil 3.217*). Böylece soğutulacak su, dış ortam ile temas etmeden kapalı bir devrede soğutulmuş olur. Kapalı su devresinde su kaybı olmadan hava girişi ve buna bağlı korozyon riski azaltılarak daha güvenli bir işletim sağlanmaktadır. Kuledeki hava akışı zorlanmış ya da doğal olabilir. Isı transfer yüzeyini arttırmak için dolgu malzemesi kullanılabilir. Zorlanmış akışlı kulelerde hava hareketi, radyal veya aksiyel fanlar ile sağlanır. Titreşim ve ses kriterleri dikkate alınarak, fan yapısı ve buna bağlı olarak kule tipi belirlenmelidir. Kapalı soğutma kuleleri, açık kuleler ile kıyaslandığında, daha yüksek su devre sıcaklıklarına sahiptirler. Harici eşanjör ile kullanılan açık tip kuleler ile kıyaslandığında, getirdikleri en büyük avantaj ise ilave pompa kullanımı gerektirmeyen tasarımlarıdır. İlk yatırım ve işletimde bu fark önemli bir seçim kriteridir. Bu özelliği ile kapalı soğutma kuleleri, uygulama ve tasarımda kolaylık sağlamaktadır.



Şekil 3.218. KAPALI SOĞUTMA KULESİ UYGULAMA ÖRNEĞİ

c. Kuru Soğutucular

Kuru soğutucularda temel prensip, kapalı su devresindeki ısının, bir fanlı eşanjör sistemi yardımıyla havaya aktarılmasıdır. Fanlar ile emilen havanın, kanatlı borulu ısı eşanjörü arasından geçerken boru içindeki akışkanı soğutması esasına göre çalışır. Bu yöntemde eşanjörün dış yüzeyi diğer soğutma kulelerinde olduğu gibi ıslatılmamaktadır. Bu durumda, kanatlarda kireçlenme ve korozyon gibi sorunlar yoktur. Sistemin kapalı devre çalışması sayesinde, sistem suyunun azalması problemiyle de karşılaşılmaz. Bu tip kuleler, dış hava kuru termometre sıcaklığına bağlı olarak değişen kapasite-



Şekil 3.217. KAPALI SOĞUTMA KULESİ

ye sahiptirler. Kuru termometre sıcaklığının yaklaşık 5°C üzerine kadar soğutulmuş su elde edilebilir. Bu tip kuleler, dış hava kuru termometre sıcaklıklarının 27-30°C'nin altında olan bölgelerde kullanılabilir. Kule büyük boyutlandırılarak ve su debileri artırılarak, kuru termometre sıcaklığına yakın yaklaşım sıcaklıklarına ulaşabilmek mümkün olacaktır Ancak bu durumda kule ilk yatırım maliyeti ve pompalama maliyetleri artacaktır. Kuru tip soğutucuların soğutma kulelerine göre sağladıkları en büyük avantaj, suyun sınırlı olduğu veya evaporatif kule kullanılamadığı durumlarda, düşük bakım giderleridir. Dezavantajları ise, yüksek su devresi sıcaklıkları ile azalan ısı pompası cihaz verimi ve 500-700 kW üzeri kapasitelerde kullanımı zorlaştıran büyük ünite ebatlarıdır.

3.6.3.2 Kule Kontrolü ve Donma Koruması

Kapalı devre sistem su sıcaklıkları, mevsime bağlı işletim yoğunluğuna bağlı olarak, belirli değerler arasında sabit tutulmaktadır. Kapalı kulelerde kademeli fan, damper kontrolü, frekans kontrollü pompa gibi önlemler ile kule devresinde enerji tasarrufu sağlanabilir. Kule işletiminde, önce kule pompası, (varsa) damperler ile doğal hava sirkülasyonu kontrolü, fan işletimi ve son olarak sprey pompa devreye girmesi ile ihtiyaç duyulan soğutma gücüne kademeli olarak ulaşılabilir.

Kış döneminde kapalı soğutma kulelerinin, dış hava sıcaklığının donma sınırının altında olduğu durumlarda donma kontrolü önem kazanır. Donma koruması ilk etapta, emiş ve üfleme hatlarındaki (varsa) damperlerin kapatılması ile yapılabilir. Modülasyonlu bir fan damperi de hava akışını azaltacak şekilde aynı işlevi görebilir. Kule gövdesi ve su haznesi donmaya karşı en az 5 cm yalıtımlı olmalıdır.

Kule devresinde yeterli miktarda glikol içeren antifiriz kullanımı ile donma koruması sağlanabilir. Isı pompalarında kapasite düşümü ve sirkülasyon maliyetlerinin artışını önlemek için antifiriz oranı çok yüksek tutulmamalıdır. Su devresinin donma olasılığına karşı, sistemlerde hacimsel olarak %10 oranında antifriz kullanımı önerilir. %10 ve altındaki oranlarda karışım, sistem performansında ihmal edilebilir bir etki yaratır, fakat daha yüksek oranlarda performans kötüleşir. %35-50 arası karışımlarda, düşük özgül ısı taşıma kapasitesi nedeniyle, sistem debisini arttırmak gerekir. Yüksek sistem debisi ve yüksek akışkan viskozitesinin sonucu artan sürtünme kaybı, pompalama gücünü ciddi oranda artırır. Isı pompası ve kazan gibi diğer sistem bileşenlerinin üretici montaj ve işletme talimatlarına uygun kimyasal kullanımı büyük önem taşımaktadır.

Donma koruması için kulelerin boşaltılması bir çözüm olabilir. Bu uygulama, sistemde kış aylarında soğutma yükünün hiçbir zaman çok fazla olmayacağı durumlarda düşünülebilir.

3.6.3.3. Kule Seçimi

Sistem tasarımında en önemli adımlardan biri, soğutma kulesi seçimidir. Soğutma kuleleri, soğutma işletiminde ısı pompaları ile su devresine aktarılan ısının, atmosfere atılmasını sağlar. Kule seçiminde, binanın yük karakteristiği ve kullanım amacının yanı sıra, su temini büyük önem taşır.

Sistemdeki tüm zonlar, eş zamanlı olarak en yüksek soğutma gereksinimi duymamaktadır. Farklı zonlarda, pik yük oluşan saatlerde gerek duyulan taze havanın getireceği duyulur ve gizli yükler ve güneş radyasyonu dolayısı ile değişken olan ısı kazançları dikkate alınarak kule tasarımı yapılmalıdır. Diversite faktörü, sistemin büyüklüğüne ve yük değişkenliğine bağlıdır. Küçük ölçekli sistemlerde kullanılabilecek diversite faktörü, büyük sistemlere nazaran her zaman daha büyük olacaktır. Mevcut sistemlerin bina otomasyonu ile kontrol edilmesi durumunda, çalışma süreleri ve diversite çeşitli veriler izlenerek kolaylıkla belirlenebilir. Ancak, tasarım aşamasında her türlü sisteme uygun bir hesap yaklaşımı bulunmamaktadır. Söz konusu proje ile ilgili yapılacak soğutma yük hesapları, en doğru yaklaşımla kule seçiminin yapılmasını sağlayacaktır. Soğutma kulesi seçiminde diversite faktörünün belirlenmesi için aşağıdaki değerler göz önünde bulundurulabilir.

- 17 m^3/h (75 gpm) sistem debisinin altında diversite faktörü 1,0
- 17-34 m^3/h (75 - 150 gpm) sistem debisi arasında diversite faktörü 0,85
- 34 m^3/h (150 gpm) sistem debisinin üzerinde diversite faktörü 0,75

Kule seçimi yapılırken, sistem su debisi, aralık, yaklaşım ve tasarım yaş termometre sıcaklık değerlerine ihtiyaç duyulur.

Yüksek su devresi tasarım sıcaklıklarında kule ebatları küçülürken, ısı pompalarında sağlanabilecek soğutma kapasitesi ve verim olumsuz yönde etkilenecektir. Kule giriş-çıkış su sıcaklıkları arasındaki farka **aralık** (range) adı verilir. Bu değer, ısı pompası soğutma verimliliği, su debisi ve diversiteye bağlıdır. Genellikle 5-8°C aralığındadır. Yaş termometre sıcaklığı ile kule çıkış suyu sıcaklığı arasındaki fark ise **yaklaşım** (approach) olarak adlandırılır.

Diversite, binanın pik soğutma yükünün, kurulu toplam soğutma kapasitesine oranıdır.

$D = Q_m / Q_i$

D : Diversite

Q_m : En yüksek sürekli soğutma kapasitesi (binanın pik soğutma yükü)

Q_i : Toplam kurulu soğutma kapasitesi

Diversite ile ortalama giriş-çıkış sıcaklık farkı (aralık) çarpımı, sistemin uygulamadaki (tüm ısı pompalarının çıkışındaki sıcaklık artışı ve kule çıkışındaki sıcaklık düşümü) çalışma aralığını verir.

Sabit bir sirkülasyon debisi ile işletilen bir sistemde,

yükten bağımsız olarak R_s,

$R_S = D \times R_P$

R_S : sistem aralığı

R_P : ısı pompalarının ortalama aralığı

Frekans kontrollü pompa ve her bir ısı pompası cihazında on-off iki yollu vana ile debi kontrolü yapılan bir sistem için $R_S \approx R_P$ olmaktadır.

Bu durumda, ısı pompaları çıkışındaki ortalama su sıcaklığı, kule giriş suyu sıcaklığı olarak kabul edilebilir. Kule çıkış suyu sıcaklığı ise ısı pompaları giriş suyu sıcaklığına eşit kabul edilebilmektedir.

Örnek bir hesaplama ile kule seçimi için verilen değerler;

- ısı pompalarında su devresine atılan toplam ısı miktarı 813 kW (2.774.695 Btu/h)
- sistem su debisi 127 m^3/h (559 gpm)
- tasarım yaş termometre sıcaklığı 23°C (74°F)
- kule çıkış suyu sıcaklığı 32°C (90°F)'dir.

Sistem su debisi

Isı pompalarının işletimi için gerekli olan toplam su debisidir. Sistem debisi, tüm ısı pompaları seçimi yapıldıktan sonra belirlenmelidir. Yaklaşık bir hesap yapabilmek için 1 kW soğutma yüküne karşılık 0,2 m^3/h (3 gpm/ton) su debisi kabul edilebilir. Su debisi hesaplanırken diversite faktörü dikkate alınmaz. Örnek sistem su debisi 127 m^3/h olarak verilmiştir.

Yaklaşım

Kule çıkış suyu sıcaklığı ile tasarım yaş termometre sıcaklığı arasındaki fark olan yaklaşım değeri, örnek hesabımızda 32°C–23°C = 9°C olarak kabul edilmiştir. Kule çıkış suyu sıcaklığı aynı zamanda ısı pompaları giriş suyu sıcaklığıdır. Yaklaşım hesabında diversite dikkate alınmamaktadır.

Aralık

Sistemde ısı pompalarından su devresine atılan toplam ısı miktarı (813 kW) ve sistem su debisi (127 m^3/h) bilindiğine göre, aralık aşağıdaki denklemden hesaplanabilir. Denklemdeki 1,15 sabit bir kaysayıdır.

Aralık = soğutma kapasitesi / (1,15 x debi)

Q : soğutma kapasitesi (kW)

R_S : aralık (°C)

m : sistem su debisi (m^3/h)

$$R_S = \frac{Q}{1{,}15 \times m}$$

$$R_S = \frac{813}{1{,}15 \times 127} = 5{,}56°C$$

Btu/h cinsinden hesap yapılacak ise denklem,

Q : soğutma kapasitesi (Btu/h)

R_S : aralık (°F)

m : sistem su debisi (gpm)

$$R_S = \frac{Q}{500 \times m}$$

şeklindedir.

Eğer su devresine atılan toplam enerji miktarı hesaplanmamış ise, toplam soğutma yükünün 1,3 katı hesap değeri olarak kullanılabilir.

Soğutma kulesi seçiminde, aralık, diversite faktörü dikkate alınarak hesaplanır.

Diversite kabulü 0,75 olduğunda aralık değeri 5,6×0,75 = 4,2°C'dir

Kule çıkış suyu sıcaklık değerinin 32°C olduğu durumda giriş suyu sıcaklığı 36,2°C olacaktır.

Aslında sistemde çalışmakta olan ısı pompası için su devresi giriş-çıkış su sıcaklıkları 32°C/37,6°C şeklinde iken, çalışmayan cihazların olmasından dolayı kuleye dönen sistem suyunun sıcaklığı 36,2°C olacaktır. Diversite faktörü kullanılarak yapılan hesap sonucu, aralık değerinin azalması kule seçimini etkileyebilir.

Kış döneminde soğutma işletiminin olduğu (alışveriş merkezleri, ofis binaları vb) sistemlerde, kapalı devre kule pompası sürekli işletilebilir. Böylece kulede düşük dış hava sıcaklıklarından dolayı yüksek verimle soğutma gerçekleştirilebilir.

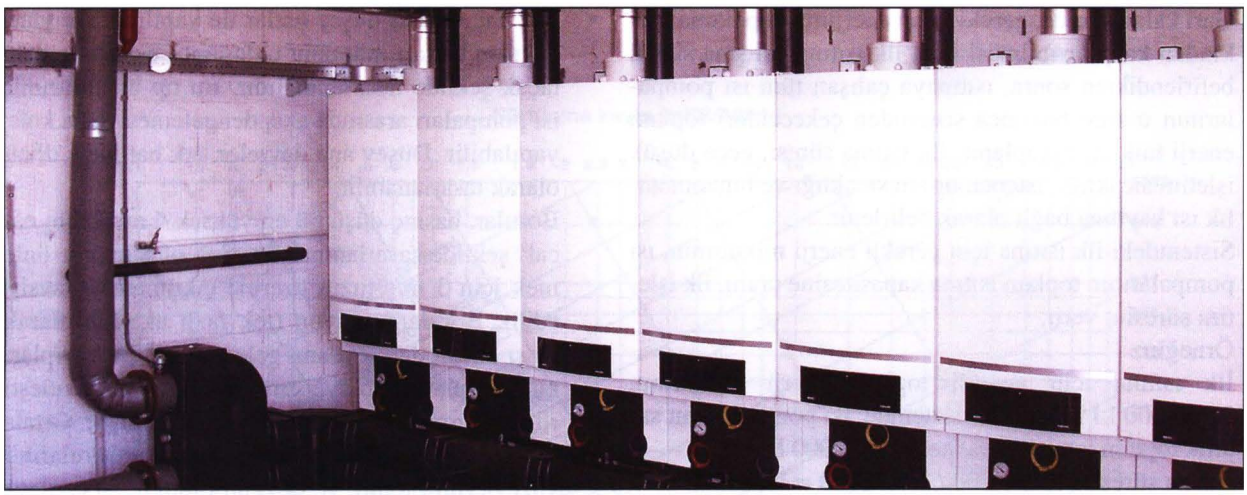
3.6.4. KAZAN KAPASİTESİNİN BELİRLENMESİ VE KAZAN SEÇİMİ

Isıtma periyodunda, sistemdeki ısı pompalarının su devresinden çektikleri ısı miktarı kadar sisteme enerji verilmesi gerekmektedir. İhtiyaç duyulan ısı, yer tipi sıvı/gaz yakıtlı veya duvar tipi yoğuşmalı kazanlar ile sağlanabileceği gibi, yeterli depolama imkanı varsa, kısmen güneş enerjisinden faydalanılarak da sağlanabilir.

Isıtma periyodu için gerekli olan 20-25°C mertebesindeki tasarım sıcaklıkları, standart kazanlar için yoğuşma sınır sıcaklıklarının çok altında olduğundan, ısıtma dönemi boyunca kazan, yüksek bekleme sıcaklıklarında tutulmak zorundadır. Bu durumda ısı pompası su devresinde istenen sıcaklıklar karışım vanaları kullanılarak ayarlanır. Gaz yakıt kullanımında, kazanlardaki durma kayıplarının (ışınım, baca vb) önlenebilmesi için oransal brülörlü yer tipi kendinden yoğuşmalı kazanlar veya duvar tipi yoğuşmalı kaskad sistemler tercih edilmelidir. Böylece, hedeflenen su sıcaklıkları, kazan yüksek sıcaklıklara çıkartılmadan, hassas kapasite kontrolü ve düşük enerji maliyetleri ile sağlanabilecektir.

Eğer sistemde mevcut bir buhar üreticisi veya bölgesel bir ısıtma sistemi varsa, plakalı veya boru tip eşanjörler ile bu kaynaklardan faydalanılabilir.

Kazan kapasitesinin belirlenmesinde, sistemin işletim şekli önemlidir. Eğer sistemde düşük sıcaklık işletimi varsa, gece işletiminde iç ortam ayar sıcaklıkları, gündüz saatlerine göre daha düşüktür. Bu durumda, sistemin sabah saatlerinde tam yükte işletimi gerekli olabilir. Gündüz işletiminde istenilen sıcaklıklara ulaşmak için, binanın kullanıma açılmasından önce 1-1,5 saat kadar süre ile, sistemde tam yükte ısıtma yapılması gerekebilir. Bu süreçte, bina kullanımda olmadığından, iç ısı kazançları en düşük seviyededir.



Şekil 3.219. DUVAR TİPİ YOĞUŞMALI KASKAD UYGULAMA ÖRNEĞİ

Bu açılardan bakıldığında ısıtma işletiminde, soğutma işletiminde güneş radyasyonu ile gerçekleşen ısı kazançlarının yaratacağı gibi bir diversite faktörü söz konusu olmamaktadır.

Sistemin pik ısıtma yükü ele alındığında, kazan seçiminde dikkate alınması gereken en önemli faktör, ısıtma işletiminde ısı pompalarının su devresinden çekecekleri toplam enerji miktarının belirlenmesi olacaktır. Isı pompaları, ısıtma kapasitelerinin yaklaşık %25'ini kompresör ve fanlarda açığa çıkan ısıdan, %75'ini su devresinden sağlarlar. Herhangi bir diversite yaklaşımı olmadan yapılacak bir hesaplamada kazan kapasitesinin, ısı pompalarının toplam ısıtma kapasitesinin %75'i kadar olması gerekir.

Düşük gece işletimi sonrasında sabah işletiminde, ısıtma ile birlikte sürekli soğutma yapan cihazlar (çekirdek zon, sistem odası ve diğer soğutma devreleri) da devreye giriyorsa, soğutma yükünün belirli bir kısmı gerekli olan kazan kapasitesinden düşülebilir. Ancak kullanılacak kazan kapasitesinin, binanın düşük işletimdeki ısı kaybının %75'inin üzerinde olması tavsiye edilir.

3.6.5. DEPOLAMA TANKI KULLANIMI

Su kaynaklı ısı pompası sistemlerinde depolama tankı kullanımı, birbirini takip eden ısıtma ve soğutma işletimlerinin gerçekleştiği durumlarda, yüksek miktarda enerji tasarrufu sağlamakta, kazan ve kule işletim sürelerini ve şalt sayılarını azaltmaktadır.

Depolama tanklarının kulanım amacı, atık enerjiyi depolayarak, gereksinim olan işletimde bu enerjiden faydalanmaktır. Özellikle kış dönemi ve geçiş mevsimlerinde, depolama tanklarından büyük fayda sağlanabilmektedir. Sabah güneş ışınımı ile başlayan ve gün içerisinde ışınım ve iç ısı kazançları ile devam eden, soğutma yükleri karşılanırken su devresine aktarılan ısı, depolama tankında korunur. Akşam ve gece saatlerinde oluşacak ısıtma gereksinimi, sıcaklığı belirli bir değere ulaşmış olan depolama tankından karşılanır. Böylece, gündüz ve gece periyotlarında gerçekleşecek, birbirini takip eden soğutma ve ısıtma işletimleri arasında enerji geri kazanımı sağlanır.

Düşük sıcaklıklı depolama uygulamalarında sistem sıcaklıkları 15-38°C aralığında tutulmaktadır. Bu sıcaklık aralığında depolanan su, sistemde doğrudan veya su devresi dönüş suyu ile karıştırılarak kullanılabilir. Düşük sıcaklıklı depolama sistemlerinde, güneş enerjisinden faydalanmak mümkün olabilmektedir.

Düşük işletim sonrası, sabah ilk ısıtma periyodunda tüm ısı pompalarının eş zamanlı çalışması durumunda, ilk 15 dakika süresince ihtiyaç duyulan toplam enerjinin su devresinde bulunan su kütlesinden karşılanması mümkün olabilir. Bu süre sonunda kazan devreye girer. Sistemde gerekli ilave depolama tankı hacminin hesaplanması karmaşık olmakla birlikte, bazı kabuller ile hacim pratik olarak belirlenebilir. Sabah ilk ısıtma periyodu ve gece işletimi için gerekli yükler karşılanacak ise her iki durum için ayrı hesap yapılmalıdır.

Tipik su kaynaklı ısı pompası sistemlerinde, bağlantı boruları ve ana hatlardaki toplam su miktarı kW başına 13 kg olarak kabul edilebilir. Uzun ana hat ve dağıtım hatlarının olduğu projelerde sistem su kütlesi daha detaylı olarak hesaplanmalıdır.

Toplam su kütlesi 30°C sıcaklıkta olan bir sistemde, sabah ilk ısıtma işletimi başladığında, gece işletim tipine (düşük sıcaklık) ve o andaki dış hava sıcaklığına bağlı olarak, mahal tasarım sıcaklıklarına ulaşma süresi 60 dakika olarak kabul edilmiştir..

Sistemdeki su sıcaklığı 30°C'den 15°C'ye düştüğünde kazan devreye gireceği kabul edilirse, su devresinde, 15°C sıcaklık farkı ve 1 kW başına 13 kg su miktarından hareketle, 15°C×13.000 g = 195.000 cal = 817 kJ depolanmış faydalanılabilir enerji olduğu görülecektir. ((817 kJ/kW) / (60sn/dk) = 13,6 dk) Buradan, sistemin ilk 14 dakika süresince su devresinde depolanmış enerjiyi kullanarak ısıtma yapılabileceği sonucu çıkmaktadır.

Geri kalan sürede, gerekli olan enerjinin depolama tankından karşılanabilmesi için, ilk ısıtma çalışma süresi belirlendikten sonra, ısıtmaya çalışan tüm ısı pompalarının o süre boyunca sistemden çekecekleri toplam enerji miktarı hesaplanır. İlk ısıtma süresi, gece düşük işletim sıcaklığı, istenen ortam sıcaklığı ve binanın anlık ısı kaybına bağlı olarak belirlenir.

Sistemdeki ilk ısıtma için gerekli enerji miktarının, ısı pompalarının toplam ısıtma kapasitesine oranı, ilk işletim süresini verir.

Örneğin;

İlk ısıtma için gerekli toplam enerji miktarının 3.150.000 kJ olduğu bir sistemde, ısı pompalarının saatlik toplam ısıtma kapasitesi 2.900.000 kJ ise,

Isıtma süresi = 3.150.000 / 2.900.000 = 1,08 saat ≈ 65 dakikadır.

Sistem yukarıda verilen örnek çalışma sonucu 1 kW yük başına 13 kg su miktarı var ise, 14 dakika boyunca su devresinde depolanmış enerjiyi kullanabilecek, geri kalan 51 dakika (0,85 saat) süre için ısıtma gerekecektir.

Isı pompalarının bir saat süreyle su devresinden çekecekleri toplam enerji miktarı 2.240.600 kJ olarak hesaplanmıştır. Ancak sistem ilk ısıtma için 51 dakika (0,85 saat) süre ile çalışacağından, 2.240.600 kJ × 0,85 = 1.904.510 kJ = 454.500 kcal enerji gereksinimi vardır.

Su sıcaklığının 30°C'den 15°C'ye düşeceğini kabul ederek, 454.500 kcal / 15°C = 30.300 kg su depolanmalıdır.

İlk çalışma süresinin kısmen depolama tanklarından karşılanması, daha düşük depolama hacimleri ile sağlanabilecektir. Bina işletim sıcaklığına ulaştığında, çoğu zaman eş zamanlı ısıtma ve soğutma yükleri oluşur. Gerçekte kış boyunca, birçok modern bina, kullanım saatleri boyunca soğutma yüküne ve kullanım olmayan durumda ısıtma yüküne sahiptir. Depolama tanklı sistemler, gece ve sabah ön ısıtması için gün boyunca elde edilen fazla ısının kullanımına izin verir.

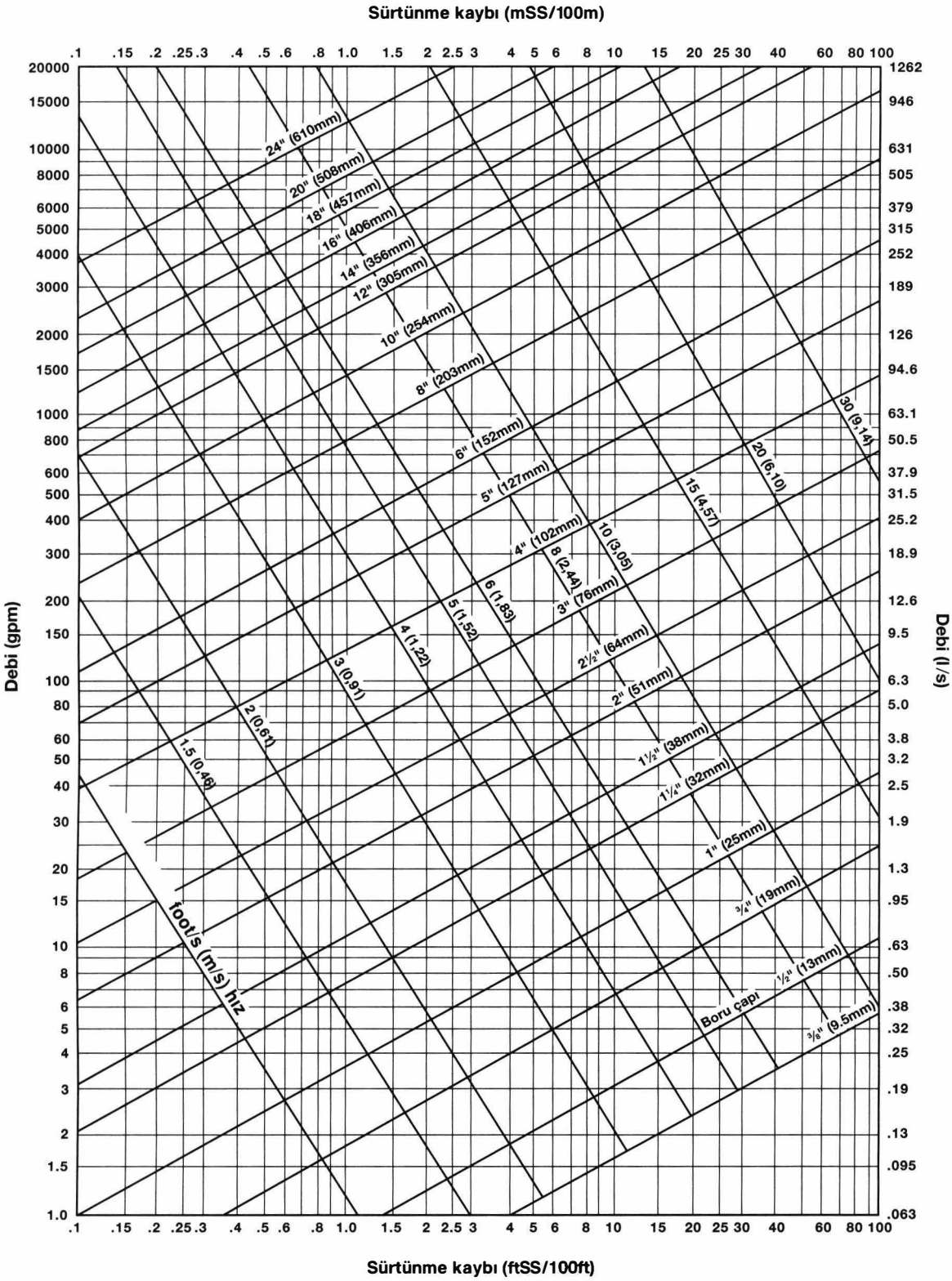
İlgili bilgisayar programları, depolama tankının sistem işletmesine etkisini bulmak için pratik analitik bir yöntem sunarlar. Tasarımcı, depolamadan beklediği faydaları belirlemeli ve bilgisayar programları ile tank karşılaştırmaları için deneme seçimleri yapmalıdır.

3.6.6. SU KAYNAKLI ISI POMPASI SİSTEMİNİN DİĞER BİLEŞENLERİ

3.6.6.1. Boru Devresi ve Pompalar

Sistemdeki her ısı pompası için gerekli olan su debisi, uygun boru çapı hesabı yapılarak sağlanmalıdır. Boru malzemesi olarak siyah çelik borular tercih edilmelidir. 2" üzeri çaplarda kaynaklı bağlantı, daha küçük çaplarda ise dişli bağlantı kullanılmaktadır. 7 bar ve üzeri basınçlar için yüksek basınç dayanımlı borular tercih edilmelidir.

- Kat dağıtımları düşey hatlar ile yapılıyor ise yatay dağıtım hatları mümkün olduğunca eş direnç yaratacak şekilde tasarlanmalıdır. Bu tip bir tasarımla, ısı pompaları arasında akış dengelemesi daha kolay yapılabilir. Düşey ana devreler, tek hat gidiş dönüş olarak tasarlanabilir.
- Borular, basınç düşümü en yüksek 4 mmSS/m olacak şekilde tasarlanmalıdır. Ses oluşumunu önlemek için 3 m/s hızın üzerine çıkılmaması tavsiye edilir. Borularda suyun (tek fazlı akışkan olarak) akışı sırasında meydana gelen sürtünme kayıplarının hesaplarını kolaylaştırmak amacıyla, basitleştirilmiş birçok tablo ve grafik hazırlanmıştır. Ortalama sıcaklığı 20°C olan suyun akışı için, boruların iç yüzeylerinin temiz ve düzgün olduğu varsayılarak hazırlanmış olan *Şekil 3.220*'deki grafikte, demir/çelik borulara ait sürtünme kayıpları verilmektedir. Bu grafik, soğutulmuş su (chilled water) ile kondenser soğutma suyu devrelerinin tasarımında kullanılmaktadır. Aynı grafik, sıcak sulu ısıtma sistemi borularının hesabı için kullanıldığında gerçek sürtünme kayıplarına nazaran %10 civarında daha fazla bir basınç düşümü değeri vermektedir.
- Boru devresindeki toplam basınç kaybını bulmak için, düz boru hat kayıplarının yanı sıra bağlantı parçaları ve boru devresi üzerinde bulunan diğer bileşenlerin yaratacağı yerel basınç kayıpları da hesaplanmalıdır. Bunun için, her bir bağlantı parçası ve birleşim noktasının eş değer uzunluğu bilinmelidir. Eğer sistemdeki yerel basınç kayıpları ayrıntılı hesaplanamıyorsa, yaklaşık olarak düz boru devresinde gerçekleşen basınç kaybının 1,3 katı yerel basınç kaybı olarak kabul edilebilir.
- Tüm hatlar üzerindeki düz boru ile yerel kayıplar ve cihaz içi basınç kayıpları hesaplandıktan sonra kritik hat belirlenmeli ve bu devrede gerçekleşen toplam basınç kaybı dikkate alınmalıdır. Böylece, en yüksek kondenser (ısı pompası su devresi eşanjörü) basınç kaybı olan cihaz değil, en yüksek toplam basınç kaybı olan devreye göre hesap yapılmış olacaktır. Sirkülasyon pompasına yakın bir cihazın, su devresi basınç kaybı yüksek olsa bile, daha uzakta ve su devresi basınç kaybı düşük olan bir cihaza giden hattın toplam basınç kaybı daha yüksek olabilir.
- Sistem tasarımında, kule ve kazan sirkülasyon pompalarının ayrı olması tavsiye edilir. Bu pompaların basma yükseklikleri, ilgili hatlarda gerçekleşen basınç kaybına bağlı olarak ayrıca belirlenmelidir. Isı pompalarını besleyen ana hat pompaları ise ayrıca belirlenmelidir.
- Sirkülasyon pompalarının işletim maliyetlerini azaltmak için her ısı pompası çıkışında iki yollu vana kullanarak, frekans kontrollü pompalar tercih edilebilir.



Şekil 3.220. DEMİR/ÇELİK BORU İÇİN DEBİ VE BASINÇ KAYBI GRAFİĞİ

- Isı pompalarının su devresi giriş ve çıkış bağlantıları, boru devresine titreşim ve ses iletimini engellemek ve mekanik yorulmaları azaltmak amacı ile esnek montaj ekipmanları kullanılarak tasarlanmalıdır.
- Bina dışında kalan ve ısıtılmayan mahallerden geçen borular, donma riski ve enerji kaybına karşı yalıtılmalıdır.
- İlk doldurma sırasında kapalı devrenin havasının alınabilmesi için, sistemin yüksek noktalarında otomatik hava pürjörleri kullanılmalıdır. Su debisi, cihaz işletmesi için gerekli minimum debinin altında kalmadığı sürece, hava sistemin üst noktalarına taşınabilir.
- Hesaplanan su debisi ve basınç kaybına göre pompa seçimi yapılmalıdır. Sistem pompaları mutlaka yedekli olmalı ve sistemde su akışının sürekliliği sağlanmalıdır. Pompa emişinde, türbülansın önlenmesi için, kullanılan boru çapının beş katı kadar düz boru mesafesi bulunması ve boru çapının en az pompa emişi çapı kadar olması tavsiye edilir.
- Su devresinde akış kontrolü yapılarak, su akışı durduğunda ısı pompalarını kapatacak bir kontrol sistemi tavsiye edilir. Aksi takdirde, su akışının kesilmesi durumunda tüm ısı pompalarının soğutucu akışkan devresinde bulunan basınç presostatları cihazları korumaya alacaktır. Bu durumda her cihazın yeniden başlatılması (reset) gerekecektir.
- Genleşme tankı seçiminde sistemdeki su sıcaklıkları 10°C-45°C olarak alınabilir.
- Sistem devreye alınmadan önce, tüm boru hatları cihazlardan su dolaşmayacak şekilde temizlenmelidir (flushing).

3.6.6.2. Drenaj Hattı Tasarımı

Isı pompası soğutma işletiminde, hava serpantini üzerinden geçen ortam havası, serpantinin soğuk yüzeyinde yoğuşma sıcaklığına ulaştığında, içerisindeki nem yoğuşur. Yoğuşma suyu, serpantinin altında bulunan drenaj tavasında birikir. Drenaj tavalarında biriken suyun tahliye edilebilmesi için sistemdeki tüm ısı pompalarına drenaj hattı çekilmelidir. Tüm drenaj tavaları ile bağlantısı yapılan drenaj hattı, önemli bir bakım gerektirmeden suyu uzaklaştıracak şekilde tasarlanmalıdır.

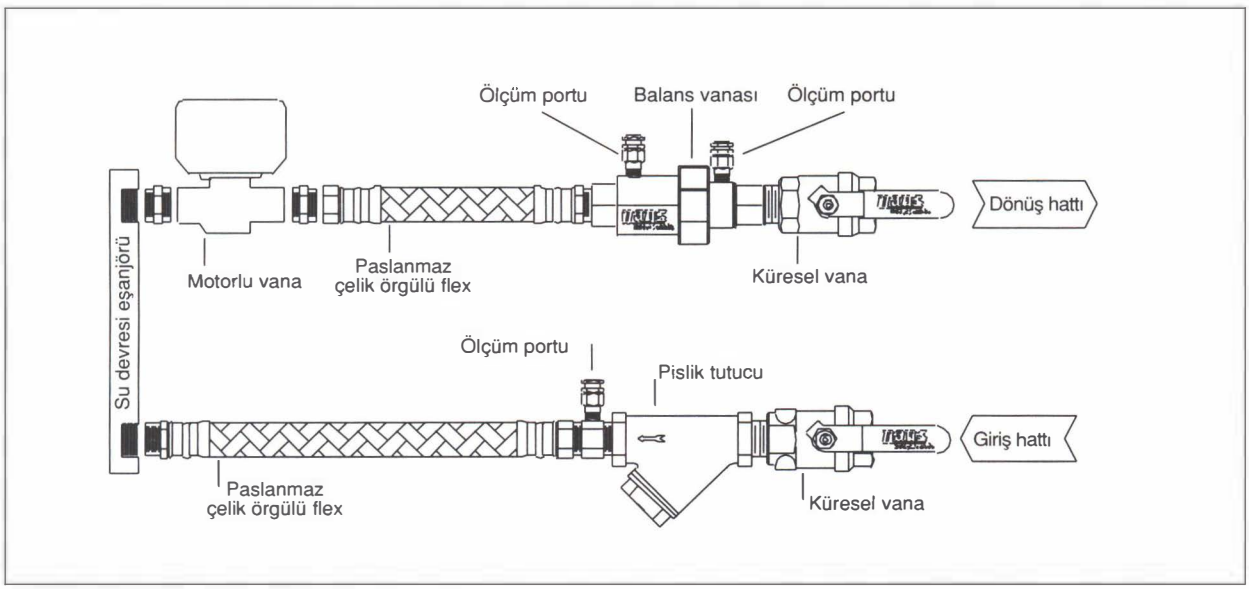
- Drenaj boru sisteminde, uygun olmayan tasarım ve montaj hataları sonucu akış durabilir ve taşma oluşabilir. Tesisat tamamlandıktan sonra, drenaj tavasının düzenli temizlenmesi konusunda işletmeci uyarılmalıdır.
- Drenaj hattı, yoğuşan suyun uzaklaştırılması için gider yönünde uygun eğim ile tasarlanmalıdır. Uygun eğime sahip olmayan noktalar, pislik birikimi dolayısı ile tıkanabilir. Bu durumda akış durur ve taşma olabilir.
- Sistemde oluşabilecek en yüksek yoğuşma miktarı, psikrometrik diyagramdan her cihaz için hesaplanabilir. Pratik bir hesaplama için, temel değer olarak her ünitede gerçekleşen yoğuşma miktarının 0,4 (kg/h)/kW alınabilir. Yüksek gizli soğutma yükü olan mahallerde kullanılan cihazlar 0,8 (kg/h)/kW yoğuşma suyu üretebilirler.
- Drenaj boru hattının havalandırması, sıhhi tesisat havalandırması kadar önemlidir. Isı pompası fan basınçları, suyun sistemde hareketsiz kalmasına neden olabilir. Tüm yüksek kapasiteli cihazlar, tavada oluşabilecek negatif basınçtan %50 daha yüksek bir hava kapanına (sifon) sahip olmalıdır. Bu hava kapanı (sifon) drenaj tavasının çıkışına yerleştirilmelidir.
- Genellikle drenaj sisteminde PVC borular kullanılmaktadır. PVC boruların kullanımının mümkün olmadığı durumlarda bakır boru veya alternatif olarak çinko kaplı çelik boru kullanılabilir. PVC boruların kullanılması durumunda ana hatlarda yalıtıma gerek duyulmayabilir. Ancak bölgesel şartlar ve tasarıma bağlı olarak yoğuşma riski proje bazında değerlendirilmelidir.
- Bazı coğrafi bölgelerde drenaj sisteminde yosun oluşumu görülebilir. Yosun oluşumu durumunda, sistemde akışı rahatlatmak için kimyasal şartlandırma gerekebilir.
- Drenaj sisteminin gider bağlantısı için çeşitli alternatifler mevcuttur. Drenaj hatlarının toplanarak tek noktadan pis su tesisatına bağlanması veya arıtılarak farklı amaçlarda kullanılması mümkündür.

3.6.6.3. Esnek Bağlantı Setleri

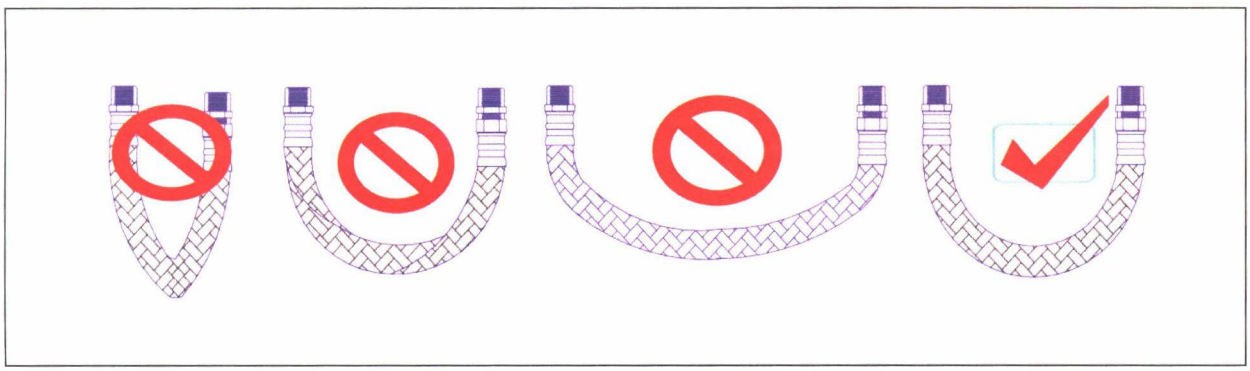
Isı pompalarının su çıkış hatlarında, gerekli su debisini hassas olarak ayarlayabilen balans vanalarının kullanılması tavsiye edilir. Sirkülasyon maliyetlerini azaltmak için, ısı pompalarının çıkışlarında motorlu iki yollu vana ve buna bağlı olarak frekans kontrollü sirkülasyon pompaları kullanılabilir. Frekans kontrollü sirkülasyon pompaları kullanımı ile, oluşan değişken sistem debilerinde, çalışmakta olan ısı pompalarındaki su debileri sabit tutulabilmelidir. Dinamik balans vanaları, bu tip uygulamalarda iyi sonuçlar vermektedir. Dinamik balans vanalarına sadece cihaz çıkışlarında ihtiyaç duyulur ve ana hatlar üzerinde dengeleme yapma ihtiyacı yoktur. Dinamik balans vanaları otomatik olarak akışı ayarlarlar. Statik balans vanası kullanımı durumunda ise cihazların yanı sıra ana hatlarda da balans vanası kullanılarak akış dengelenmelidir. Sistemdeki cihaz adedi değiştiğinde, statik balans vanası kullanılan sistemlerde yeni duruma göre dengeleme yapmak gerekir. Genellikle sistemlerde dinamik balans vanası kullanılır.

Isı pompası girişlerinde kullanılacak temizlenebilir pislik tutucular ile su devresi eşanjörlerinde olası problemler azaltılabilir.

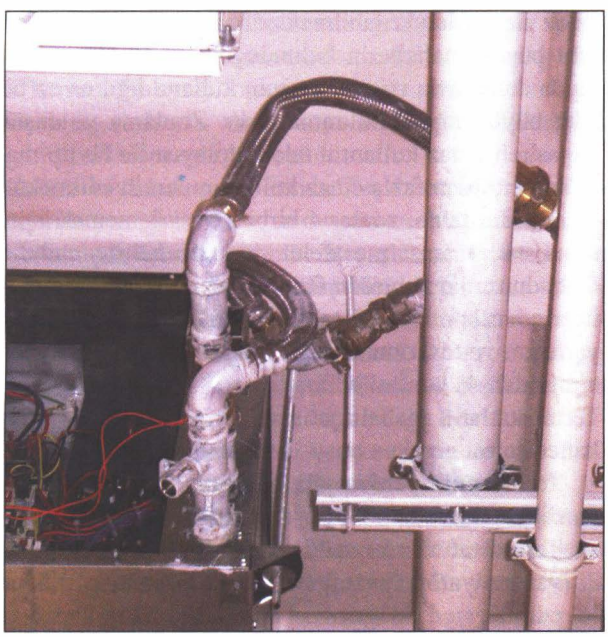
Isı pompalarının ideal şartlarda ve sorunsuz işletilebil-



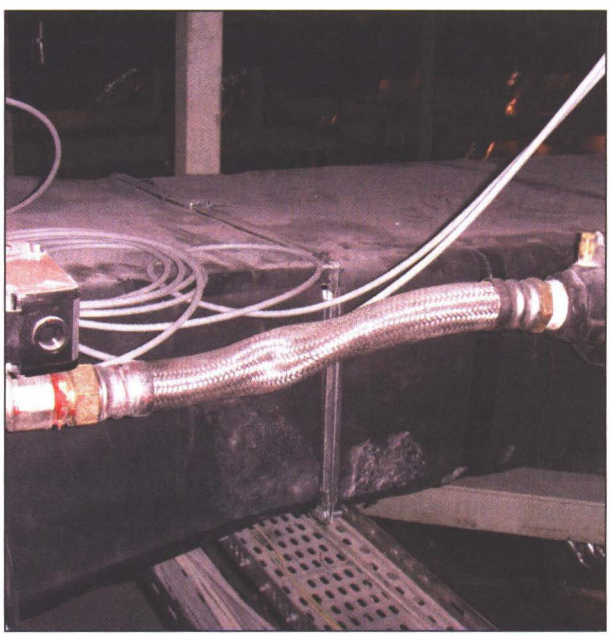
Şekil 3.221. ESNEK BAĞLANTI SETİ



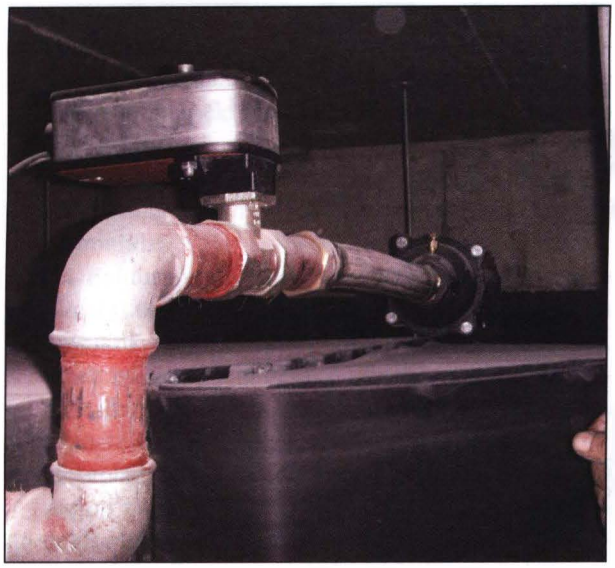
Şekil 3.222. ESNEK BAĞLANTI SETLERİNİN DOĞRU MONTAJI



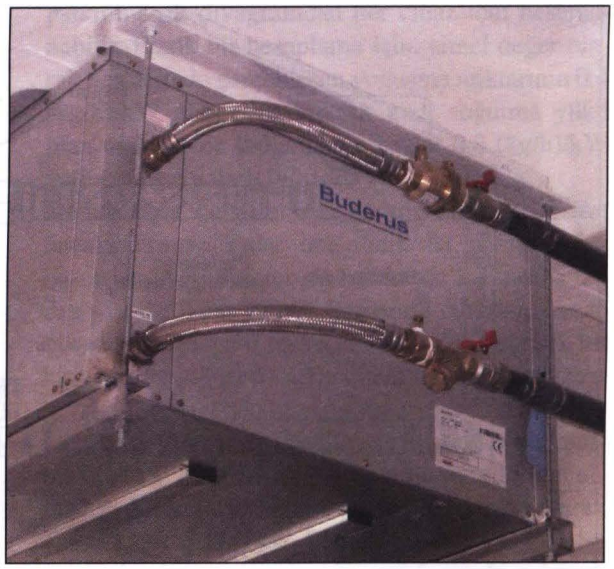
Şekil 3.223. ESNEK BAĞLANTI SETLERİNİN MONTAJINDA BURULMA ÖRNEĞİ



Şekil 3.224. ESNEK BAĞLANTI SETLERİNİN MONTAJINDA BURULMA ÖRNEĞİ



Şekil 3.225. ESNEK BAĞLANTI SETLERİNİN MONTAJINDA GERİLME ÖRNEĞİ



Şekil 3.226. ESNEK BAĞLANTI SETLERİNİN DOĞRU MONTAJ ÖRNEĞİ

meleri için, su devresinde kolay tasarım, bakım ve ölçüm imkanı sunan esnek bağlantı setlerinin kullanımı tavsiye edilir (*Şekil 3.221*). Bu setler, su devresi için gerekli hidrolik bileşenleri içerir ve sistem tasarımına bağlı olarak iki yollu vanalı temin edilebilir. Bağlantı setleri genellikle, farklı ısı pompası kapasitelerine uygun çapta ve gerekli su debisine göre ayarlanmış balans vanaları ile birlikte temin edilmektedir. Ayrıca sahada debi ayarı gerekli değildir.

Isı pompalarının su devresi bağlantılarında karşılaşılan uygulama hatalarına ilişkin örnekler aşağıda sıralanmıştır.

- Cihaz ile boru ağzı arasındaki mesafenin bağlantı grubundan çok kısa olması ve cihaz ile boru ağzı arasında kot farkının çok fazla olması, hortumların burulmasına veya kırılmasına sebep olabilmektedir (*Şekil 3.223*).
- Bağlantı seti montajında rakor parçasının gevşetilmeden sıkılması hortumun burulmasına sebep olmaktadır (*Şekil 3.224*).
- Cihaz ile boru ağzı arasındaki mesafenin bağlantı grubundan uzun olması hortumun gereğinden fazla gerilmesine sebep olmuştur (*Şekil 3.225*).
- Bağlantı seti montajında hava kanalının vanalar üzerine oturması müdahale problemi yaratmaktadır.

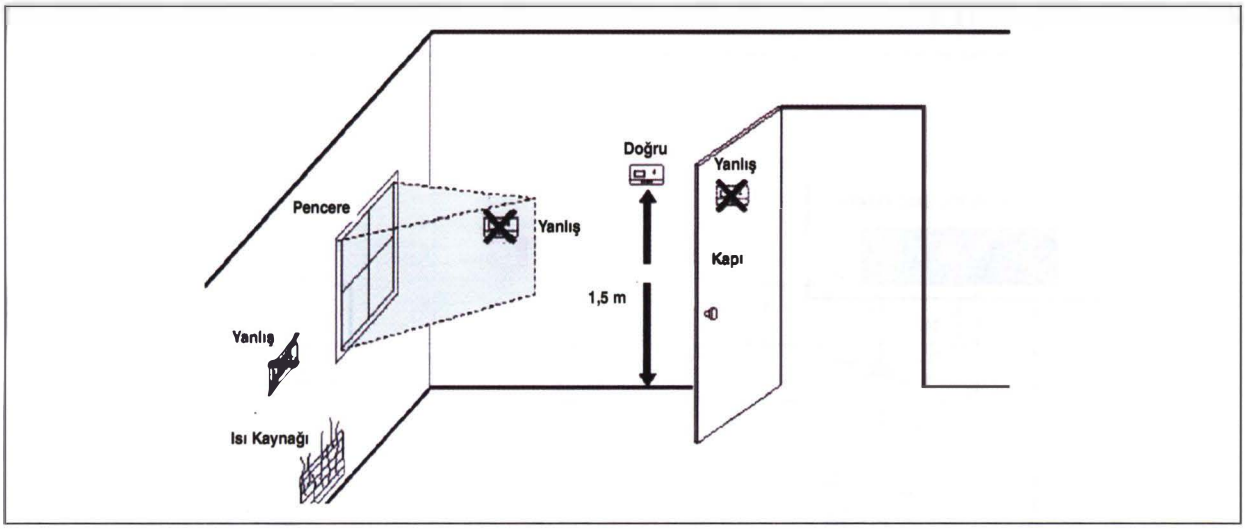
3.6.6.4. Termostatlar

Su kaynaklı ısı pompaları, kompresör (soğutucu akışkan çevrimi) adedine bağlı olarak tek kademeli veya iki kademeli kontrol edilebilmektedir. Tek kademeli ısı pompalarında (30 kW'a kadar) kullanılan oda termostatları, ısıtma-soğutma modu seçimi ve buna bağlı kompresör işletimi ile fan işletimini kontrol etmektedir. İlave sulu batarya veya elektrikli ısıtıcı ile acil ısıtma işletimi gibi donanımlar da farklı bir ısıtma kademesi olarak kontrol edilebilmektedir. Programlı termostatlar kullanarak, ısı pompaları farklı zaman programları ile otomatik olarak işletilebilirler. Çift kademeli ısı pompalarında ise bu özelliklere ek olarak, iki farklı kompresör kontrolü yapabilen termostatlar tercih edilmektedir. Termostatlar, manuel ya da otomatik fan işletimi seçeneği sunarlar.

Genelde konsol tip cihazlar (pencere altı) entegre kontrol paneline sahiptirler. Ofis gibi ticari uygulamalarda ve okullarda yaz/kış otomatik geçişli termostatlar kullanılabilir. Apartmanlar, moteller ve bakım evlerinde genellikle manuel ısıtma ya da soğutma modu seçimi yapılan termostatlar kullanılır. Çoğu küçük mahal tek cihaz ile şartlandırılabilmektedir. Alışveriş merkezleri gibi büyük mahallerin bulunduğu uygulamalarda, iki ya da daha fazla ısı pompasının kullanıldığı, en az bir adet büyük mahal bulunmaktadır. Zonlama ve düşük kapasiteli cihaz kullanım talebi dolayısı ile bu tip mahallerde birden fazla cihaz kullanımı tercih edilmektedir. Bu durumda, zonların birbirini etkilememesi için, termostatlar arası mesafeler dikkatle belirlenmelidir. Özel durumlarda birden fazla cihazın tek bir termostat üzerinden kontrolü de talep edilebilir. Isı pompasının yerleşim ve tasarımına bağlı olarak, bina otomasyonu tarafından da kontrol edilebilir.

Termostatların mahal içerisine yerleştirilmesinde dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıda sıralanmıştır.

- Termostatın yerden yüksekliğinin 1,5 m olmasına dikkat ediniz.
- Termostatın ısı kaynaklarından (televizyon, bilgisayar, radyatör, fancoil, vb) uzakta olmasına dikkat ediniz.
- Termostatı cam yüzeylerin doğrudan etki alanının dışına monte ediniz.



Şekil 3.227. TERMOSTAT YERLEŞİMİ

3.6.6.5. Su Devresi Sıcaklık Kontrolü Ve Bina Otomasyonu

Optimum bir işletim için su devresi sıcaklıkları, kışın en düşük 18°C ve yazın en yüksek 35°C olacak şekilde, merkezi otomasyon tarafından kontrol edilmelidir. Yaz ve kış şartlarında birbirine yakın sıcaklıklarda işletim, ısı pompalarının daha verimli çalışmasını sağlarken, harcanan ek enerji (yaz işletiminde soğutma kulesi, kış işletiminde kazan) sistem veriminin düşmesine neden olacaktır. Otomasyon senaryosu, yaz işletiminde su devresi sıcaklığının tasarlanan değere (32-34°C) gelmesi durumunda soğutma kulesini devreye sokmalı, kış işletiminde ise su sıcaklığının (20-22°C) düşmesi durumunda ek ısıtıcı (kazan) devreye girmelidir.

Bina otomasyonu, sistemin emniyeti ve düzgün işletimini sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır. Ayrıca, gerekli kontrol ve uyarı fonksiyonları ile yüksek ve düşük sıcaklık, su kaybı, devre suyu sıcaklığının izlenmesi gibi özelliklere sahip olmalıdır.

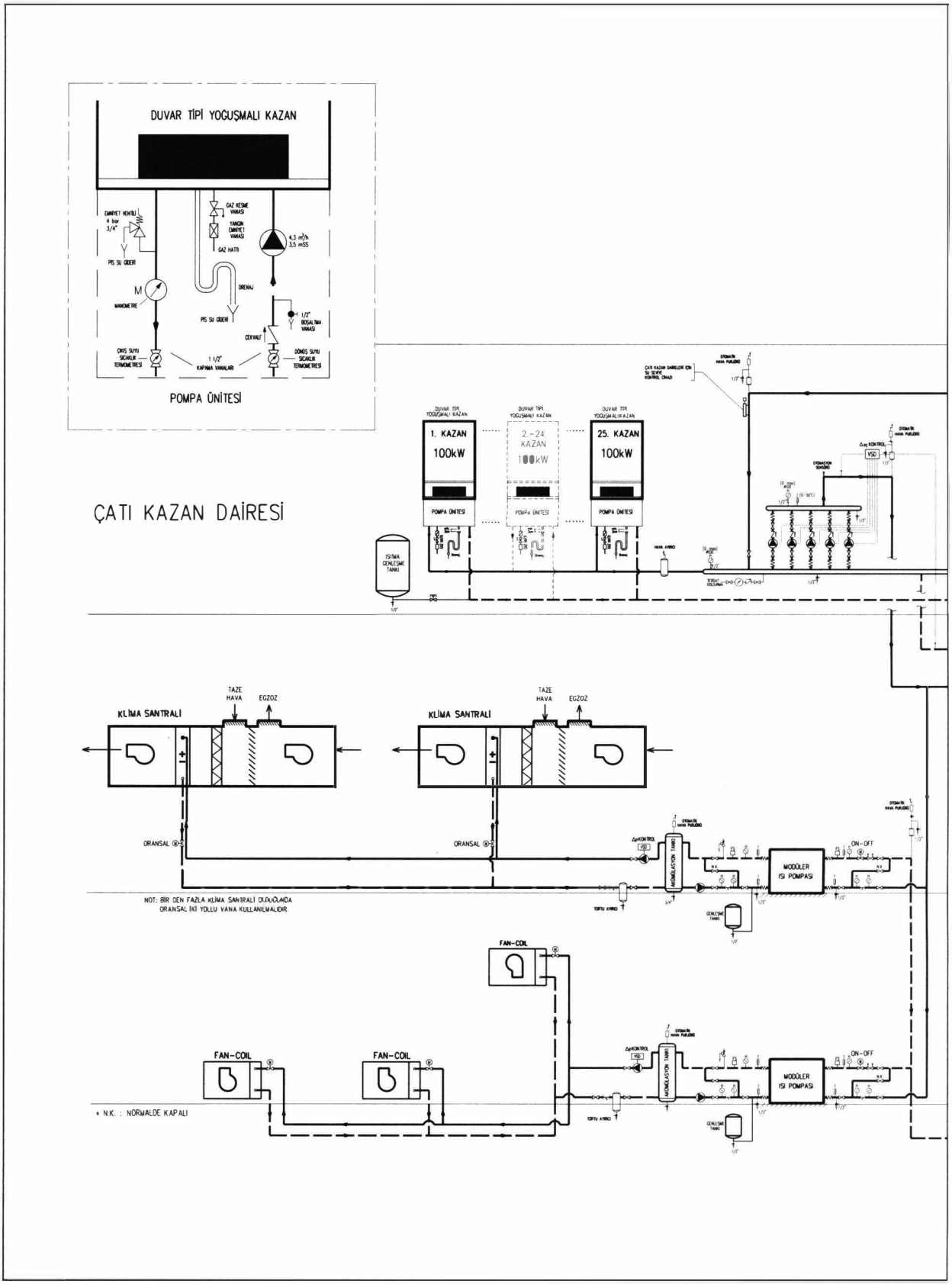
Kulede veya kule pompasında oluşabilecek bir arıza sebebi ile yaz işletiminde, su devresi sıcaklığı tasarım değerinin çok üzerine çıkabilir. Kış işletiminde ise, kazan veya kazan pompalarında oluşabilecek bir arıza sebebi ile su devresi sıcaklığı tasarım değerinin çok altına düşebilir. Bu gibi durumlarda, sistemdeki tüm ısı pompalarının durması sağlanmalıdır. Yüksek ve düşük sıcaklık sınırları cihaz üretici talimatlarına bağlı olarak belirlenmelidir. Her iki durumda da operatörün sisteme hızlı müdahalesi için sesli uyarı sistemleri kullanılabilir.

Pompaların devrede olmadığı dönemlerde, sistemin bazı bölümlerinde su sıcaklıkları anlık ısı kaybı veya ısı kazancına bağlı olarak değişebilir. Bu durumun ilk çalıştırılmada, cihazlarda herhangi bir hataya sebep olmaması için, ısı pompalarının, ana sirkülasyon pompaları devreye girdikten birkaç dakika sonra otomasyon kontrolü ile çalıştırılması tavsiye edilir.

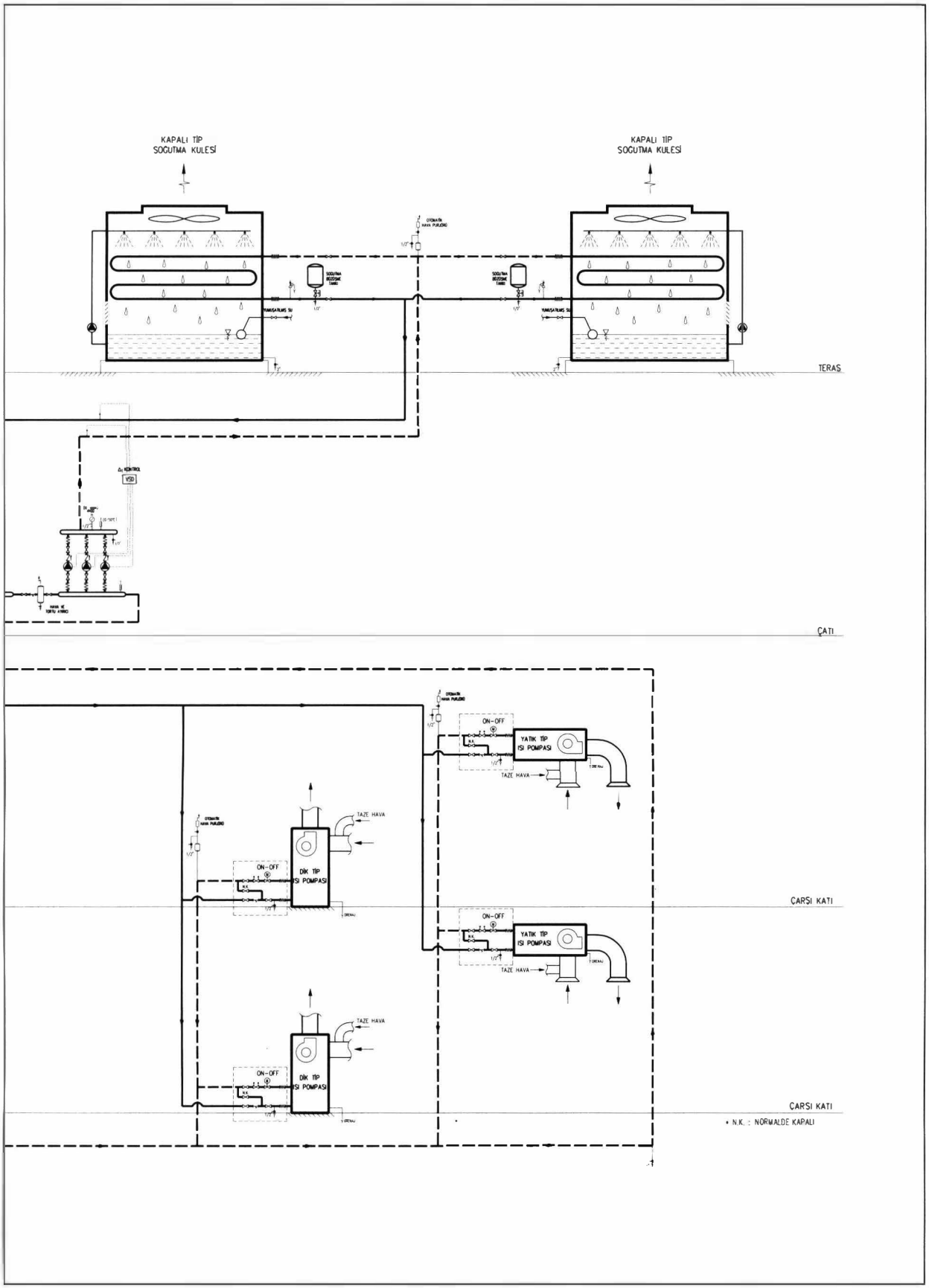
3.6.6.6. Hava Kanalları

Kanal tasarımı ile ilgili temel konular bölüm 3.7.4'de ayrıntılı olarak incelenmiş olup aşağıda uygulamaya yönelik bazı pratik notlar bulunmaktadır.

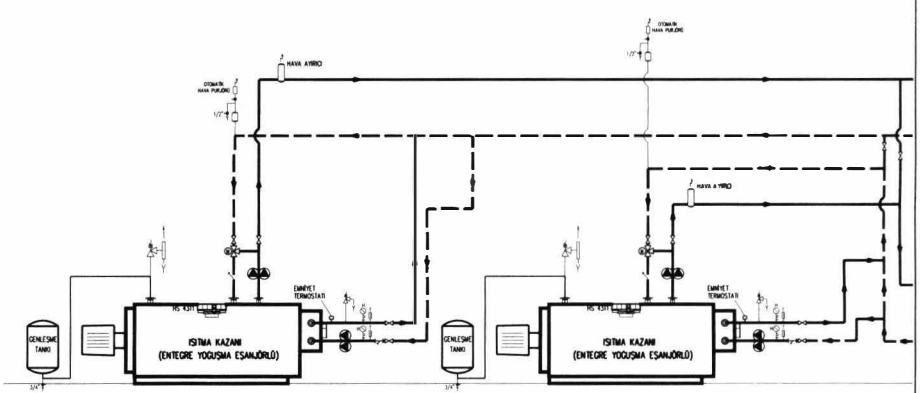
- Metal hava kanalı sistemlerinde, gidiş ve dönüş kanalı bağlantıları yapılırken esnek bağlantı parçaları kullanılması tavsiye edilmektedir.
- Tüm metal kanallar, ısı kayıp ve kazançlarını ve soğutmada oluşabilecek yoğuşmayı önlemek için uygun kalınlıkta kanal izolasyonu ile yalıtılmalıdır. Sistemlerin, yalıtım yapılmamış hava kanalları ile çalıştırılması, performansı olumsuz yönde etkileyebileceğinden tavsiye edilmemektedir.
- Esnek hava kanalları kullanılarak, düşük hava sızıntısı, ses seviyeleri ve basınç kayıplarına sahip yüksek verimli kanal sistemleri tasarlanabilir.
- Üfleme kanalı, fan çıkışına doğrudan bağlanmamalıdır. Genellikle ısı pompası cihazları ile birlikte verilen hava filtresi, serbest emiş uygulamalarında yerinde bırakılmalı, filtreli dönüş hava kanallı bir sistem tasarlanıyorsa çıkarılmalıdır.
- Eğer ısı pompaları, mevcut bir hava kanalına bağlanacaksa, kanal sisteminin cihaz hava debisine uygun olduğu kontrol edilmelidir.
- Eğer kanal sistemi kesiti yeterli değilse, kanal tadilatı ile kesit artırılmalıdır. Kaçak olup olmadığı kontrol edilmeli ve tespit edilen kaçaklar ortadan kaldırılmalıdır.
- Hava kanalı sistemi ve tüm menfezler, hesaplanmış kapasitedeki hava akışını kabul edilebilir ses seviyelerinde dağıtabilecek şekilde boyutlandırılmalıdır.
- Plenumlarda oluşan sesin kanallarda taşınmasını en aza indirmek için, gidiş ve dönüş havası plenumlarının izole edilmesi tavsiye edilir.



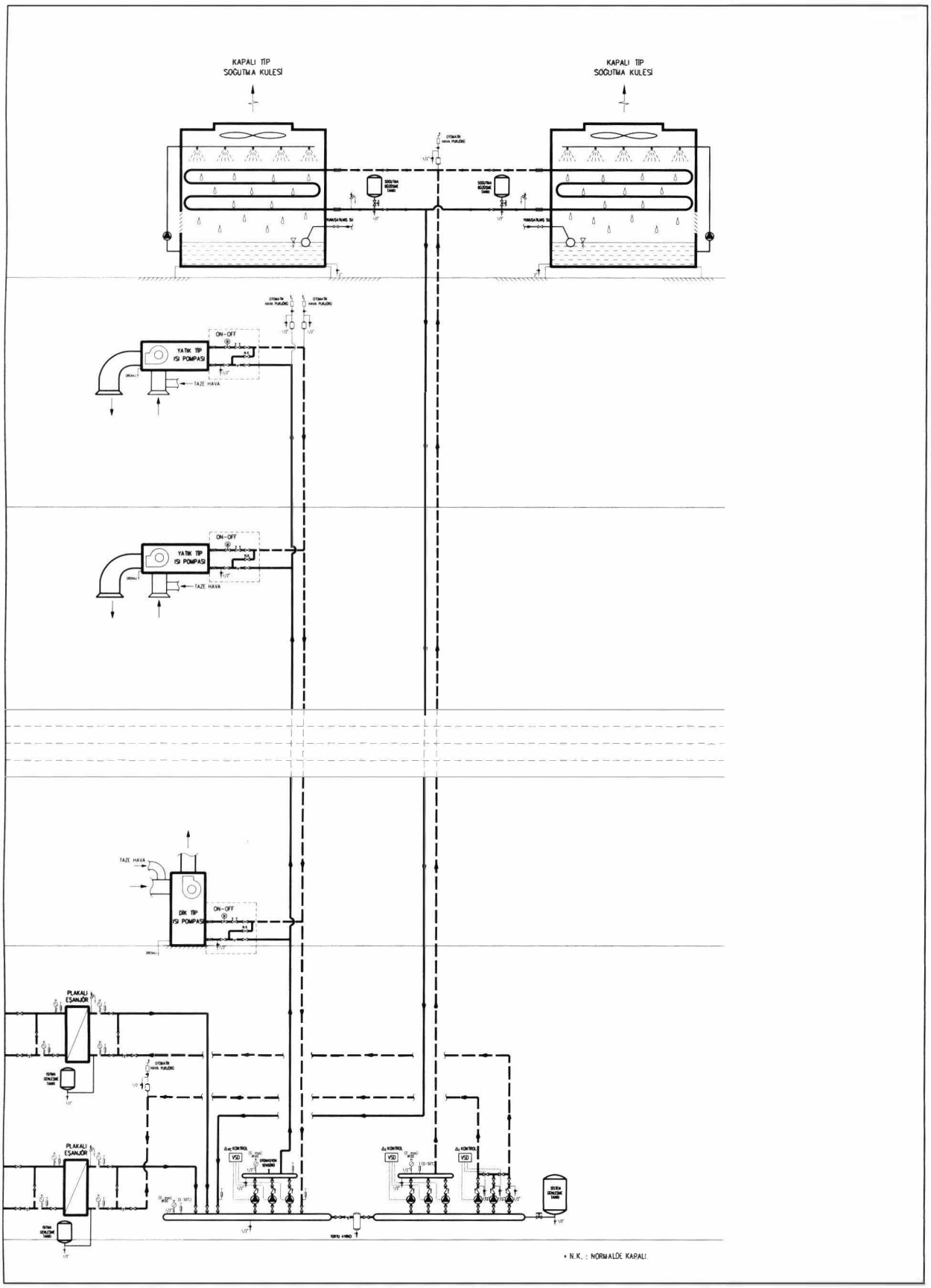
Şekil 3.228.A DUVAR TİPİ YOĞUŞMALI KASKAD VE KULE DESTEKLİ SU KAYNAKLI ISI POMPASI SİSTEMİ TESİSAT ŞEMASI



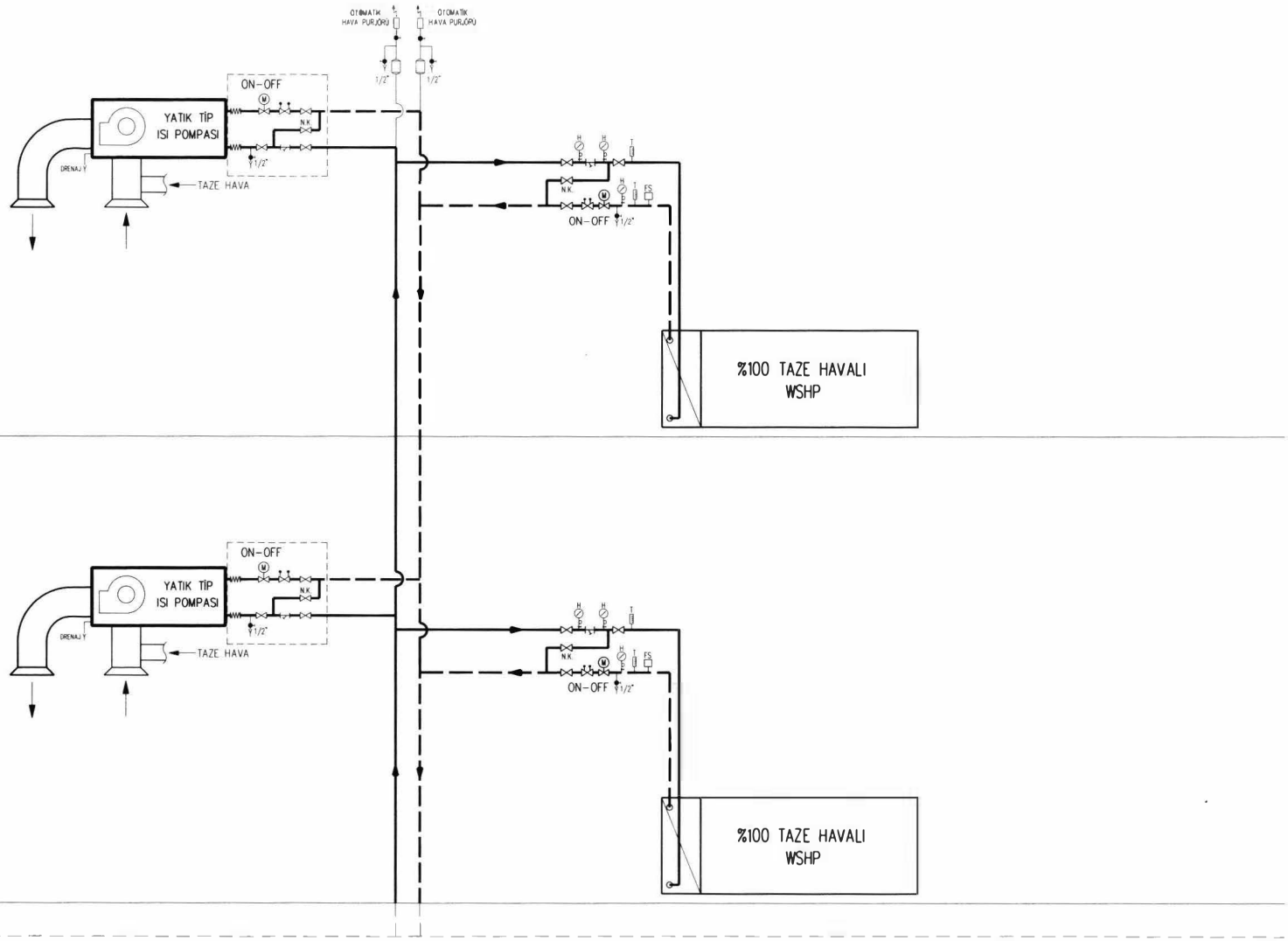
Şekil 3.228.B DUVAR TİPİ YOĞUŞMALI KASKAD VE KULE DESTEKLİ SU KAYNAKLI ISI POMPASI SİSTEMİ TESİSAT ŞEMASI



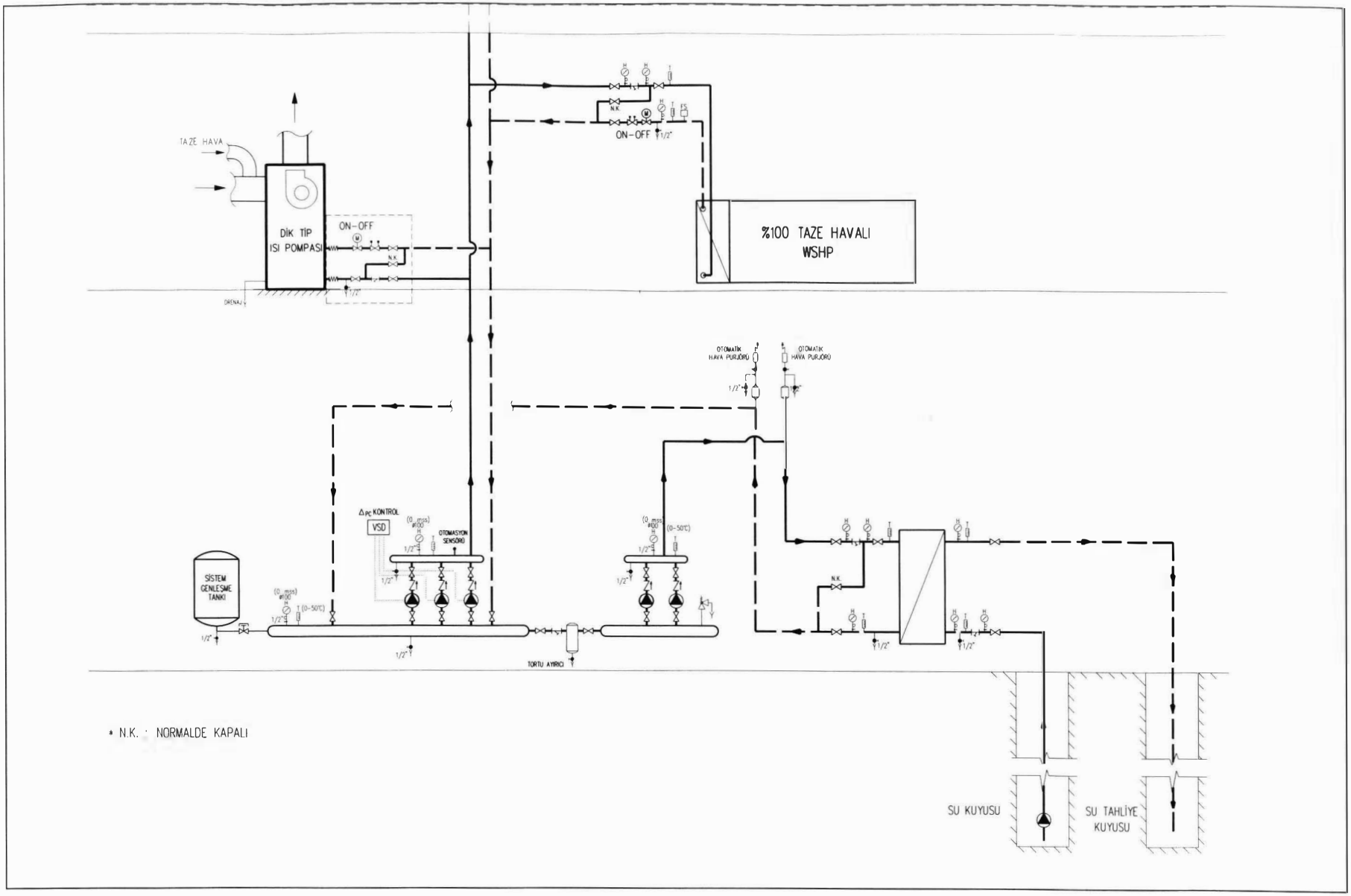
Şekil 3.229.A ENTEGRE YOĞUŞMA EŞANJÖRLÜ YER TİPİ YOĞUŞMALI KAZAN VE KULE DESTEKLİ SU KAYNAKLI ISI POMPASI SİSTEMİ TESİSAT ŞEMASI



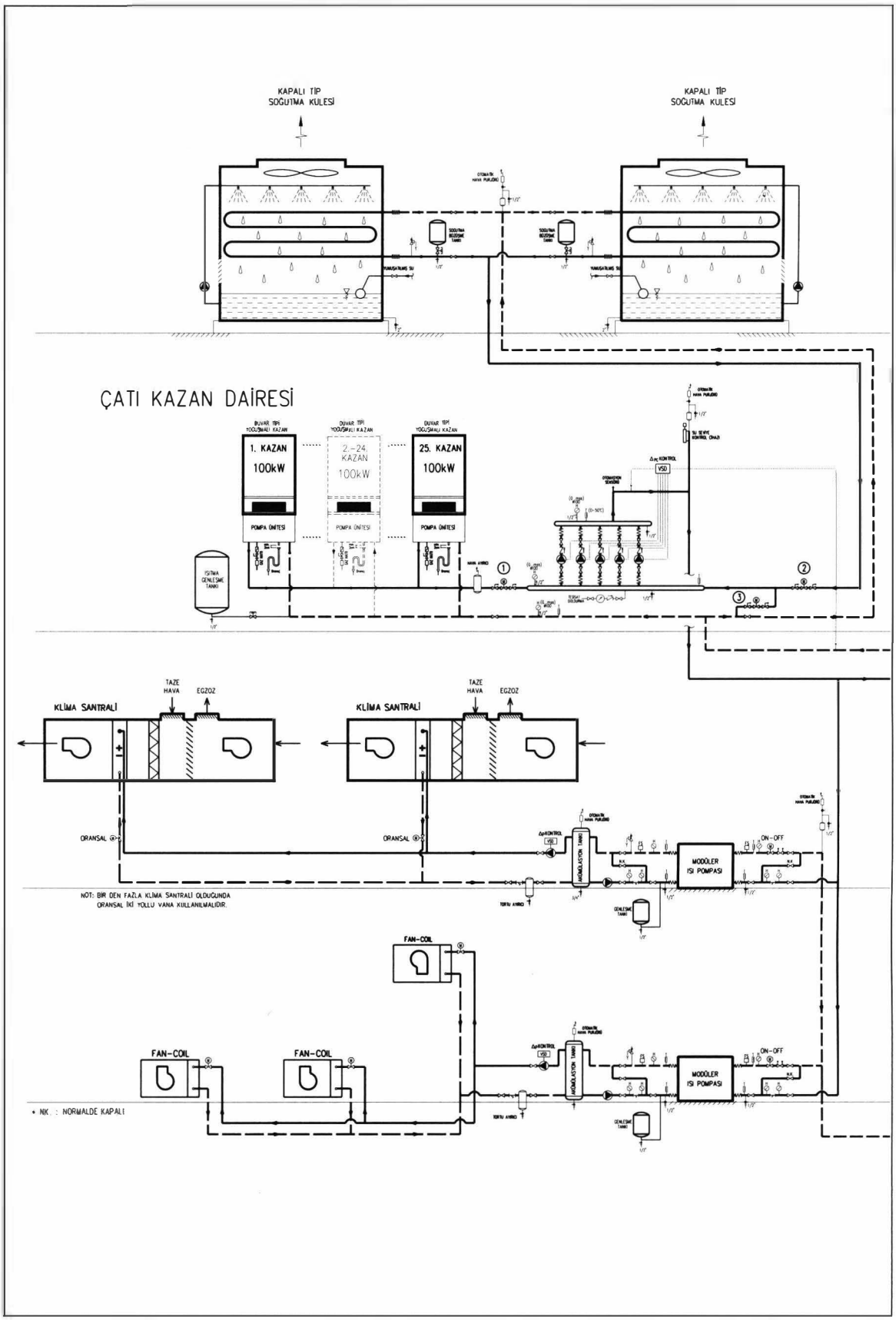
Şekil 3.229.B ENTEGRE YOĞUŞMA EŞANJÖRLÜ YER TİPİ YOĞUŞMALI KAZAN VE KULE DESTEKLİ SU KAYNAKLI ISI POMPASI SİSTEMİ TESİSAT ŞEMASI



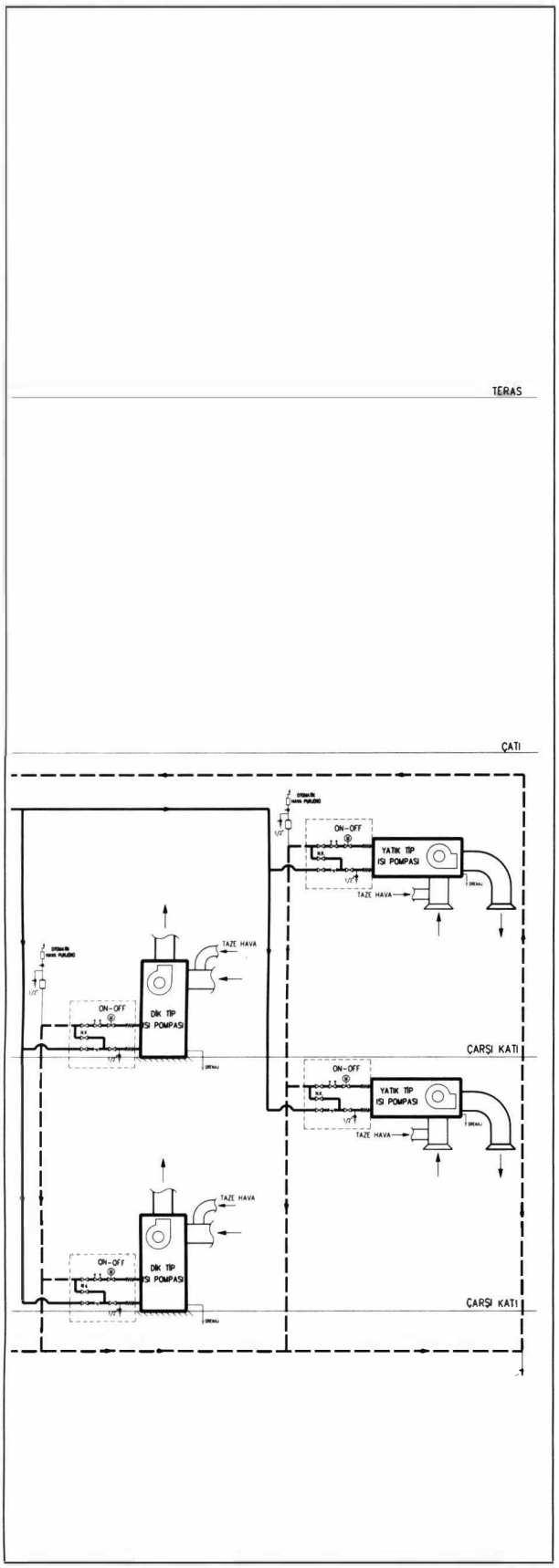
Şekil 3.230.A YER ALTI SUYU KAYNAKLI ISI POMPASI SİSTEMİ TESİSAT ŞEMASI



Şekil 3.230.B YER ALTI SUYU KAYNAKLI ISI POMPASI SİSTEMİ TESİSAT ŞEMASI



Şekil 3.231.A DUVAR TİPİ KASKAD VE KULE DESTEKLİ SU KAYNAKLI ISI POMPASI SİSTEMİ TESİSAT ŞEMASI (KULE DEVRESİNDE İKİ YOLLU VANALI UYGULAMA



Şekil 3.231.B

Şekil 3.231

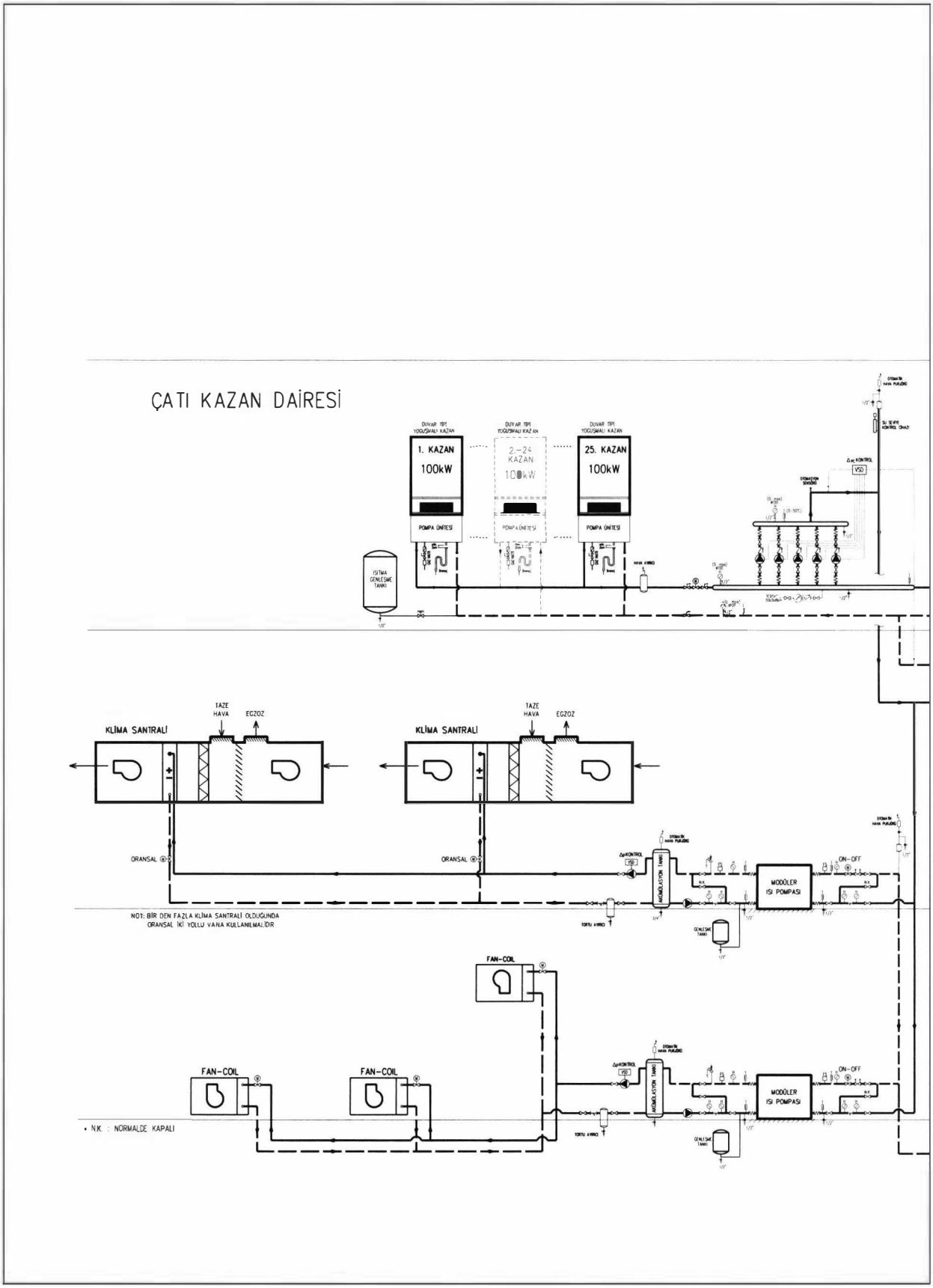
DUVAR TİPİ YOĞUŞMALI KASKAD VE KULE DESTEKLİ SU KAYNAKLI ISI POMPASI SİSTEMİ TESİSAT ŞEMASI (KULE DEVRESİNDE İKİ YOLLU VANALI UYGULAMA)

Sistem, duvar tipi yoğuşmalı kazanlar, soğutma kuleleri, sirkülasyon pompaları ve su kaynaklı ısı pompalarından oluşmuştur. Devre sirkülasyon pompaları, cihaz girişlerindeki selonoid vanalar tam açık olduğunda, tam kapasite ile devrede olacaktır. Frekans kontrollü sirkülasyon pompaları, cihaz (ısı pompaları) girişlerindeki selenoid vanaların açma/kapama durumuna göre çalışırlar. Kritik devre basıncının 2/3'üne denk gelen mesafede yerleştirilen fark basınç transmitteri ile pompa debileri ayarlanmakta, tek tek kapatılmakta veya yol verilmektedir. Hacimlerin ısıtma ihtiyacı olan dönemde cihazlar ısıtmaya çalışacak, devre su sıcaklığı düşecektir. Isı pompası devresi ana sıcaklık kontrol noktasından ölçülen sıcaklık 18°C'nin altına düştüğünde, kazan devresi, iki yollu vananın (1) açılması ile beraber aktif hale gelecek ve kazanlar ihtiyaca göre devreye girecektir. Bu çalışmada bypass vanası (3) hep açıktır. Sıcaklık 24°C'ye ulaştığında kazanlar sıra ile devreden çıkacak ve ısıtma devresi iki yollu vanası (1) kapatacaktır. Cihazların kısmen ısıtmaya veya kısmen soğutmaya çalıştığı dönemlerde ısı pompası devresindeki su sıcaklığı 18–27°C aralığında kalacaktır. Su sirkülasyonu kule üzerinden değil by-pass vanası (3) üzerinden sağlanacaktır. Su sıcaklığının 27°C'ye ulaşması ile soğutma kuleleri boru devresi üzerindeki iki yollu vana (2) açacak, by-pass vanası (3) kapatacaktır. Böylece su sirkülasyonu, soğutma kulesi serpantinleri üzerinden gerçekleşecektir. Sistem su devresi sıcaklığı artıyor ise, öncelikle kule fanları sıra ile devreye alınacak, bu da yetmiyor ise kuleler yaz işletme moduna geçecek ve kule pompaları devreye alınacaktır. Böylece kondenser su devresi sıcaklığı, dizayn sıcaklığında tutulmuş olacaktır. Kış aylarında sirkülasyon sisteminin aktif olmadığı zamanlarda, dış hava sıcaklığının +3°C sıcaklığa düşmesi durumunda, kule devresi vanası (2) açacak, by-pass (3) ve kazan (1) devresi vanaları kapatacak, %50 kapasiteli pompa devreye alınacaktır. Sirküle eden suyun sıcaklığının aşırı düşmesi durumunda ısıtma devresi vanası (1) açacak ve kazanlar devreye girerek suyun 10°C'da tutulması sağlanacaktır.

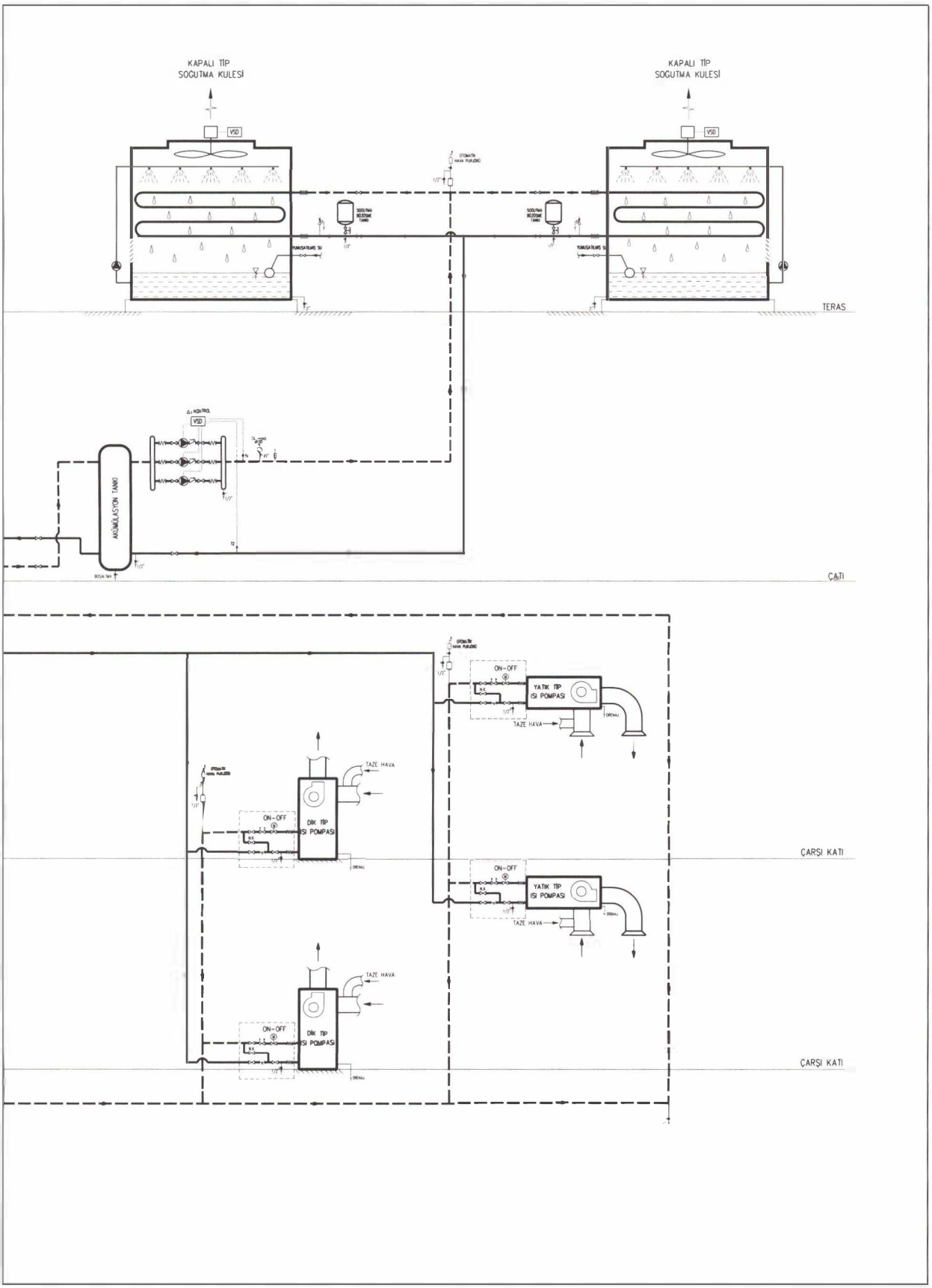
Şekil 3.232

DUVAR TİPİ YOĞUŞMALI KASKAD VE KULE DESTEKLİ SU KAYNAKLI ISI POMPASI SİSTEMİ TESİSAT ŞEMASI (KULE DEVRESİNDE DENGE KABLI UYGULAMA)

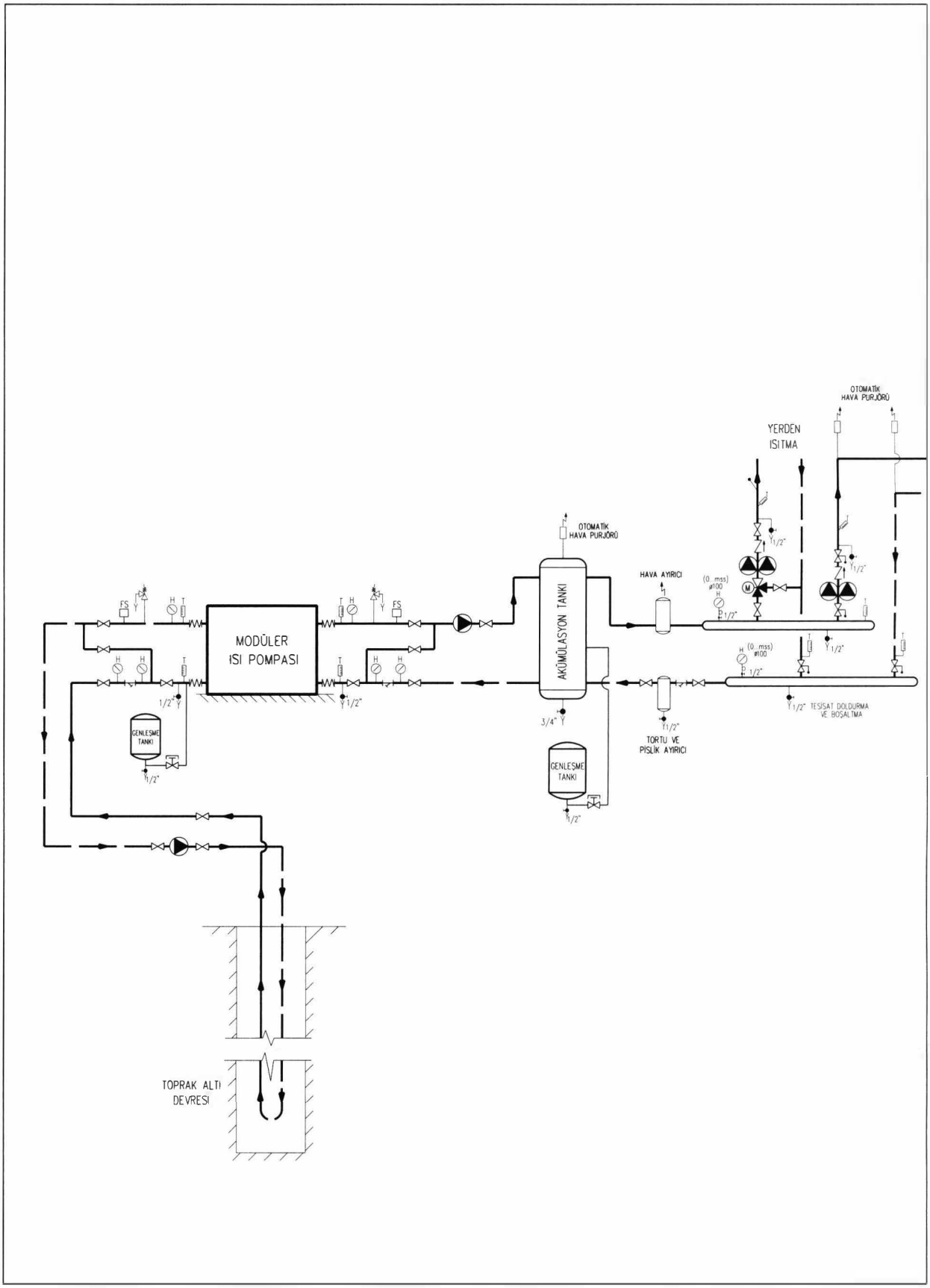
Bu sistem kuruluşunun Şekil 3.231'den farkı, soğutma kulelerinin ayrı pompalara sahip olmasıdır. Su kaynaklı ısı pompası devresi su sıcaklığı 27°C sıcaklığı aştığında, kule pompaları sıra ile devreye girecektir. Tüm kule pompaları devreye girdiğinde su sıcaklığı artmaya devam ediyor ise, önce kule fanları daha sonra da sprey pompaları devreye girecektir.



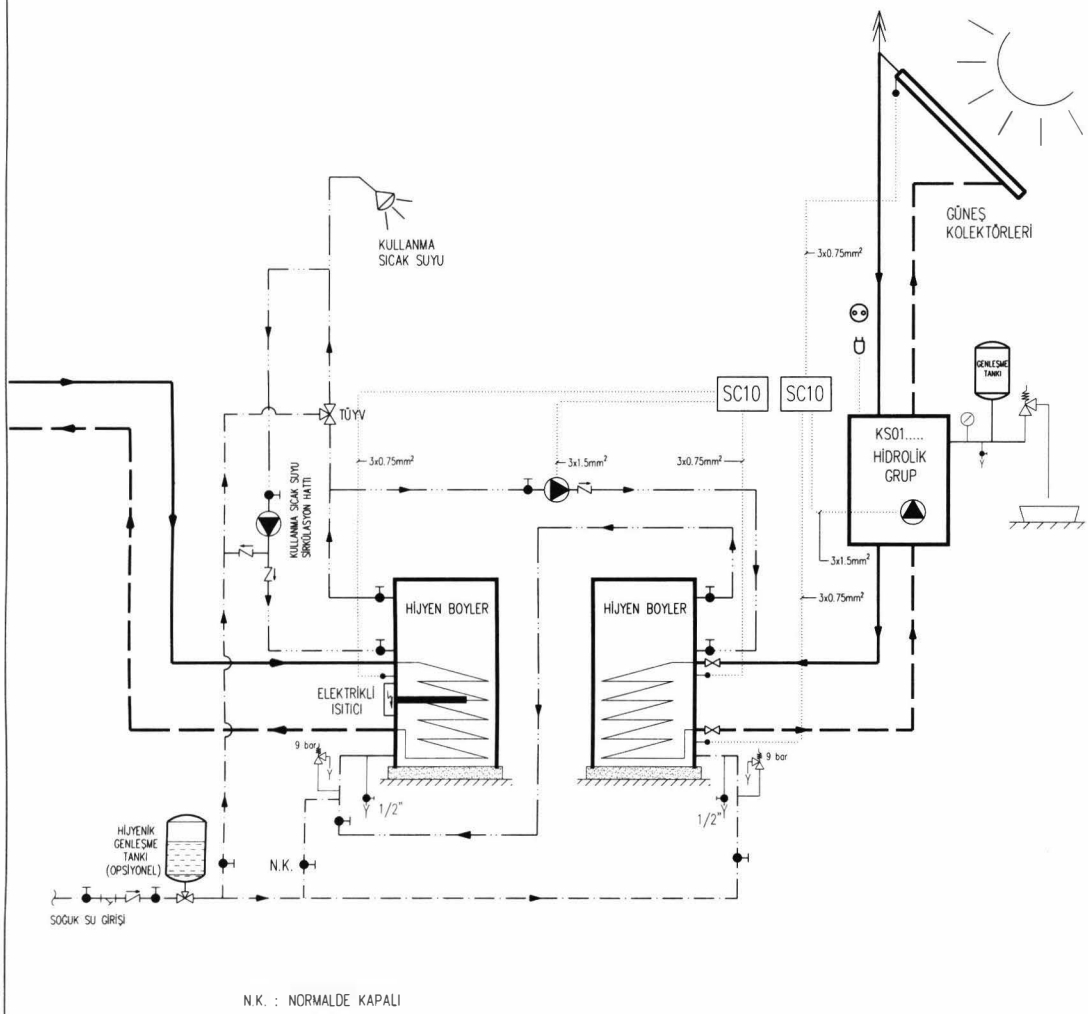
Şekil 3.232.A DUVAR TİPİ YOĞUŞMALI KASKAD VE KULE DESTEKLİ SU KAYNAKLI ISI POMPASI SİSTEMİ TESİSAT ŞEMASI (KULE DEVRESİNDE DENGE KABLI UYGULAMA)



Şekil 3.232.B DUVAR TİPİ YOĞUŞMALI KASKAD VE KULE DESTEKLİ SU KAYNAKLI ISI POMPASI SİSTEMİ TESİSAT ŞEMASI (KULE DEVRESİNDE DENGE KABLI UYGULAMA)

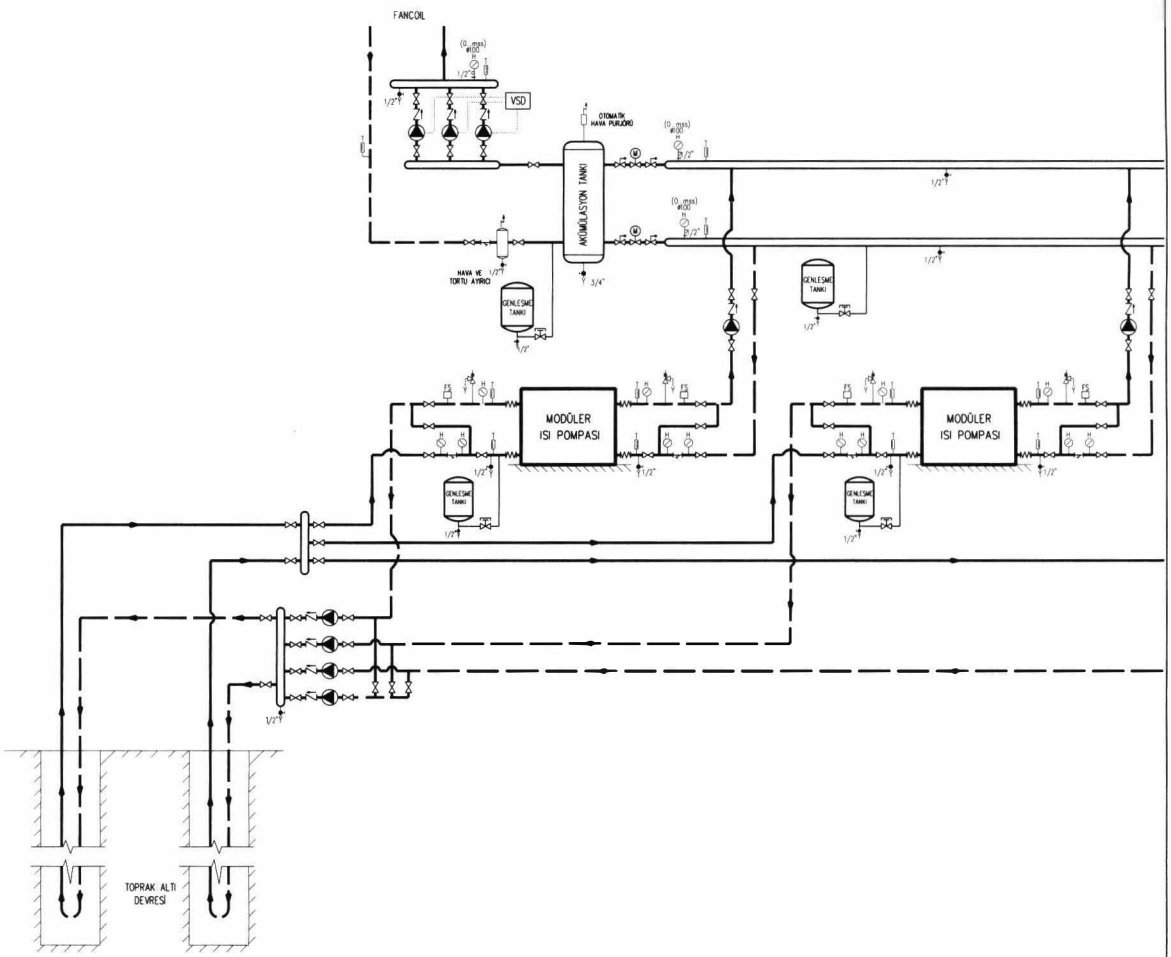


Şekil 3.233.A TOPRAK KAYNAKLI, GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ (KULLANIM SICAK SUYU) SUDAN SUYA ISI POMPASI SİSTEMİ TESİSAT ŞEMASI

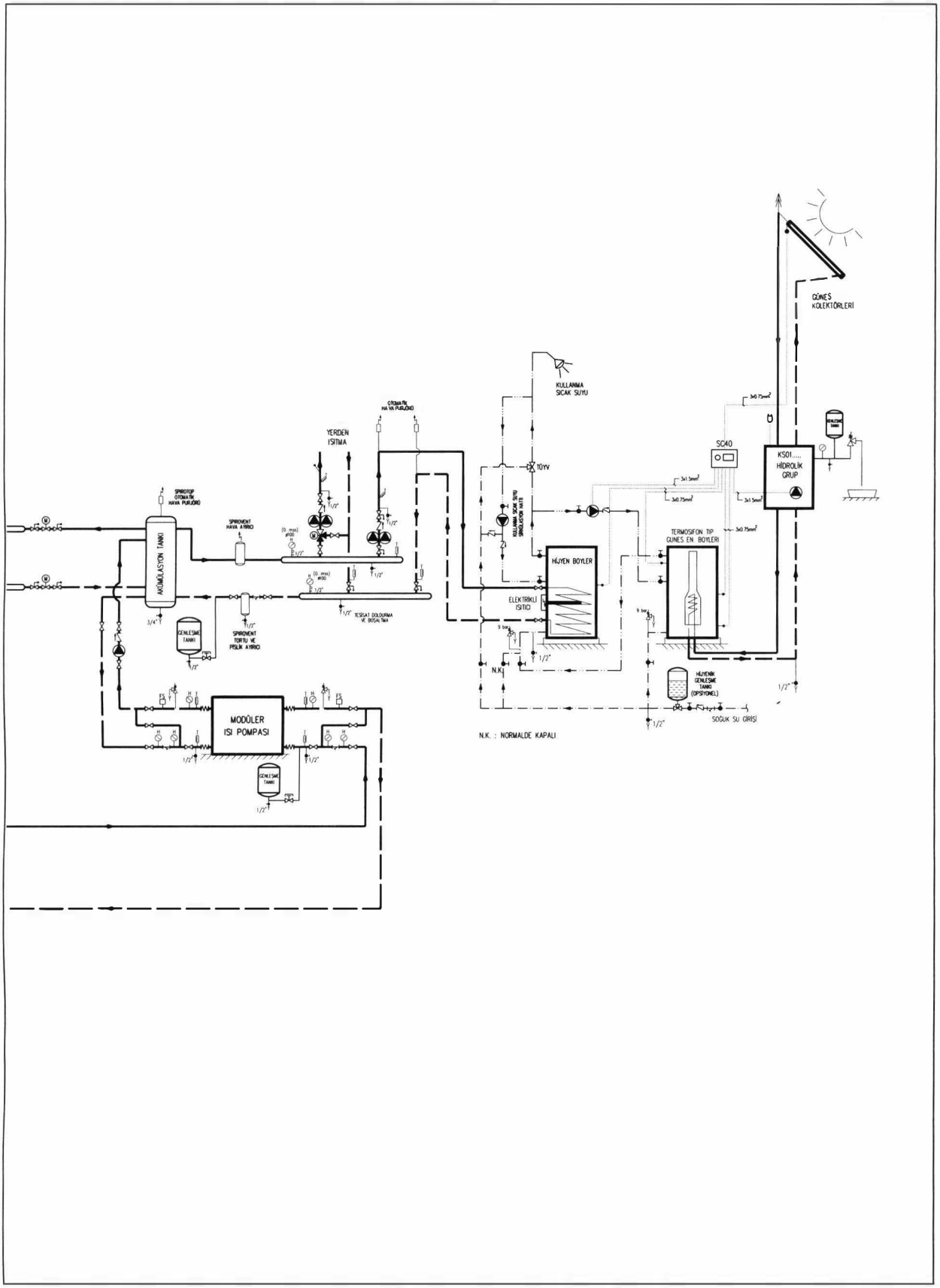


N.K. : NORMALDE KAPALI

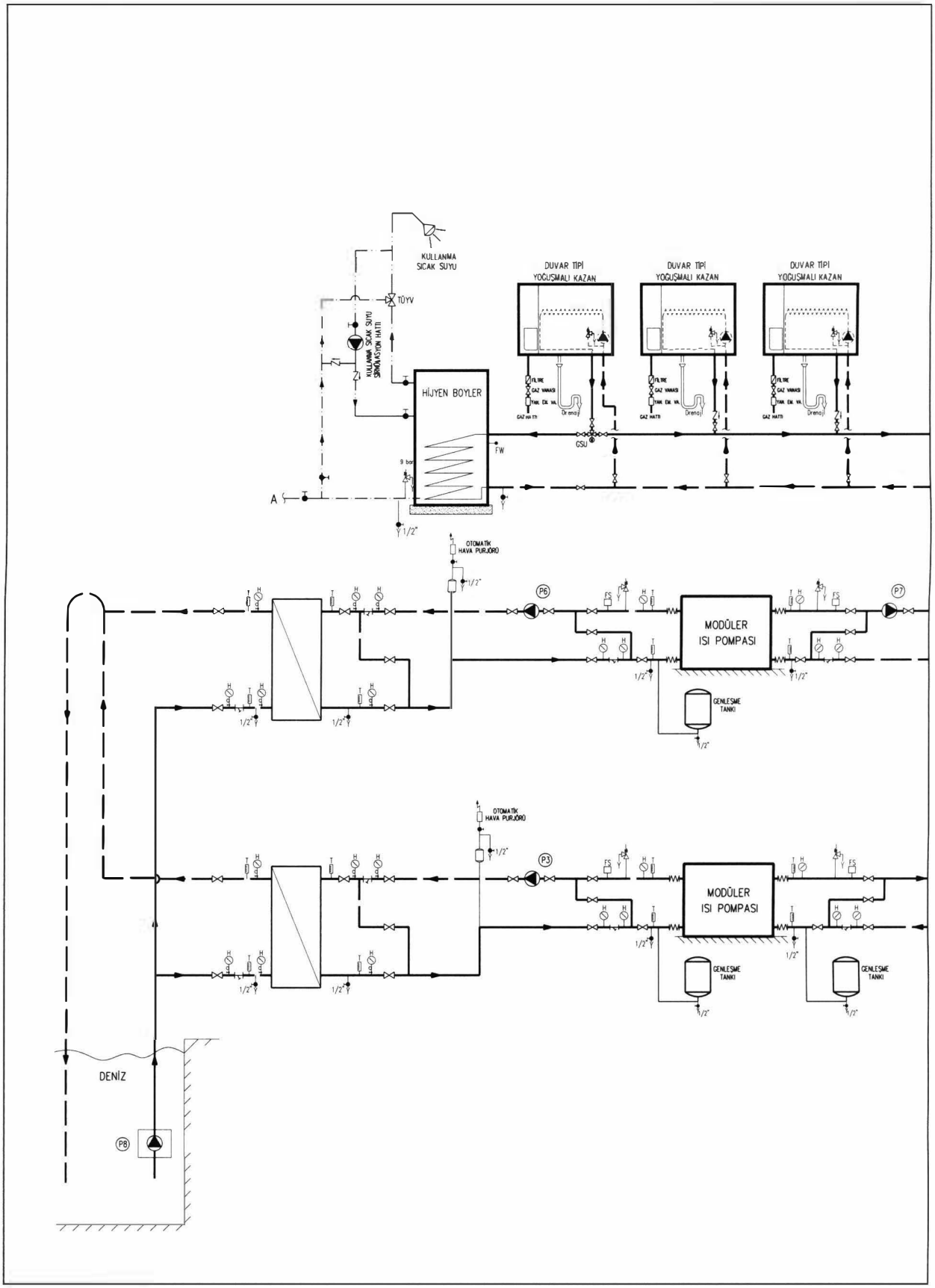
Şekil 3.233.B TOPRAK KAYNAKLI, GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ (KULLANIM SICAK SUYU) SUDAN SUYA ISI POMPASI SİSTEMİ TESİSAT ŞEMASI



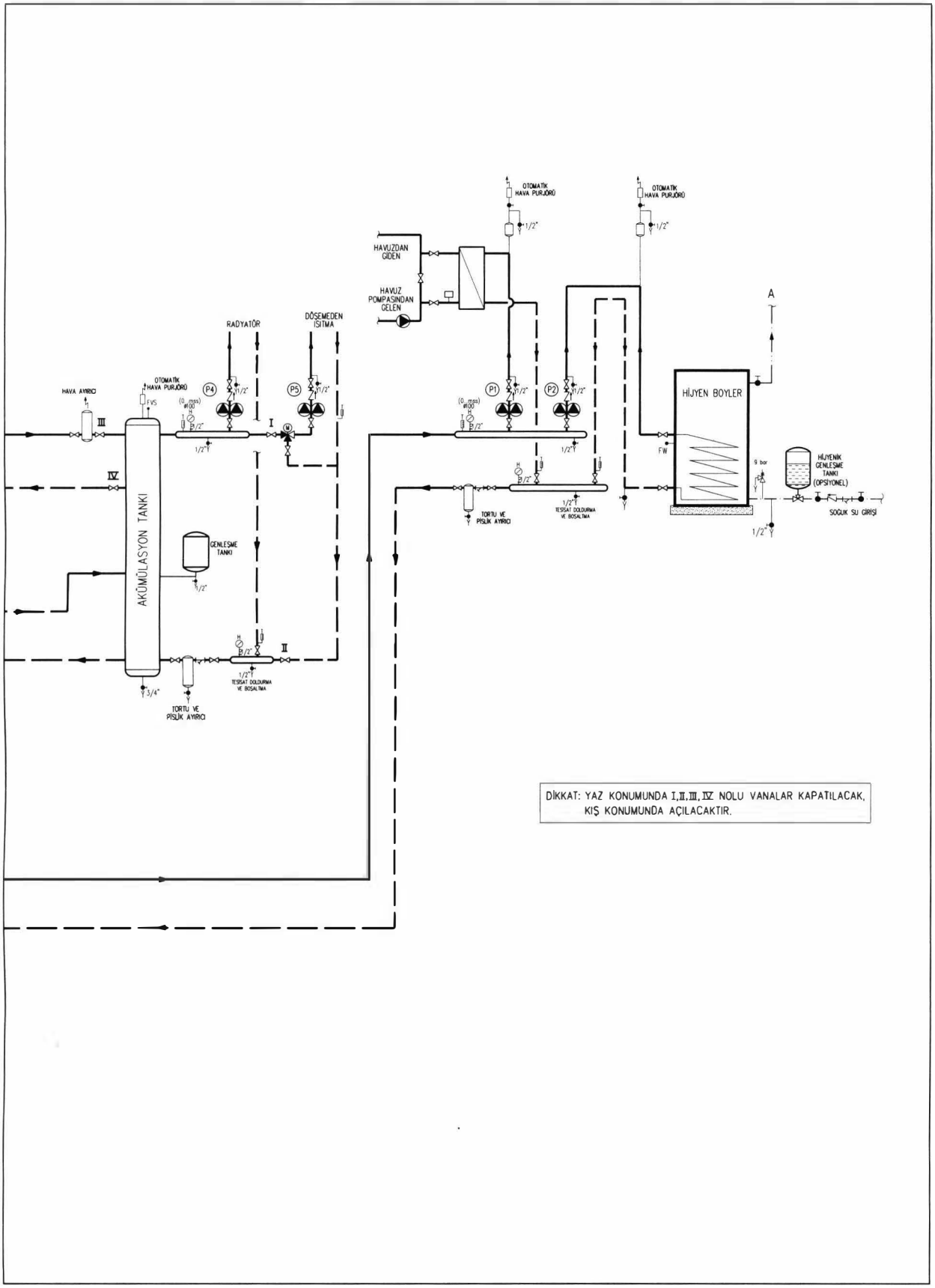
Şekil 3.234.A TOPRAK KAYNAKLI, GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ (KULLANIM SICAK SUYU) SUDAN SUYA ISI POMPASI KASKAD SİSTEM TESİSAT ŞEMASI



Şekil 3.234.B TOPRAK KAYNAKLI, GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ (KULLANIM SICAK SUYU) SUDAN SUYA ISI POMPASI KASKAD SİSTEM TESİSAT ŞEMASI



Şekil 3.235.A YÜZEY SUYU KAYNAKLI SUDAN SUYA ISI POMPASI SİSTEMİ TESİSAT ŞEMASI (DUVAR TİPİ YOĞUŞMALI KASKAD DESTEKLİ)



Şekil 3.235.B YÜZEY SUYU KAYNAKLI SUDAN SUYA ISI POMPASI SİSTEMİ TESİSAT ŞEMASI (DUVAR TİPİ YOĞUŞMALI KASKAD DESTEKLİ)

CEVAHİR ALIŞVERİŞ MERKEZİ SU KAYNAKLI ISI POMPASI VE HAVALANDIRMA TESİSATI PROJE NOTLARI

Su kaynaklı ısı pompalarının yoğun olarak kullanıldığı projelerden bir tanesi Cevahir Alışveriş Merkezi projesidir. Alışveriş merkezinde mağazalar su kaynaklı ısı pompaları kullanılarak ısıtma ve soğutma yapılacak şekilde tasarlanmışlardır. Sistemin çalışma senaryosu aşağıda özetlenmiştir.

Isıtma işletiminde ısı pompaları kapalı su devresinden ısı çekecekler, soğutma işletiminde ise devreye ısı atacaklardır. Tasarımda kapalı devre su sıcaklığı, mevsime bağlı olarak en az 20°C ile en fazla 30°C aralığında tutulacaktır. 18°C sistem alt limit sıcaklığı ve 32°C üst limit sıcaklığı olarak öngörülmüştür. Bu limitler aşıldığında, sistemdeki bütün ısı pompalarının otomatik olarak durdurulacağı bir bina otomasyon senaryosu mevcuttur. Aynı anda merkezi izleme ve kontrol sistemi uyarılacaktır.

Soğutma kuleleri, kapalı devre suyunu, azami yükte 30°C'ye kadar soğutabilecek kapasitede seçilmişlerdir. Su sıcaklığı 27°C olduğu zaman, devre suyu iki yollu vanaların konumları değiştirilmek suretiyle, soğutma kulelerinden dolaşmaya başlar. Soğutma kuleleri otomatik kontrol sistemi uyarılır. Devre su sıcaklığı 27 -30°C aralığında tutulur.

Isı pompalarının bir bölümü ısıtma, diğer bir bölümü soğutma işletiminde ise, kapalı devre su sıcaklığı 23-27°C aralığında dengelenebilir. Su sıcaklığının belirtilen aralıkta olduğu zamanlarda sisteme dışarıdan ısı verilmez, soğutma da gerekli değildir.

Isıtma işletimde, kapalı devre su sıcaklığının 23°C'nin altına düşmesi durumunda kazan sistemi devreye girer. İki yolu vanalar otomatik olarak konum değiştirir ve devre suyu ısıtma eşanjörlerinden sirküle etmeye başlar. Devre su sıcaklığı 20-22°C aralığında tutulur.

Isıtma işletiminde normal şartlarda kulelerden devre suyu dolaşmamaktadır. Dış hava sıcaklığının +1°C'nin altına düşmesi durumunda kulelerin donma riskine karşı korunması için devre suyu kulelerden de çevrilir.

Sistem pompa grubu dört asıl bir yedek olmak üzere beş pompadan oluşturulmuştur. Kazan sistemi veya kuleler devrede iken en fazla dört pompa devrede kalacak şekilde tasarlanmıştır. Sistem 23-27°C aralığında çalışırken, yani kazan ve kuleler işletimde değilken en fazla üç pompa devrede olacaktır. Pompaların yedek kalma, çalışma ve durma sıraları, otomatik kontrol ile düzenlenerek eşit miktarda çalışmaları sağlanır.

Mağazaların havalandırılmasında kullanılan, taze hava klima cihazları ısıtıcı serpantinleri, ayrı bir devre olarak, 30°C sıcak su ile beslenmektedir. Kapalı devre su sıcaklığı 30°C'nin altında ise ısıtıcı serpantinlere su, kazan ile beslenen bir eşanjör üzerinden, ısıtılarak 29-31°C sıcaklık aralığında gönderilmektedir.

Çarşı ve çok katlı mağazalar, yiyecek bölümü, bürolar vb diğer bölümlerin toplam duyulur soğutma yükleri 10.000 kW mertebesindedir. Bu durumda soğutma suyuna atılacak toplam ısı yaklaşık 17.000 kW olarak hesaplanır. Sistemde bulunan su soğutmalı çatı tipi cihazların toplam soğutma yükü 425 kW olup soğutma suyuna atılacak toplam ısı ise 575 kW mertebelerinde tasarlanmıştır. Sistem toplam soğutma yükü 17,6 MW için, aralık 7°C kabul edilerek, kule çalışma sıcaklıkları 30-37°C olarak öngörülmüştür.

İSTİNYE PARK AVM ÖRNEK MAĞAZA SU KAYNAKLI ISI POMPASI VE HAVALANDIRMA TESİSATI PROJE NOTLARI

İstinye Park Alışveriş Merkezi su kaynaklı ısı pompalarının, fancoillerin ve klima santrallerinin ısıtma ve soğutma amaçlı, beraber kullanıldığı bir sistem olarak tasarlanmıştır. Su kaynaklı ısı pompası devre sıcaklıkları en yüksek 32°C ve en düşük 18°C olacak şekilde belirlenmiştir.

Alışveriş merkezi genel hacimleri yıl boyunca insan yükleri, aydınlatma ve diğer ısı üreteçlerinden dolayı, soğutma ve havalandırmaya gereksinim duyarlar. Genel hacimlerin ısıtma gereksinimi, kış aylarında taze havanın ısıtılması ve sabah saatlerinde ön ısıtma ile sınırlıdır.

Şartlandırılmış servis koridorları ile dış duvarlardan ayrılan mağazalar, tüm yıl boyunca soğutmaya ihtiyaç duyarlar. Dış duvarları olan mağazalarda, çevre zonlar için yazın soğutma, kışın ısıtma yapılması gerekirken, bu mağazaların çekirdek zonlarında tüm yıl soğutma gerekecektir.

Mağazalarda mahaller bağısız olarak su kaynaklı ısı pompaları ile soğutulmuş ve ısıtılmıştır. Kışın soğutma yapan cihazların kapalı devreye attığı ısı, aynı anda ısıtma yapan cihazlar tarafından kullanılacak ve ısı geri kazanımı sağlanacaktır. Yazın ve geçiş mevsimlerinde sistem binanın yapısı ve kullanım koşulları gereği, soğutma ağırlıklı çalışacaktır. 32°C en yüksek kapalı devre sıcaklığı olarak belirlenmiştir. Soğutma için üç adet soğutma kulesi planlanmıştır. Kış aylarında sabah saatlerinde gerekecek ön ısıtma için ısıtma kazanları ve eşanjörler kullanılacaktır. Isıtma işletiminde 18°C'nin altına düşülmemesi temin edilmelidir.

Su kaynaklı ısı pompaları mağazalarda tavan içine yatık tip veya kolay ulaşım ve bakım için dik tip olarak makine dairelerine konabilir. Her mağaza bağımsız ısıtma ve soğutma kontrolünü termostatlar üzerinden yapabilecektir.

Mağazalar için gerekli taze havanın 15°C sıcaklıkta, su kaynaklı ısı pompalarının plenum kutusuna bağlanması planlanmıştır. Dönüş havası serbest olarak tavan arasından emilecektir. Soğuk havalarda taze havanın ısıtılması klima santralinde kazandan beslenen bir ısıtıcı serpantin ile yapılır. Tavan içinden belirlenen miktarda hava egzost edilecektir.

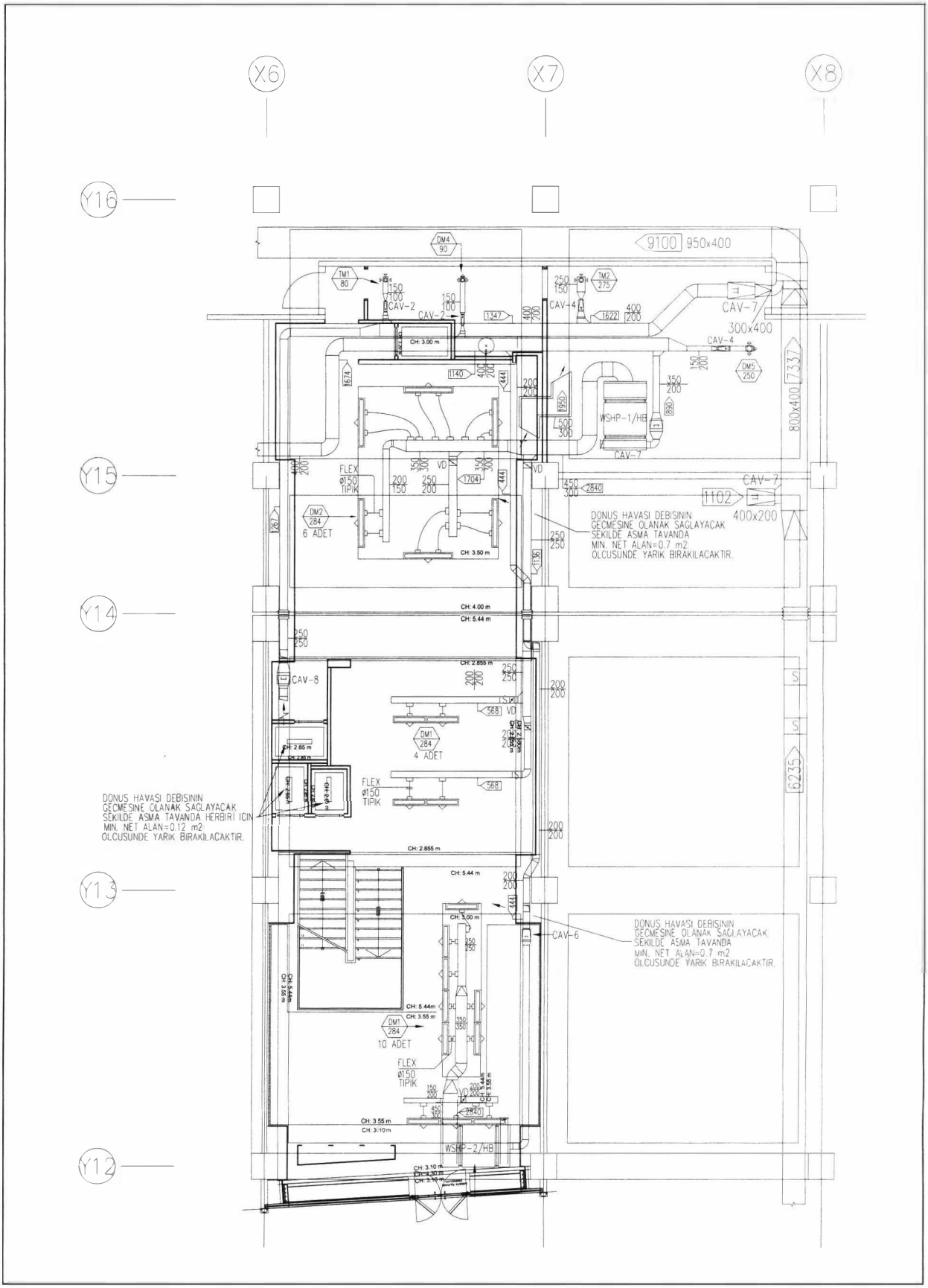
Alışveriş merkezinin servis koridorlarının ve ortak alanların büyük kapasiteli dik tip su kaynaklı ısı pompaları kullanılarak şartlandırılması düşünülmüştür.

Yemek yeme ve servis (Food court) alanlarının ısıtma, soğutma ve havalandırma gereksinimleri, klima santralleri ile karşılanacaktır. Bu santrallerin %100 taze hava ile çalışması öngörülmüştür. Egzostlar mutfak davlumbazlarından sağlanacaktır ve egzost debisi taze hava debisinden %20 fazla planlanmıştır.

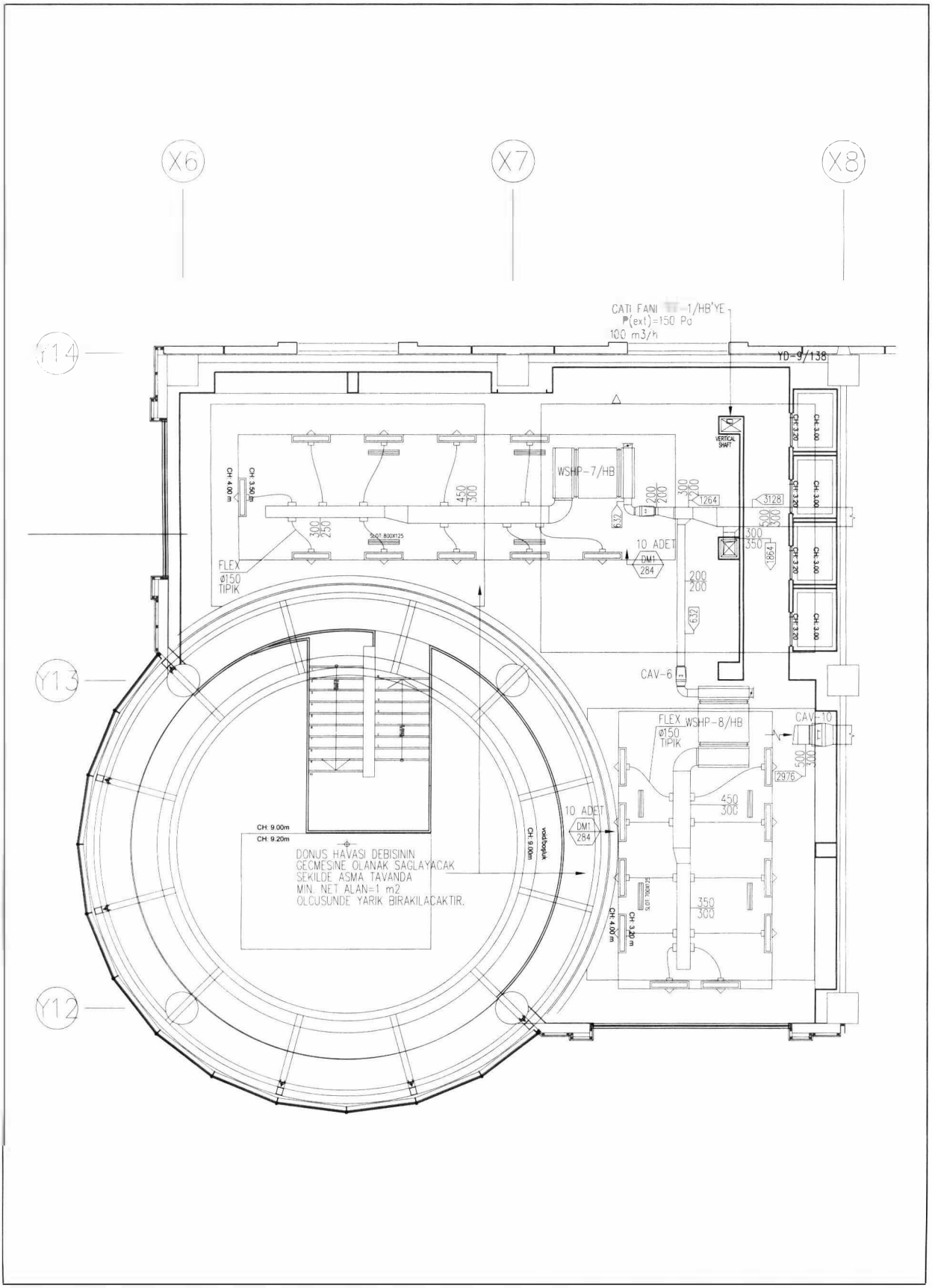
Kafe ve restoranlar su kaynaklı ısı pompası kullanımı ile şartlandırılması tasarlanmıştır. Kolay ulaşım ve servis için bu mahallerin cihazları dik tip ve makine dairelerine yerleştirilebilir.

Sinema salonları ve fuaye müstakil klima santrali ile havalandırılacak ve klimatize edilecektir. Bu bölümler, %100 taze havalı olacak şekilde tasarlanmıştır.

Yukarıda belirtilen hacimlerin yaz ve kış iç hacim tasarım sıcaklıkları ve bağıl nemleri cihaz seçimlerinde önemli bir kriterdir. Yaz aylarında yukarıda ele alınan mahallerin sıcaklıkları genellikle 24 ± 0,5°C ve bağıl nem %50 ± 10 olarak tasarlanmıştır. Kış aylarında ısıtmada sıcaklıklar 20-22°C aralığında öngörülmüştür.



Şekil 3.236.A İSTİNYE PARK AVM ÖRNEK MAĞAZA SU KAYNAKLI ISI POMPASI VE HAVALANDIRMA TESİSATI PROJESİ



Şekil 3.236.B İSTİNYE PARK AVM ÖRNEK MAĞAZA SU KAYNAKLI ISI POMPASI VE HAVALANDIRMA TESİSATI PROJESİ

3.7. ISI POMPASI BİNA İÇİ TESİSAT UYGULAMALARI

3.7.1. DÖŞEMEDEN ISITMA

Döşemeden ısıtma sisteminin ana prensibi, ısı kaybı hesaplanmış herhangi bir mahalde bu ısı kaybının, merkezi bir ısı üretecinden temin edilen sıcak suyun, radyatör yada başka bir ısıtıcı ünite yerine, döşeme altına yerleştirilen ısıtma boruları içinde dolaştırılarak karşılanmasıdır. Sistemde dolaştırılması gereken düşük sıcaklıktaki (30-55°C) ısıtma suyu merkezi bir ısı üretecinden (kombi, kazan, ısı pompası, güneş kolektörü vb) elde edilir ve dağıtım döşeme altındaki ısıtma borularına kadar sadece bir kolon ve her kattaki dağıtıcılar ile gerçekleştirilir.

Bugün ülkemizde yaygın kullanımı olan radyatörlü ısıtma sistemlerinden farklı olarak, döşemeden ısıtmada mahale ısı transferi, yüksek sıcaklıktaki (65-80°C) ve küçük yüzeyli radyatörler ile değil, çok daha düşük sıcaklıktaki (24-29°C) geniş bir döşeme yüzeyinden gerçekleşmektedir. Bu sebeple radyatörlerden mahale ısı transferinde, taşınım yanında ihmal edilebilecek mertebelerde olan ışınım payı, döşemeden ısıtmada toplam ısı transferinin yaklaşık %55-70'i mertebesindedir.

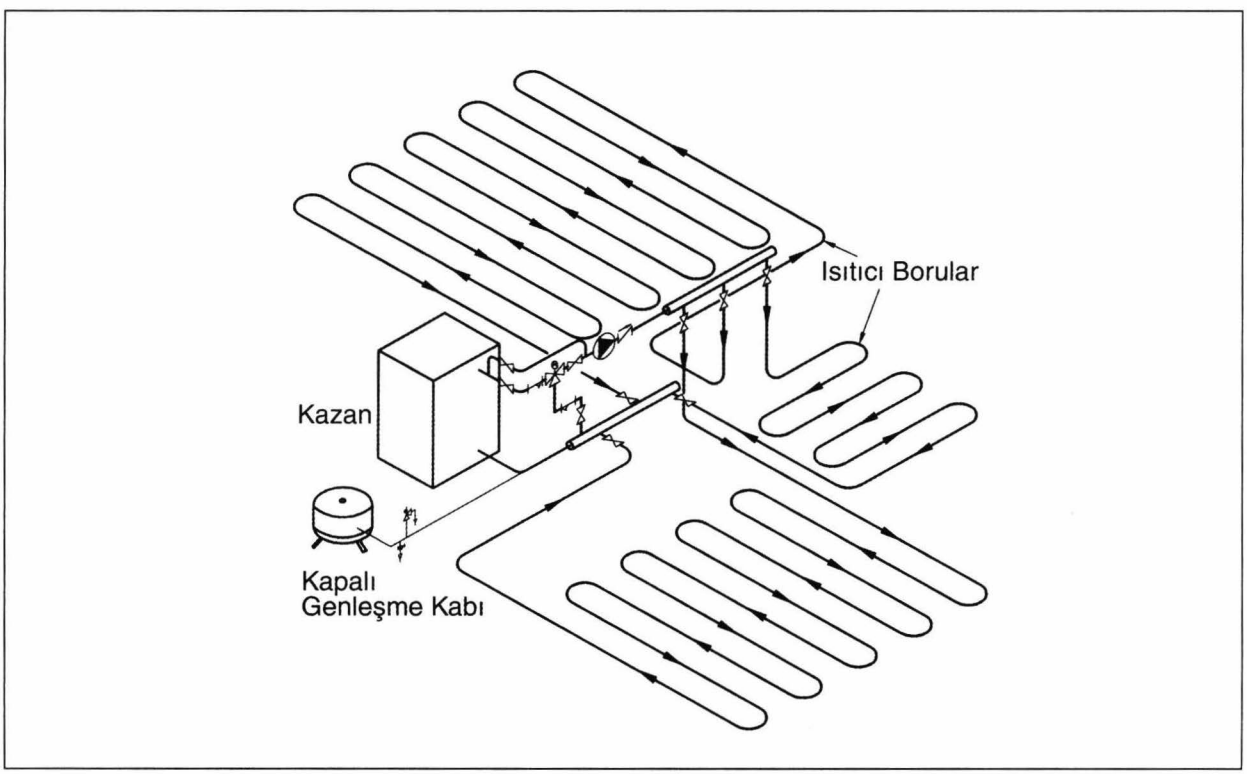
Isıtılan geniş bir döşeme alanı ve onu çevreleyen duvarlar arasında ışınım yolu ile gerçekleşen bu ısı transferi sayesinde, duvar yüzeyleri doğrudan ısıtılabilmekte, böylece iç duvarlar ile dış duvar iç yüzeyleri arasındaki sıcaklık farkı 1-2°C civarında tutulabilmektedir. Bu ise yatayda mahal içindeki sıcaklık dağılımının hemen hemen homojen olması demektir. (Radyatörlü sistemlerde bu sıcaklık farkı 6-7°C civarındadır.)

Isınan havanın mahalin tavanına doğru hareket edeceği şüphesizdir. Ancak, döşemeden ısıtma sisteminde mahal içindeki en sıcak yer döşeme yüzeyidir ki, döşeme yüzeyinden itibaren yer değiştiren mahal havası sıcaklığı hacmin üst kısımlarında daha düşük olacak ve hava hareketleri zayıflayacaktır. Döşemeden ısıtmadaki bu ısı dağılımı diğer bütün ısıtma sistemlerine göre ideal ısı dağılımına en yakın profili vermektedir.

Döşemeden ısıtmada diğer sistemlerden farklı olarak tavan bölgesinde gereksiz bir ısı birikimi görülmemekte ve odanın döşemeye yakın, yaşanılan bölgesindeki sıcaklık dağılımı idealde elde edilmek istenen profile çok benzer bir değişim göstermektedir.

Döşemeden ısıtmada konfor, mahal içinde yatay ve düşeydeki uygun ısı dağılımı, döşeme yüzeyindeki (insan ayağında) sıcaklık ve duvar ışınım etkisi sayesinde en yüksek seviyededir. Bu sebepten bir çok tasarımcı ve uygulamacı döşemeden ısıtma sistemi projelendirilmesinde ön görülen mahal sıcaklıklarının literatürde verilen mahal sıcaklıklarından 1-2°C düşük tutulması gerektiğini düşünmektedirler.

Mahal sıcaklığındaki 1°C'lik bir azalışın %7-10'luk bir yakıt tasarrufu sağladığı hatırlanırsa, sistemin bu konudaki üstünlüğü vurgulanmış olur. Ayrıca mahalin tavana yakın, kullanılmayan bölgesini ısıtmak için enerji



Şekil 3.241. DÖŞEMEDEN ISITMA TESİSATI

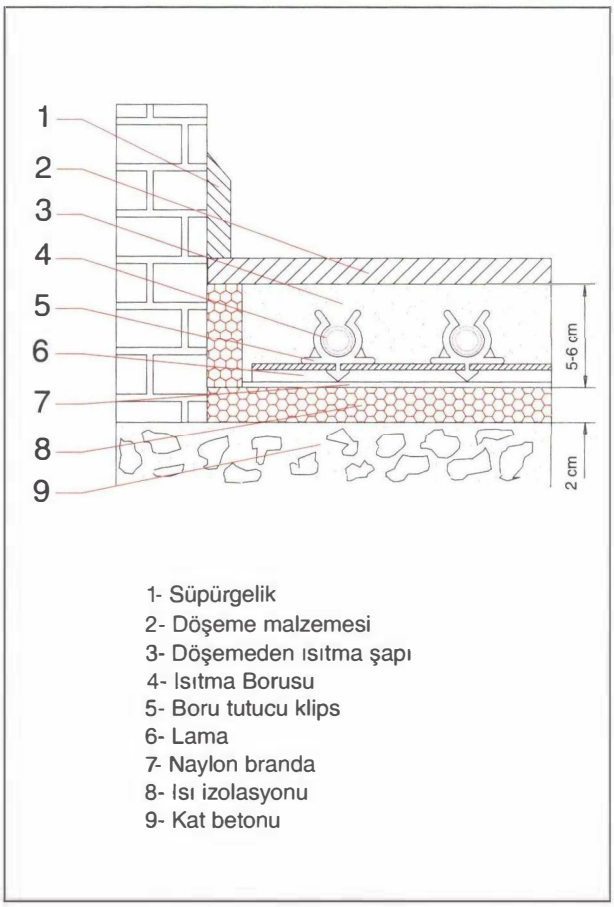
harcanmaması, bu bölgedeki sıcaklığın, dolayısıyla ısı kayıplarının düşük olması ve sistemde yüksek sıcaklıkta küçük yüzeyli ısıtıcıların bulunmayışı ile duvar önlerine yerleştirilen bu ısıtıcılar civarında meydana gelen ısı kayıplarının tamamen elimine edilmesi sisteme işletme esnasında %15 dolayında bir enerji, dolayısı ile yakıt tasarrufu getirebilmektedir. Bu durum, sistemin tercih edilmesine en büyük faktörlerden birini teşkil eder. 2,7 m'lik kat yüksekliği için verilen bu tasarruf oranı cami, spor salonu gibi yüksek yapılarda %30-40 mertebelerine ulaşabilmektedir.

Fiziksel olarak, oda şartları içindeki bir insan, deri dış yüzeyinden mahale doğru ısı ve madde (nem) transferi olan sıcak bir cisim olarak düşünülebilir. Yaklaşık 36,5°C'lik vücut sıcaklığı, vücudu çevreleyen mahal havası sıcaklığından genellikle yüksek olduğundan vücuttan sürekli bir ısı kaybı söz konusudur. Bu ısı kaybı, vücut içinde oksidasyon yolu ile oluşan aktif bir ısı üretimi sayesinde telafi edilir.

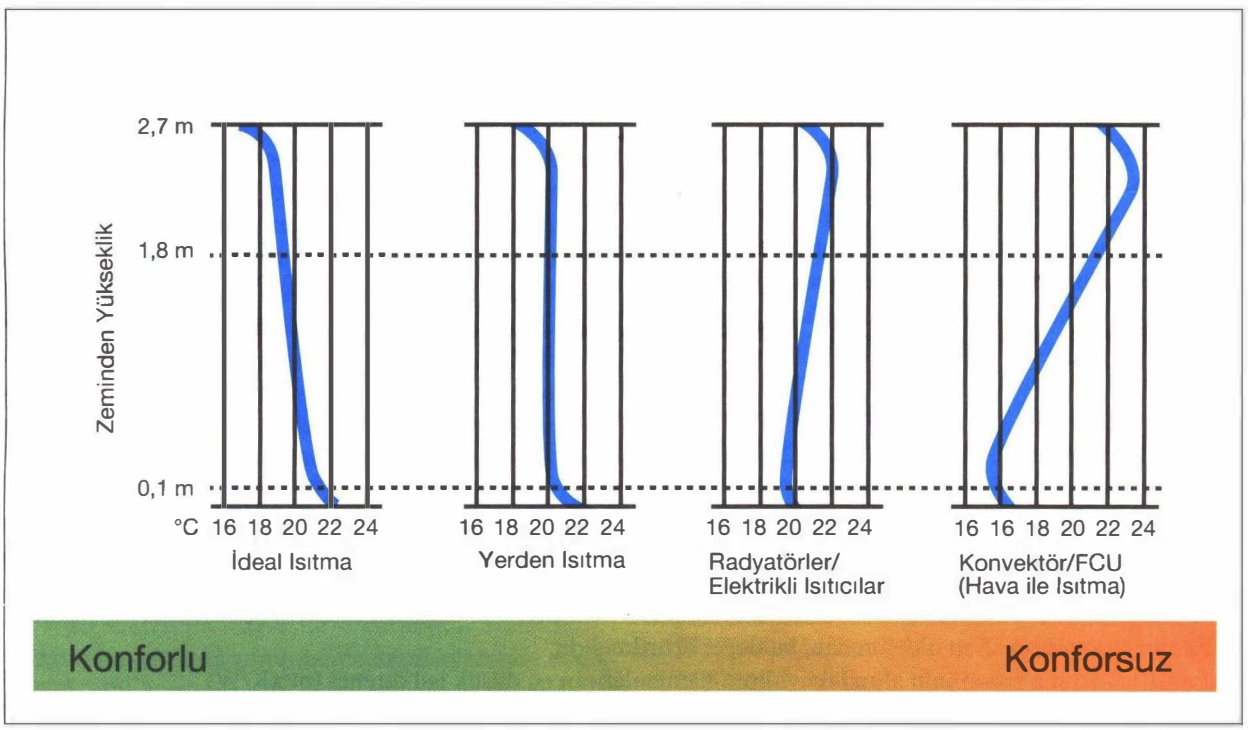
İnsan ile çevresi arasındaki ısı transferi, iletim, taşınım ve ışınım yolu ile gerçekleşmektedir.

- Mahal içindeki hava hareketlerinin fazlalığı insan vücudundan taşınım ile kaybedilen ısı miktarını,
- Daha soğuk duvar ve tavan yüzeyleri, ışınım ile kaybedilen ısı miktarını
- Düşük yüzey sıcaklıkları ise, döşeme ile sürekli temasta olan ayak tabanı ve döşeme yüzeyi arasındaki iletim yoluyla kaybedilen ısı miktarını arttıracaktır.

Herhangi bir ısıtma sisteminin mükemmelliği, insanın ısıl dengesine uygunluğu ile belirlenir. Yukarıda belirti-



Şekil 3.242. DÖŞEMEDEN ISITMA TESİSATINDA DÖŞEME KONSTRÜKSİYONU



Şekil 3.243. ISITMA TESİSATINA BAĞLI MAHAL İÇİ SICAKLIK DAĞILIMI DİYAGRAMLARI

len açılar göz önünde bulundurulduğunda, döşemeden ısıtma sisteminin, bugün kullanılan ısıtma sistemleri içinde insanın fizyolojik ihtiyaçlarına en uygun ısıtma sistemlerinden biri olduğu düşünülmektedir.

3.7.1.1. Döşeme Konstrüksiyonu ve Kullanılan Malzemeler

Sistemdeki döşeme konstrüksiyonu, döşeme malzemesine, ısıtılan alanın büyüklüğüne ve özelliğine (köprü, yol, havaalanı, fabrika ve sera) göre değişmektedir. Konutlar için döşeme konstrüksiyonu kat betonundan itibaren *Şekil 3.242.*' deki bileşenlerden oluşmaktadır.

a. Kenar Yalıtım Bandı

Öncelikle zemin çevresine yaklaşık 10 cm yüksekliğinde kenar yalıtım bandı uygulanır. Kenar yalıtım bandı, zemin ısısının diğer yapı elemanlarına geçişini azaltarak zemindeki ısı verimini yükseltmesi ve özellikle zemine uygulanacak şapta ısı neticesinde oluşan gerilme ve çekme kuvvetlerini tolere ederek şapın çatlamasının engellenmesine yardımcı olması bakımından çok büyük önem arzetmektedir.

b. Isı İzolasyonu

Kenar yalıtım bandı uygulaması tamamlandıktan sonra bütün zemine ısı yalıtımı döşenir. Döşemeden ısıtma sisteminin altında bulunması gereken yalıtım katmanlarının en düşük ısıl direnci TS EN 1264 -4'de (Döşemeden Isıtma – Sistemler ve Bileşenleri – Bölüm 4: Tesisat) belirlenmiştir.

Kullanılan döşemeden ısıtma yalıtım plakasının yalıtım değerlerinin, bu standart değerleri sağlamaması durumunda, ek yalıtımlar kullanılmalıdır. Gerekli ek yalıtımın direnç katsayısı standart, tarafından talep edilen yalıtım katsayısından, döşemeden ısıtma plakasının sağladığı yalıtım katsayısının çıkartılması ile bulunabilir.

Isı yalıtımı olarak genellikle EPS'den yapılmış (ekspande polistiren köpük) strafor kullanılır. Burada dikkat edilmesi gereken husus, kullanılan EPS'lerin en az 2 cm kalınlık ve 40 kg/m³ yoğunluğun altında olmamasıdır. Aksi halde, yalıtım daha borular döşenirken yıpranacak ve hem ısı yalıtımı azalacak hem de boru tutucuları yeterince kavramayarak serme işlemini zorlaştıracaktır.

c. Naylon Branda veya NP sistemi

Düz straforlarla yapılan döşemeden ısıtma uygulamalarında, ısı yalıtımı döşendikten sonra üzerine naylon branda serilir. Serilen naylon branda yalıtım malzemesini koruyacağı gibi ısı ve kısmen katlar arası ses yalıtımı da yapmaktadır. Kullanılan naylon branda, PE'den (polietilen) yapılmıştır ve en az 0,15 mm (TS EN 1264) kalınlığında olmalıdır. Bazı uygulamalarda NP diye tabir edilen ve kendinden tutucu yüzeyli mantarlı yalıtım plakaları da kullanılmaktadır. Bu plakalar, özel kaplamaları ile boruların kaymasını önlerler. En önemli avantajı kaymayı önleyici kaplaması sayesinde boru sabitleyici aparatların kullanımını ortadan kaldırarak zaman ve işçilikten tasarruf sağlamasıdır.

d. Demir Izgara

Eğer uygulama yapılacak zemin alanı çok geniş ve ağır yükler altında kalacaksa (Örn : Araç parkı, alışveriş merkezi, okul, hastane, fabrika vb) yalıtım üzerine demir ızgara uygulaması tavsiye edilir.

e. Isıtma Borusu

Plastik sektöründeki hızlı gelişmeler neticesinde yüksek sıcaklık ve basınca dayanıklı plastik borular üretilmiş ve bunlar tesisatlarda demir ve bakır boruların yanında kullanılmaya başlanmıştır. Kullanılan plastik borular, demir borulardan daha esnek bir yapıya sahip olduklarından uygulama ve taşıma kolaylığı sağlalar ve bakır borulara nazaran çok daha az maliyetli çözüm oluşturabilirler. Döşemeden ısıtma sistemlerinin sıcak sulu uygulamalarının tamamında uzun ömürlü yapısı ile iki tip plastik boru kullanılmaktadır. Bunlardan biri PE-X (Polyethylene Cross-Linked) diğeri de PE-RT (Polyethylene of Raised Temperature Resistant)'dir. PE-X ve PE-RT boruların her ikisi de kimyasal olarak polietilenden üretilmekte olup üretim teknikleri ve kaliteleri birbirinden farklıdır.

PE-X borular, çok amaçlı üretildiği için bir kaç çeşidi mevcuttur. Bunların temel olanları PE-Xa, PE-Xb, PE-Xc'dir. Buradaki a,b,c, harfleri polietilende birbirinden farklı zincirler içindeki karbon atomlarına üretim aşamasında uygulanan çapraz bağ kazandırma yöntemini göstermektedir. PE-Xa malzemede çapraz bağ özelliği, malzeme henüz hammadde durumunda katılan peroksit ile kazandırılırken, PE-Xb malzemede çapraz bağ kazandırma işlemi, malzeme üretildikten sonra su havuzlarında silan katkısı ile gerçekleştirilir. PE-Xc malzemede ise çapraz bağlama, üretim sonrasında uygulanan UV ışıması ile gerçekleştirilir. PE-Xa ve PE-Xc

	Isıtılan oda altında	Isıtılmayan veya aralıklı ısıtılan oda altında veya doğrudan zeminde *)	Dış hava sıcaklığı altında		
			Dış tasarım sıcaklığı Td ≥ 0°C	Dış tasarım sıcaklığı 0°C > Td ≥ -5°C	Dış tasarım sıcaklığı -5°C > Td ≥ -15°C
Isıl direnç (m²xK/W)	0,75	1,25	1,25	1,50	2,00

*) Zemin su seviyesi ≤5 m olduğundan, bu değer artırılmalıdır.

Döşemeden ısıtma sisteminin altındaki yalıtım katmanlarının en düşük ısıl direnci (m²xK/W)

Tablo 3.244. TS EN 1264 - 4'E GÖRE DÖŞEMEDEN ISITMA SİSTEMİNİNDE KULLANILABİLECEK YALITIM KATMANLARININ EN DÜŞÜK ISIL DİRENÇLERİ

malzemeler sahip oldukları daha yüksek çapraz bağ oranı sebebiyle daha yüksek sıcaklık dayanımına ve esnekliğe sahiptirler. PE-Xa malzeme - 40°C ila + 95°C sıcaklıkları arasında kullanılabilir.

PE-RT borularda ise PE-X'deki gibi karmaşık bir yapı yoktur. Geliştirilen özel yöntemler sayesinde tamamen döşemeden ısıtmada kullanım için tasarlanmıştır ve herhangi bir çapraz bağlanma işlemine tabi tutulmayan, yüksek sıcaklık altında uzun dönemli hidrostatik dayanıma sahip bir polietilendir. Esnek bir yapı yakalanırken, basınç ve sıcaklık dayanımları yüksektir. PE-RT borular -10°C ortam sıcaklığına kadar uygulanabilmektedirler.

Borularda dikkat edilmesi gereken diğer önemli bir husus da oksidasyonu önleyici oksijen bariyeridir. Sistemde pompa, iki ve üç yollu vanalar gibi metal parçalar, ısıtma suyunun içerisinde çözülmüş oksijenin bağlanarak tüketilmesine sebep olacaktır. Böyle bir durumda ısıtma suyu içerisindeki oksijen derişimi düşecek, oksijen derişiminin yüksek olduğu dış havadan borunun içerisine doğru oksijen difüzyonu gerçekleşecektir. Bununla birlikte içeriye yeni oksijen girecek, metal parçalar tarafından kullanılacak ve döngü bu şekilde devam edecektir. Bu döngü sonucunda korozyon oluşacak ve metal aksamlara sahip cihazların işleyişlerinde problemler, boruların içerisinde tortulaşma gibi sorunlar söz konusu olacaktır. Oksijen bariyeri borulara ek bir katman olarak uygulanır, yani boruların üretim aşamasında bağ işlemleri tamamlandıktan sonra oksijen bariyeri tabakası boru üzerine yapıştırılır. Böylece oksijen bariyerli borular, içerisine havadaki oksijen atomlarını almayacağından boru içinde oksitlenme, kireçlenme, tortulaşma ve yosunlaşma olmayacak ve ısıtma sisteminin metal aksamına serbest oksijen taşınmayacağından, sistemde paslanma da olmayacaktır. DIN 4726'ya göre oksijen bariyerli borulardaki oksijen geçirgenliği 40°C sıcaklıkta ≤ 0,10 /(m^3xd) olmalıdır.

f. Şap Katmanı

Serme işlemi tamamlanan ve kolektöre bağlanan borular, öncelikle sıcak su veya hava kompresörü ile teste tabi tutulur. Testler genellikle 9,6 bar basınçta gerçekleştirilir. Herhangi bir sızdırma ve basınç kaybı olmadığı gösterge sayesinde gözlemlenir ve bir sorun varsa düzeltilir. Koruyucu şap katmanı standartlara uygun olarak (D30 beton / 30N/mm^2 basınca dayanıklı olmalıdır) uygulama zeminine göre 3-6 cm kalınlığında atılır. Burada dikkat edilmesi gereken en önemli husus, yapılan ısı hesapları neticesinde şap katmanının kalınlık değerlerinin aşılmaması ve düzgün bir kotlamadır. Eğer anılan limitler aşılırsa ısı iletimi azalacaktır. Düzgün bir kotlama ısının homojen dağılımında etkili olacağı gibi koruyucu şap katmanı üzerine döşenecek malzemenin (fayans, seramik, parke vb) düzgün uygulanması açısından da çok önemlidir.

g. Döşeme Malzemesi

Şap katmanı tamamlandıktan sonra zemin üzerine istenilen döşeme yapılabilir. Döşemeden ısıtma uygulamalarında, sanılanın aksine herhangi bir kısıtlama yoktur. Döşeme yüzeyindeki sıcaklık seviyeleri 24-29°C aralığında olduğundan (Ancak TS EN 1264 ıslak yüzeylerde 30-35°C sıcaklık aralığına müsaade etmektedir.) parke yada PVC kaplamalar için kullanılacak yapıştırıcılar açısından hiçbir kısıtlama bulunmamaktadır. Doğal taşlar, parkeler, seramik ve fayans çeşitleri ve mermerler kullanılabilir. Burada dikkat edilmesi gereken husus proje aşamasında hangi zemine hangi uygulamanın yapılacağının bilinmesidir. Ancak ısıtma borusunun üzerinde yer alan her katmanın, mahale doğru olan ısı transferini bir miktar önleyeceği de unutulmamalıdır. Bu yüzden kullanılacak döşeme malzemesinin projelendirme safhasında bilinmesi, ısıtma borusu sıklığının, gidiş suyu sıcaklığının ve gidiş dönüş suyu sıcaklıkları arasındaki farkın buna göre hesaplanması gerekir. Pratik olarak sistemin kat betonundan itibaren yüksekliği, ısı yalıtım katmanı dahil 8-10 cm kadar olmaktadır. Bununla birlikte uygulamalar esnasında zemin malzemesi tedarikçisinin uygulama talimatlarını dikkate almak da faydalı olacaktır.

3.7.1.2. Döşemeden Isıtma Sisteminin Projelendirilmesi

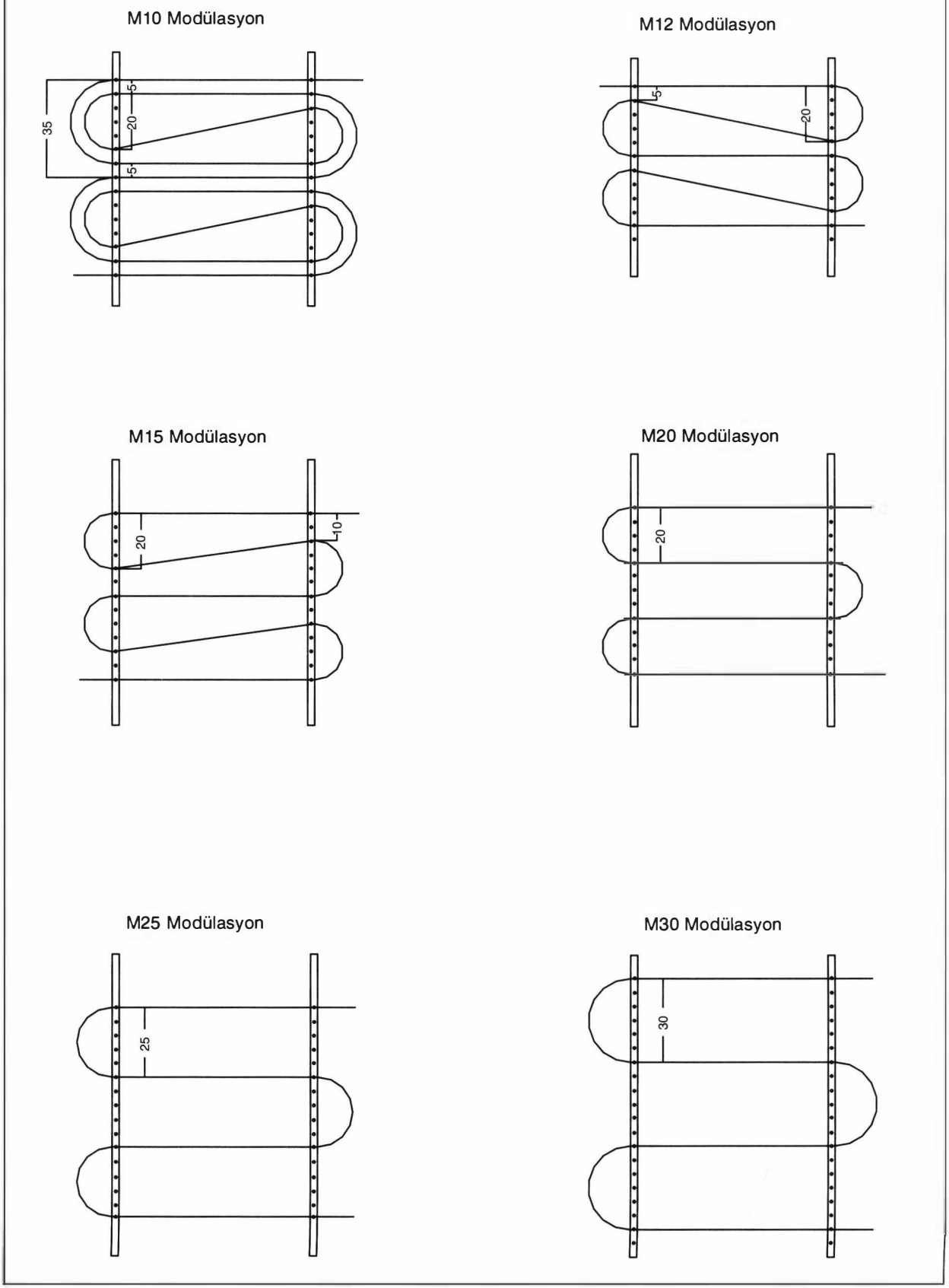
Isıtma boruları Her katta uygun, merkezi (WC, giriş holü vb) bir noktaya yerleştirilen, o kata ait kat dağıtıcısından itibaren, gruplar halinde her mahalin mimari durumuna ve ısı kaybına bağlı olarak hesaplanan sıklıkta ve modülasyonda, döşeme altında dolaştırılır ve dağıtıcının hemen altına yerleştirilmiş kat kolektörüne geri dönerler. Burada dikkat edilmesi gereken en önemli husus grupta kullanılacak borunun ek yapılmadan tek parça halinde döşenmesidir.

Değişik mimariler, farklı amaç ve ihtiyaçlar için istenilen döşeme yüzey sıcaklıklarının elde edilmesini ve döşemeden mahale doğru olan ısı transferinin mahal şartlarına uygun şekilde planlanmasını amaçlayan boru döşeme yöntemleri (modülasyonlar) kullanılır.

Döşemeden ısıtma sistemi için modülasyona bağlı olarak bazı uygulama biçimleri *Şekil 3.245*'de gösterilmiştir. Boru modülasyon aralıklarına bağlı olarak kullanılacak boru miktarını hesaplarken aşağıdaki değerler kullanılabilir;

- M10 = 10 m/m^2
- M12 = 8 m/m^2
- M15 = 6,6 m/m^2
- M20 = 5 m/m^2
- M25 = 4 m/m^2
- M30 = 3,3 m/m^2

Aynı mimariye ve kullanım amacına sahip olan ama farklı ısı yalıtımı veya döşeme malzemesi kullanılan



Şekil 3.245. MODÜLASYON ARALIKLARINA GÖRE UYGULAMA BİÇİMLERİ

mahallerde değişik ısı ihtiyaçları, seçilen boru döşeme yönteminin boru aralıkları, gidiş suyu sıcaklığı ve gidiş dönüş suyu sıcaklıkları arasındaki fark değiştirilerek karşılanır.

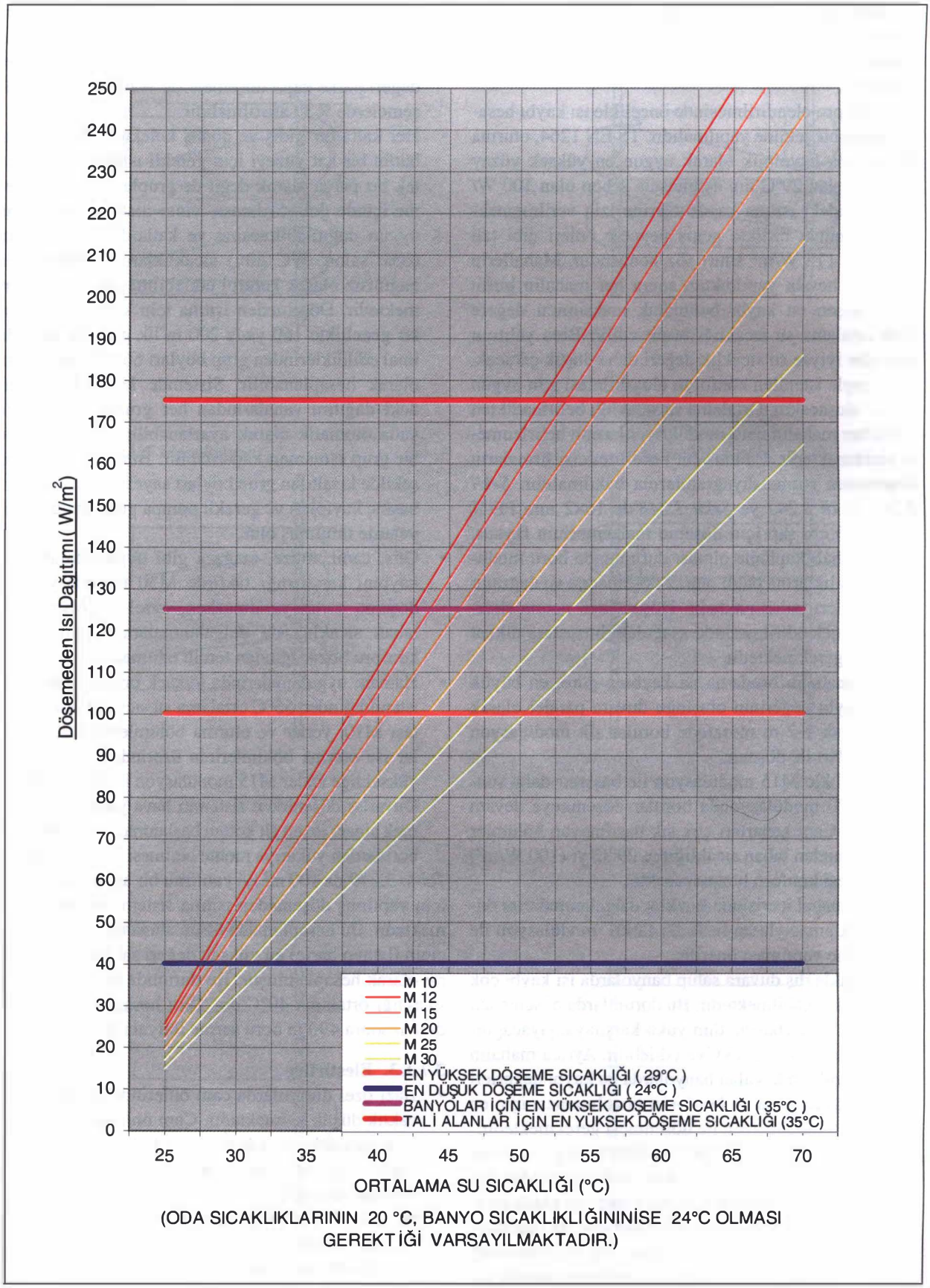
Sistemin projelendirilmesinde öncelikle ısı kaybı hesabı detaylı bir şekilde yapılmalıdır. TS EN 1264, oturma alanlarında fizyolojik olarak uygun en yüksek yüzey sıcaklığı olan 29°C'nin aşılmasına sebep olan 100 W/m² üzerindeki ısıtma kapasitelerine izin verilmemektedir. Bununla birlikte geniş pencere önleri gibi tali alanlarda 175 W/m² sınırı söz konusudur. Mahallerin ısı kaybı hesabı yapıldıktan sonra her mahalin birim alana düşen ısı kaybı bulunarak maksimum değere göre ortalama su sıcaklığı tespit edilir. Bina yalıtımı ne kadar iyiyse su sıcaklık değeri daha düşük çıkacak, dolayısıyla istenilen konforun oluşabilmesi için uygun şartlar oluşacaktır. Ortalama su sıcaklığı belirlendikten sonra her mahalin boru modülasyonlarının belirlenmesi gerekmektedir. Bunun için boru üreticisi firmaların döşemeden ısıtma diyagramlarına bakılmalıdır. *Şekil 3.246*, *Şekil 3.247* ve *Şekil 3.248*'de 16x2 mm PE-X boru ve 5 cm şap için döşeme malzemesinin fayans, parke ve halı kaplama olması durumunda boru modülasyon aralıklarına bağlı olarak döşemeden ısı dağılımı diyagramları bulunmaktadır. Döşemeden ısıtma sisteminin projelendirilmesinde aşağıdaki hususlara dikkat edilmesi gerekmektedir.

- Her mahalin ortalama ısı kaybına göre, en büyük ısı kaybı değerinin oluştuğu duvara paralel olarak yaklaşık 1-2 m mesafede borular sık modülasyon aralıkları ile döşenir.
- Genellikle M15 modülasyon ile başlanır daha sonra M20 modülasyonda borular döşenmeye devam edilir. Cam kenarları çok sık basılmayan bölümler olduğundan taban sıcaklığının 29°C'yi (100 W/m²) geçmesi konforu bozmayacaktır.
- Aynı mahal içerisinde sıcaklık dalgalanmalarını önlemek amacıyla en fazla iki farklı modülasyon ile döşeme yapılması önerilir.
- Özellikle dış duvara sahip banyolarda ısı kaybı çok yüksek çıkabilmektedir. Bu durumlarda döşemeden ısıtma kendi başına tüm yükü karşılayamayacağından havlupan ile takviye edilebilir. Ayrıca mahalin iç kısımlarında kalan banyolarda ısı kaybı değerleri çok düşük çıksa da konforun bozulmaması için en az M15 modülasyon ile döşenmesi gerekmektedir.
- Kolektörler genellikle WC ve giriş holü gibi merkezi bir mahale konulurlar. Diğer mahallere giden borular hol veya antreden geçmek zorunda olduklarından bu bölümlerde boru aralıkları çok sık olacaktır. Yani ısı kayıp değerleri düşük olsa da döşenecek boru miktarı fazla olacağından malzeme hesabı yapılırken dikkat edilmesi gerekmektedir.
- Modülasyona karar verirken mahale verilmesi gereken ısı miktarının döşeme malzemesine göre artırılması gerektiği unutulmamalıdır. Fayans için düzeltme katsayısına gerek duyulmazken ısı kaybı değeri parke kaplı döşemelerde %20, halı kaplı döşemelerde %30 artırılmalıdır.
- Her katta bir gidiş ve dönüş kolektörü kullanarak, bütün bir kat yüzeyi için gerekli ısıtma borusunun tek bir parça olarak değil de gruplar halinde döşeme içinde dolaştırılması, ısının mahal içinde daha uygun dağıtılabilmesine ve katlardaki hacimlerin (oda, salon, WC gibi) sıcaklıklarının birbirinden bağımsız olarak kontrol edilebilmesine imkan vermektedir. Döşemeden ısıtma için kullanılan borular genellikle 160 yada 200 m'lik parçalar halinde imal edildiklerinden grup boyları 66, 80 yada 100m olarak hesaplanabilir. Sistemde kolektör üzerindeki dağıtım vanalarından her grubun debisi elle yada otomatik olarak ayarlanabilir hatta istenilen bir grup tamamen kapatılabilir. Bunun yanında bu şekilde kısaltılan grup boyları sayesinde sistemdeki basınç kayıpları ve gerekli pompa gücü uygun seviyelerde tutulmuş olur.
- Ofis, cami, müze, mağaza gibi uygulamalarda ısı kaybını karşıladığı taktirde M30 modülasyon ile döşeme sorun yaratmazken, evsel uygulamalarda taban sıcaklığında dalgalanmalara neden olarak konforu bozacağından tercih edilmemelidir.
- Hamam uygulamalarında yüksek ortam sıcaklıkları istenildiğinden 55°C ortalama su sıcaklığında göbek taşı M10, yerler ve oturma bölümleri M12, duvarlar ise oturma bölümlerinin üzerinden 1,2 - 1,5 m yüksekliğe kadar M15 modülasyon ile döşenmelidir. Duvarlar döşenirken sistemin hava yapmasını önlemek amacı ile en alt kottan başlanması ve kolektörün borulardan yukarıya monte edilmesi tavsiye edilir.

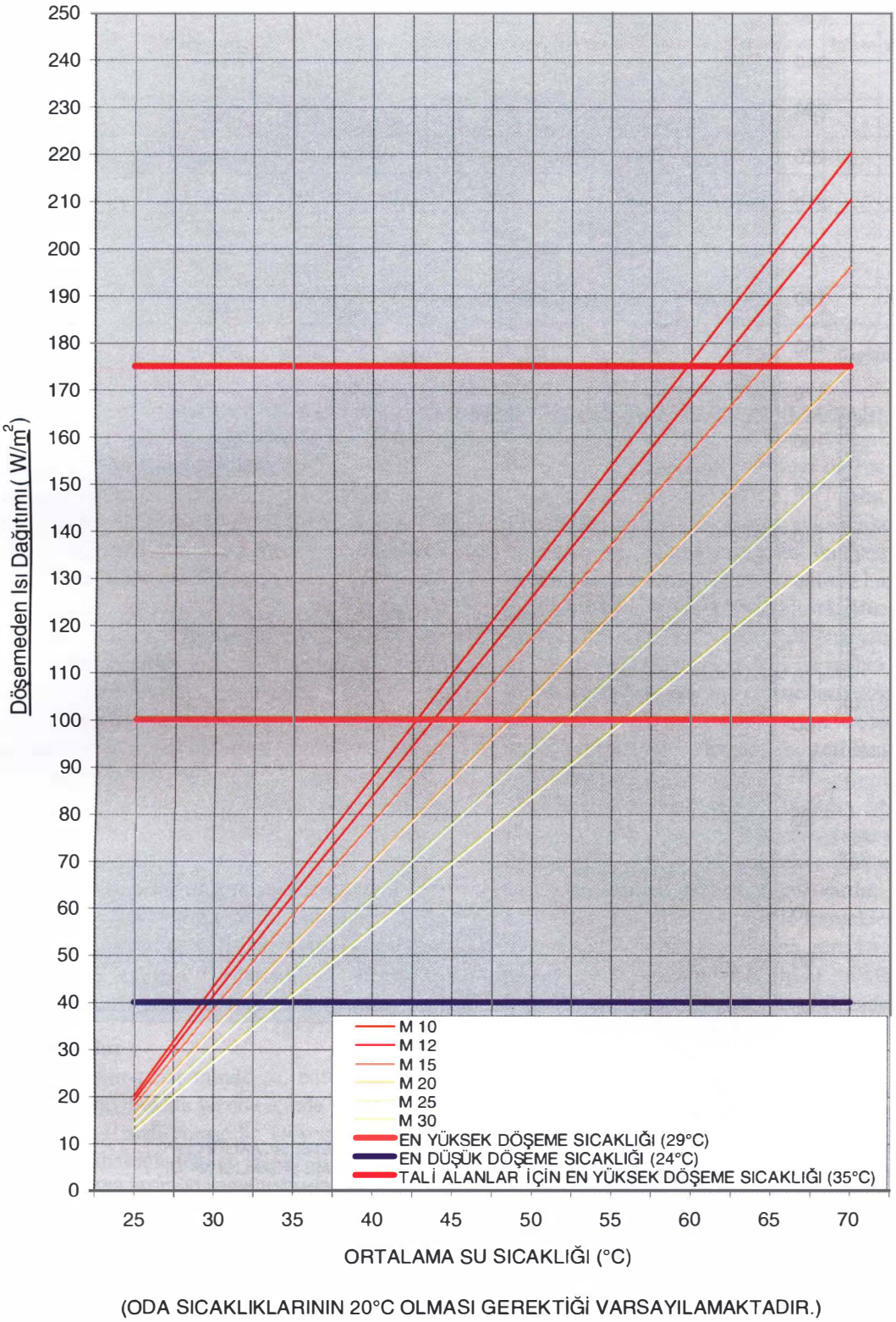
Tablo 3.249'da 100 m² iyi yalıtımlı bir apartman dairesi için yapılmış döşemeden ısıtma sistemi hesabı bulunmaktadır. Bu hesaplamada birim alana düşen ısı ihtiyacının (banyo hariç) en yüksek değeri salonda ve 90 W/m² olarak hesaplanmıştır. Bu durumda seçilen çalışma sıcaklığı ortalama 40°C'dir. Tüm hesaplamalar yapıldıktan sonra 490 m boru serme ihtiyacı bulunmuştur.

3.7.1.3. Eleştiriler

- Bazı özel durumlarda cam önlerindeki bölgede sıcaklık düşük kalmaktadır. Cam önlerine boru daha kısa mesafelerde, sık döşense de bu bölgelerde sıcaklık oda ortalamasının altında olabilmektedir. Avrupa'da döşemeden ısıtma yapan bazı firmalar bu özel durumlarda cam önlerinde açıkta monte edilecek serpantinlerin kullanılmasını öneriyorlar. Aksi halde oda içindeki sıcaklık cam önünde en düşük, karşı duvar kenarında ise en yüksek olacaktır.
- Binanın ısınma süresi fazladır. Soğuk binanın ısın-

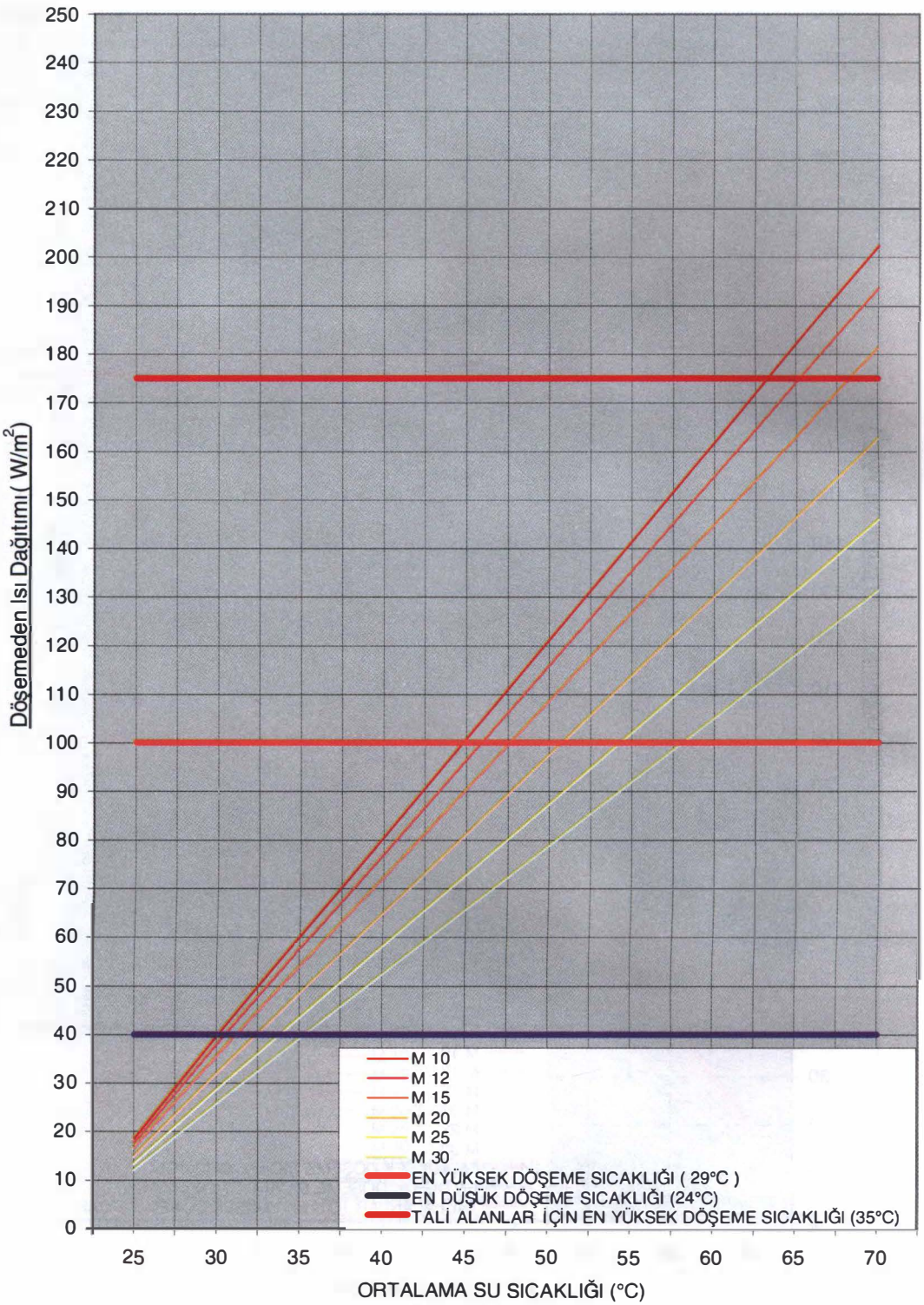


Şekil 3246. 10 mm FAYANS İÇİN DÖŞEMEDEN ISI DAĞILIMI DİYAGRAMI



(ODA SICAKLIKLARININ 20°C OLMASI GEREKTİĞİ VARSAYILAMAKTADIR.)

Şekil 3.247. PARKE İÇİN DÖŞEMEDEN ISI DAĞILIMI DİYAGRAMI



Şekil 3.248. 5 mm HALI İÇİN DÖŞEMEDEN ISI DAĞILIMI DİYAGRAMI

MAHAL	Isı Kaybı	Döşeme alanı	Düzeltme Katsayısı	Düzeltilmiş Isı İhtiyacı	Birim Isı İhtiyacı	MODÜLASYON															TOPLAM
	W	m²		W	W/m²	M12			M15			M20			M25			M30			
KAT						m²	m	W	m²	m	W	m²	m	W	m²	m	W	m²	m	W	W
Salon	2.850	38	1,20	3.420	90	-	-	-	7	46	679	31	155	2.635	-	-	-	-	-	-	3.314
Yatak od.	1.105	17	1,20	1.326	78	-	-	-	-	-	-	4	20	340	13	52	975	-	-	-	1315
Banyo	475	5	1,00	475	95	-	-	-	5	33	485	-	-	-	-	-	-	-	-	-	485
Yatak od.	756	12	1,20	907	76	-	-	-	-	-	-	3	15	255	9	36	675	-	-	-	930
Mutfak	900	12	1,00	900	75	-	-	-	-	-	-	3	15	255	9	36	675	-	-	-	930
Giriş Holü	540	9	1,00	540	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	36	675	-	-	-	675
Antre	350	7	1,00	350	50	-	-	-	7	46	679	-	-	-	-	-	-	-	-	-	679
Toplam Döşeme Alanı		100	Toplam	7.918	W															Toplam	8.328

Tablo 3.249. ÖRNEK MODÜLASYON SEÇİMİ VE BORU MİKTARI HESAPLAMA TABLOSU

ma süresi 5 - 6 saati bulmaktadır.

- Ayaklarda şişme: Döşemeden ısıtma yapılan binalarda döşeme yüzey sıcaklığı 23-29°C'yi (TS EN 1264-2) geçmemelidir. Aksi durumda ayaklarda şişmeler olduğu ifade edilmektedir.
- Yerdeki tozlar kuruyacaktır. Tozların toplandığı döşemenin ısıtılması yerdeki tozların hareketlenmesine neden olabilir. Karşı eleştiri ise radyatörlü sistemde tozların yandığı şeklindedir.
- Montaj ve imalat hataları nedeniyle veya genleşen boruların sürtünerek aşınması sonucu borular delindiğinde tamir için döşemenin kırılması gerekir.
- Yanlış hesaplama sonucunda yetersiz boru döşendiğinde bunun telafisi (boru ilavesi) pratikte mümkün değildir.
- Döşemeden ısıtma sisteminde sadece verim değeri değil, bu sistemlerin kurulumları arasında yatırım maliyeti (boru ve otomasyon) göz önüne alındığında döşemeden ısıtma sistemleri bir çok nedenden dolayı az tercih edilmektedir.

3.7.1.4 Avantajlar

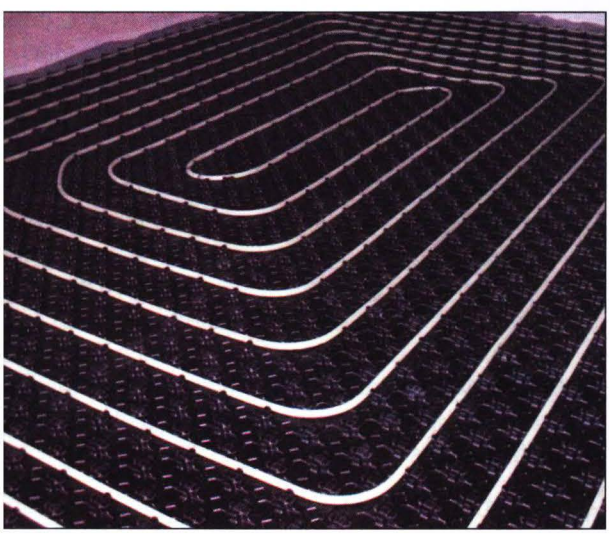
- Döşemeden ısıtma sisteminde ısı, bütün bir döşeme alanında yayılmakta ve oda içinde homojen bir ısı dağılımı sağlanabilmektedir. Döşemeden ısıtma sisteminde mahal içindeki en sıcak yer döşeme yüzeyidir ki, döşeme yüzeyinden itibaren yer değiştiren mahal havası sıcaklığı hacmin üst kısımlarında daha düşük olacak ve hava hareketleri zayıflayacaktır.
- Bu sistemde açıkta görülen hiçbir boru ve radyatör yoktur. Estetik açıdan mükemmel bir sistemdir.
- Sistemde mahal havası, kendisinden 4 - 5°C daha yüksek sıcaklıktaki döşeme ve 1 - 2°C'de daha yüksek sıcaklıktaki duvarlar tarafından ısıtıldığından bağıl nemde rahatsızlık verici bir düşme görülmez. Ortama göre döşemedeki 4 - 5°C daha fazla olan sıcaklıktan dolayı 1 - 2 mm yükseklikte kuru bir ortam oluşur. Bakteri üremesini önleyen bu durum nedeniyle döşemeden ısıtma özellikle hastaneler ve çocuk yuvaları için tavsiye edilmektedir.
- Mahal havası ile onu ısıtan geniş yüzeyler arasındaki düşük sıcaklık farkı nedeni ile mahal havasının, küçük yüzeyli ve çok sıcak ısıtıcıların üzerinden geçerken fazlaca ısınması ve içinden toz ayrıştırması, buna bağlı olarak kirlenme gibi problemler sistemde bertaraf edilmiştir.
- Toprak temaslı mahallerde, örneğin bodrum katı olmayan villa zemin katları veya yaşanan bodrum katları gibi yerlerde döşemedeki soğuk etkisini önlediği için kullanılmasında fayda vardır.
- Isınmanın daha çok ışınım ile gerçekleşmesinden dolayı diğer ısıtma sistemlerine göre 1 - 2°C düşük sıcaklıklarda aynı konforu bulmak mümkündür.
- Enerji ekonomisi açısından bakıldığında düşük sıcaklık ısıtması her zaman daha çok tercih edilmesi gereken uygulamalardır. Özellikle gaz yakıtların kullanılabildiği durumlarda, yoğuşmalı kazanlar ile yapılan düşük sıcaklık uygulamaları konvansiyonel ısıtma sistemlerine göre %8 - 25 aralığında enerji ekonomisi sağlayabilmektedir. Döşemeden ısıtmadaki düşük su sıcaklığı, ısı pompası ve güneş enerjisi destekli ısıtma sistemi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanıldığı uygulamalarda, sistem verimini arttırdığından bu uygulamalarda tercih edilmektedir.

3.7.1.5 Döşemeden Isıtma ile İlgili Tavsiyeler

- Döşemeden ısıtma sistemlerinin ekonomik ve konforlu olabilmesi için sistemin su hacmi ve ataletin-

den dolayı mutlaka dış hava sıcaklığına göre çalışan bir kontrol sistemi ile birlikte kullanılması gerekir.

- Döşemeden ısıtma sistemi, özellikle cami, spor salonu gibi yüksek tavanlı hacimler için ideal bir ısıtma isteniyorsa zorunluluktur.
- Ani sıcaklık değişimi istenen yerler veya gün içinde ısıtılmayan (kesintili çalışan) evlerde, geç ısınma ve geç soğuma özelliğinden dolayı kullanılması pek uygun değildir.
- Hafta sonu evlerinde kullanım olmadığı zamanlarda, evin konfor sıcaklığının altında yaklaşık 16 ila 18°C arasında tutulması, gerek düşük sıcaklık ve yüksek bağıl nemden dolayı oluşabilecek rutubet ve buna bağlı yıpranma, gerekse evin kullanıma geçmesi durumunda oluşabilecek geç ısınma gibi sorunları azaltabilir. Mevcutta kullanım suyu ısıtmasına yönelik bir kapalı devre güneş enerjisi sistemi var ise, tesisatta yapılacak ufak eklemeler ve düzenlemelerle, güneş enerjisinin düşük sıcaklıkta döşemeden ısıtmayı destekleme olanağı oluşturulabilir.
- Isıtılan döşemenin üzeri mümkün olduğunca ısı iletimini önleyecek malzeme (halı gibi) ile kapatılmamalıdır.
- Döşemeden ısıtma, radyatörle ısıtma ile birlikte de kullanılabilir. Örneğin lüks villa ve dairelerde taş, seramik, mermer kaplı hacimlerde (koridor, banyo, mutfak) döşemeden ısıtma, diğer odalarda ise radyatörle ısıtma uygulanabilir.
- Dış hava sıcaklığı azaldığında, bina içindeki sıcaklığın düşmesi belirli bir süre (birkaç saat) gecikme ile hissedilir. Bu durumda oda termostatının kazandaki suyun sıcaklığını arttırmasına karşılık, döşemeden ısıtma sisteminin buna cevap vermesi birkaç saat sonra başlar ve konfor bozulur. Dış hava sıcaklığı arttığında ise bunun tam tersi olur. Oda termostatı kalorifer sistemini kapatsa bile oda sıcaklığı yükselir, gereksiz yakıt tüketimi olur, hava kurur ve konfor bozulur. Bu nedenle bağımsız her mahalin, her grup için kolektör çıkış ağzına bağlanan motorlu vanalar kullanılarak, sıcaklık kontrolünün yapılması çok uygun değildir.
- Dış hava sıcaklığına bağlı işletim yapabilen üreteçlerde (kombi, kazan, ısı pompası) dış hava sıcaklık değişimi anında hissedilir ve gidiş suyu sıcaklıkları ayarlanır. Kumanda panellerinin döşemeden ısıtma ve radyatörlü sistemler için ısıtma eğrileri ayar imkanı sunduğu durumlarda en iyi konfor ve yakıt ekonomisi her iki sistem için de sağlanır.
- Döşemeden ısıtma sistemlerinin uygulaması, mutlaka TS EN 1264-4'e göre oksijen bariyerli plastik borular ile yapılmalıdır. Aksi halde kazan tarafı ve sistem tarafı bir eşanjör ile birbirinden ayrılmalıdır. Kullanılan plastik borularda izin verilen oksijen geçirgenliği 40°C su sıcaklığında < 0,1 mg/l gün olmasına rağmen, oksijen bariyersiz borularda bu değer 5 mg/l gün mertebesindedir. Sistemlerde, ısıtıcı çıkışında hava ayırıcı ve dönüşünde ise pislik ve tortu ayırıcı kullanılmasında büyük fayda vardır.



Şekil 3.250. NP PLAKALAR İLE DÖŞEMEDEN ISITMA UYGULAMASI



Şekil 3.251. BORU TUTUCU KLİPSLER İLE DÖŞEMEDEN ISITMA UYGULAMASI



Şekil 3.252. BORU TUTUCU KLİPSLER İLE DÖŞEMEDEN ISITMA UYGULAMASI

3.7.2. RADYATÖRLER

Sıcak sulu ısıtma tesisatlarında, radyatörler tesisatın temel bileşenlerinden biridir. Bunun en önemli nedenleri:

- Isı kaybı en çok cam yüzeylerde oluşmakta, dolayısıyla burada soğuk etkisi ortaya çıkmaktadır. Radyatörler genellikle pencere altlarına yerleştirildiğinden, soğuk hava mahale giriş noktasında ısıtılmakta ve yüksek konfor elde edilmektedir. Ayrıca az da olsa ışınım etkisi sayesinde oda içinde soğuk yüzeylerin ısıtılmasına katkı sağlamaktadır. Bu, konforu artıran bir durumdur.
- Sorunsuz bir sistemdir. Isıtma sezonu boyunca herhangi bir bakım-servis istemez, işletmede teknik personel gerektirmez.
- Sessizdir. Hareketli bir parça veya elektrik motoru içermez. Enerji harcamaz.
- İşletimi kolaydır ve sürekli ayar gerektirmez.
- Termostatik vana ile her oda farklı sıcaklıkta kontrol edilebilir.
- Yatırım maliyeti düşüktür.
- Yer kaybı azdır.
- Montajı kolaydır.

3.7.2.1. Radyatör Sistemi İle İlgili Pratik Notlar

- Radyatör sisteminde en yüksek ısıl konfor için, radyatörler pencere altına yerleştirilmelidir. Çünkü cam yüzeyinde soğuyan ve zemine çökme eğilimine giren hava, cam altındaki radyatörlerle ısıtılarak zeminde soğuk hava etkisi engellenmiş olur. Dolayısı ile ısıtma doğrudan ısı kaybının en çok olduğu bölgede yapılarak en yüksek konfor elde edilmiş olur. Cam altına yerleştirilen radyatör uzunluklarının mümkün olduğunca pencere genişliğinde olmasına dikkat edilmelidir.
- Isı yalıtımlı binalarda radyatör ihtiyacı çok azaldığı için, cam önüne monte edilen klasik tip radyatör cam uzunluğuna göre çok az yer kaplamaktadır. Isının cam altından daha geniş yüzeyden dağıtılması konforu arttıracağından PKKP tipi radyatörler yerine PK tipi ince panel radyatörler yada alüminyum radyatörler kullanılmalıdır.
- Banyo ve mutfak gibi mahallerde, mimari projede radyatör montaj yeri bırakılmamış ise, radyatör üst kota yerleştirilebilir. Bu durumda ısı, üst kotta birikeceğinden bir kayıp söz konusudur. Üst kota yerleştirilecek radyatörlerin kapasitesi %10-15 arttırılmalı, panel tipi radyatörler ızgara alt yüzeyde olacak şekilde (aşağıda görüleceği için) monte edilmelidir.
- Isı kaybı en az olan mahallerde, radyatör miktarı iki dilimden az hesaplanmış ise, bu mahallere radyatör koymak yerine, ısı kaybını komşu mahallere ekleyebiliriz.
- Bazı projelerde ısıtma ve soğutmanın aynı cihazla yapılması amacıyla fancoil sistemi veya hava kanallı sistemler kullanılsa da, bunlar işletme ve uygulama zorlukları, ses, servis sıklığı gibi nedenlerle çok tercih edilmektedir.

3.7.2.2. Radyatör Seçimi

Konforlu ve ekonomik bir ısıtma için uygun radyatör seçimi çok önemlidir. Sıcak sulu ısıtma tesisatında kullanılabilecek çeşitli tipte radyatörler bulunmaktadır. Bunları malzemelerine göre çelik, döküm, alüminyum gibi gruplara ayırmak mümkün olduğu gibi, formlarına göre panel, dilimli gibi sınıflandırmak da mümkündür. Farklı radyatör tiplerinin, diğerlerine göre avantajlı veya dezavantajlı olduğu özellikleri vardır.

Radyatör seçiminde dikkat edilecek unsurlar:

a. Yer kaybı az olmalıdır (Şekil 3.253).

- Duvardan açıklığı (genişliği) azdır.
- Duvar ile radyatör arasında boşluk bırakmaya ihtiyaç olmaz.
- Tül veya perde kullanımını kolaylaştırır.
- Radyatör arkası net olarak görünmediği için radyatör arkasında kalan duvarın boyanma ihtiyacı oluşmaz veya çok daha azalır. Duvarlarda boya yapılırken radyatörün sökülmesine gerek kalmaz.

b. Homojen ve konforlu ısıtma sağlanmalıdır.

- Pencere altına daha geniş şekilde seçilecek radyatör, soğuk yüzey etkisini azaltır, konforu artırır.
- Mahalde sıcaklık dağılımı daha homojen olur.
- Mahali çevreleyen ortalama yüzey sıcaklığı ve hissedilen sıcaklık arttığı için, oda sıcaklığı azaltılarak yakıt tasarrufu sağlanabilir.
- Dubleks evlerde üst katlara kaçan ısı azalır.
- Mahal ısı kaybı düşük sıcaklık ısıtması ile karşılanmak isteniyor ise, radyatör miktarları artırılabilir. Düşük sıcaklık ısıtması yakıt tasarrufu ve konfor açısından avantajlı olacaktır.

c. Radyatör arkasındaki duvardan ısı kaybı az olmalıdır.

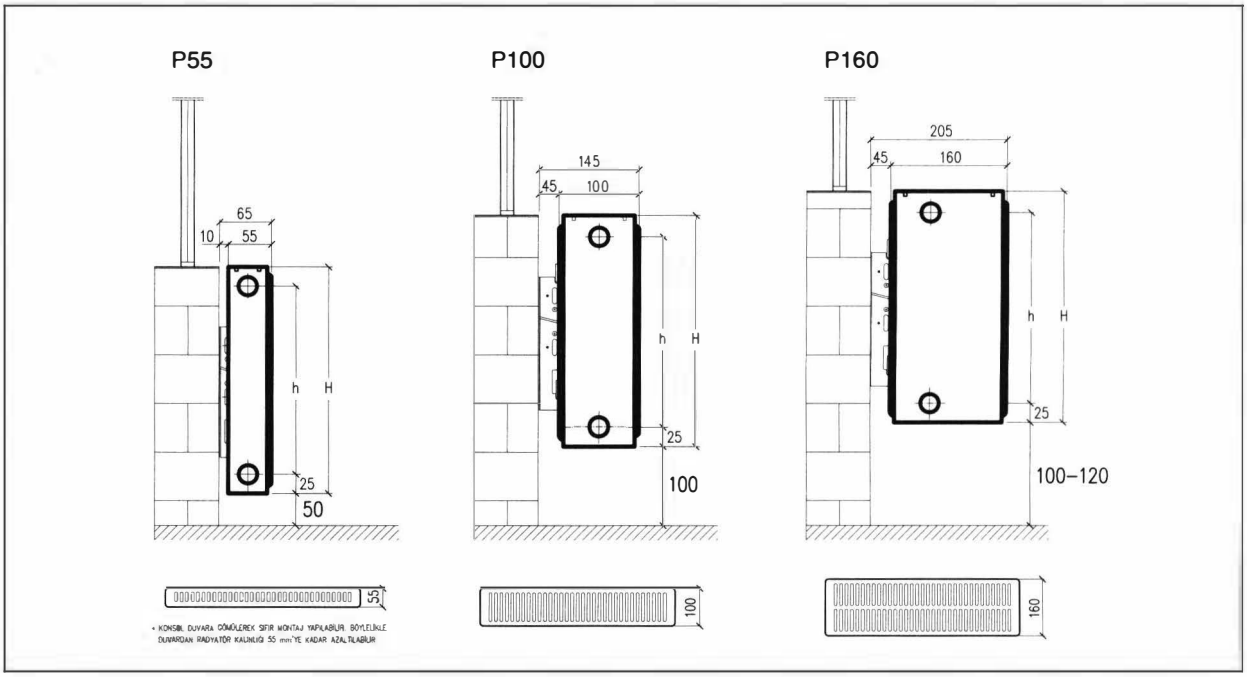
PK panel radyatörler kullanılması durumunda duvar tarafında göreceli olarak daha soğuk olan kanatlar yer alır. Bu nedenle duvardan ısı kaybı azalır. İstenirse duvar tarafına yansıtıcı malzeme monte edilebilir ve PK panel radyatörler duvara çok yakın olduğu için bu malzeme radyatörün arkasından görünmez. (*Şekil 3.254*).

d. İşletme maliyeti ve ilk yatırım maliyeti düşük olmalıdır.

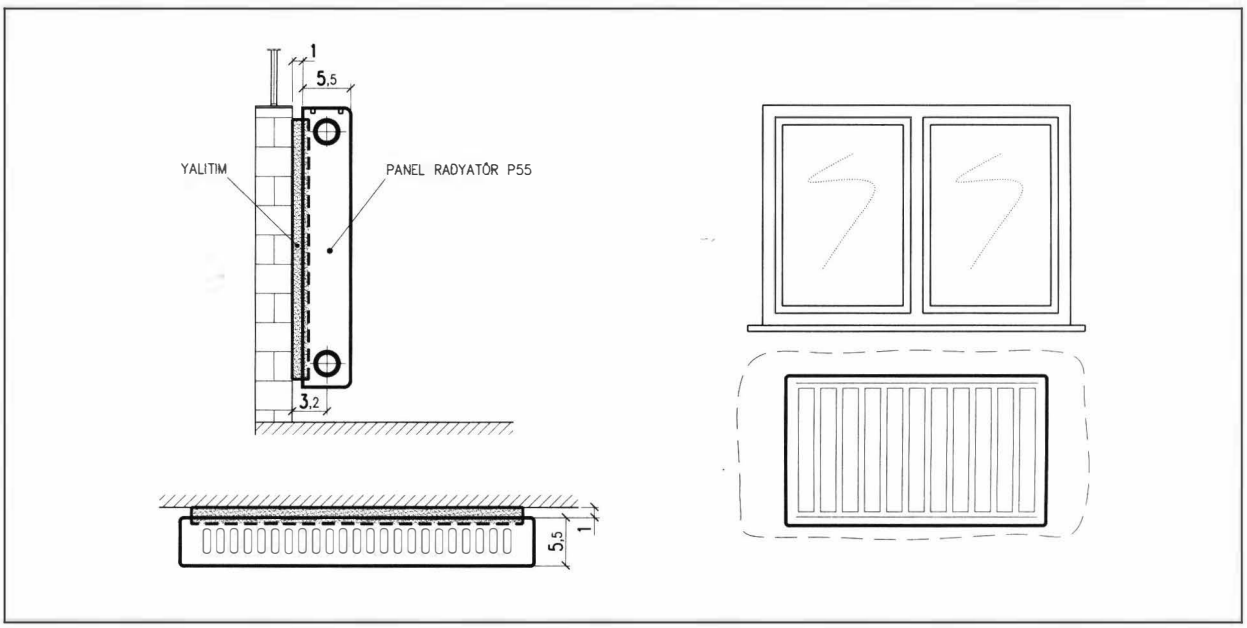
Yatak odalarının ve banyonun ısı kaybı, ısı yalıtımlı birçok evde 500 - 800 kcal/h mertebelerindedir. Bu odalara PKKP panel radyatör tiplerinde ihtiyaçtan daha fazla radyatör konulması gerektiğinden, dengesiz ısıtma oluşur.

Alternatif olarak PK panel kullanıldığında ise ısıtma ihtiyacına çok yakın uzunluklarda radyatör seçilerek,

- Evde dengeli ısıtma yapılır.
- Gereksiz yakıt tüketimi oluşmaz.
- Daha konforlu ve dengeli ısıtma yapılır.



Şekil 3.253. PK, PKKP VE PKKPKP TİP PANEL RADYATÖRLERİN ÖRNEK MONTAJ ÖLÇÜLERİ



Şekil 3.254. P K TİP PANEL RADYATÖRÜN VE YALITIMIN YERLEŞİMİ

- Daha küçük boyutlarda seçim yapılabildiğinden aşırı büyük boyutlandırma (oversizing) önlenir. Toplam panel radyatör maliyeti genellikle daha düşük olur.
- Yatak odalarına ihtiyaçtan fazla radyatör montajı yapıldığında oda fazla ısınır, hava kurur ve insanların grip olma riski artar. PK panel ile dengeli ısıtma yapılırken, oda sıcaklığı normal değerde kalacağı için oda havası daha az kuru olur ve grip olma riski azalır.

e. Radyatör yerleşimine dikkat edilmelidir.

PK radyatör kullanıldığında, duvardan açıklığı çok az olduğu için üzerine oturulma olasılığı çok azdır. Radyatör üzerine bu ve benzeri herhangi bir yük geldiğinde konsol açıklığı çok az olduğu için eğilme veya kırılma riski oluşmaz.

3.7.2.3. Radyatör Miktarının Artırılmasının Yakıt Tüketimi Ve Yatırım Maliyeti Üzerine Etkisi

Isıl verimin mümkün olduğu kadar yüksek olabilmesi için kullanılan ısıtma tesisatı su sıcaklıklarının mümkün olduğu kadar düşük olması gereklidir. Isı pompaları, güneş enerjisi destekli ısıtma sistemleri ve özellikle yoğuşmalı tip kazanlar düşük sıcaklık işletmesi ile özdeşleş-

miştir. Aynı kabul döşemeden ısıtma sistemleri için de geçerlidir. Ancak buradan radyatörle ısıtmada yoğuşmalı tip kazanların kullanılmaması anlamı çıkartılmamalıdır. Dış hava sıcaklığına bağlı işletilen yoğuşmalı kazanlı sistemler yüksek oranda yakıt ekonomisi sağlarlar.

Türkiye için 90/70°C hesaplanan sıcak sulu ısıtma sistemlerinin, uygulamada 75/60°C çalışan sistemler olduğu kabul edilebilir. Avrupa'da radyatör çalışma sıcaklıkları 50°C'ye kadar düşürülmüştür.

Isı kaybı 1.200 kW olan bir sistem, 90/70°C sıcak sulu ısıtma sistemi olarak tasarlanırsa standart hesap yolu ile belirlenen radyatör miktarı, PKKP 600 tip panel radyatör kullanıldığında yaklaşık 470 m olacaktır.

Standart olarak belirlenen 90/70°C çalışma sıcaklıklarına göre (radyatör için) yoğuşmalı kazan veya sistemlerin kullanılması durumunda İstanbul koşullarında yıllık sistem verimi %104,5 gibi yüksek bir değere ulaşabilmektedir.

3.7.2.4. Radyatörlerin Karşılaştırılması

Türkiye'de üretilen farklı tip radyatörler ve aynı tiplerin farklı modelleri arasında seçim yapabilmek için dikkate alınması gereken özellikler veya başka bir deyişle karşılaştırma konuları aşağıda sıralanmıştır.

a. Kapladığı Hacim ve Projeksiyon Alanı

Isıtıcıların kapladığı yer, kıymetli yapı kullanım alanları açısından önemlidir. Özellikle, parapet bulunmayan yerlerde, radyatörün inceliği önemlidir.

b. Ağırlık

Isıl atalet ve montaj kolaylığı açısından önemlidir.

c. Su Hacmi

Yine radyatörün ısıl ataleti ile ilişkilidir. Su hacmi fazla ve ağır olan radyatörler geç ısınıp, geç soğurlar. Döküm radyatörler en ağır, dilimli çelik radyatörler ise en fazla su hacmine sahip radyatörlerdir. Sonuçta ağırlık ve su hacminin getirdiği atalet dezavantajı döküm ve çelik radyatörlerde en fazla olup, sonra sırası ile panel ve alüminyum radyatörler gelmektedir.

Öte yandan su hacminin ve ağırlığının az olması termostatik kontrole uygunluk açısından da bir avantaj sağlar.

Özellikle kapalı genleşme deposu hesabında sistemdeki su hacmi esas alınır. Su hacmi büyük olan radyatörler içeren sistemler için genleşme deposunun daha büyük olması gerekir.

d. Ömür

Radyatör ömrü, kullanılan malzeme cinsine bağlıdır. Korozyona en dayanıklı radyatörler döküm olanlardır. Bunlarda ömür 50 yıl mertebesindedir. Ömür panel radyatörlerde 15 ile 20 yıl olup, alüminyumlarda değişkendir. Radyatör ömrünü etkileyen bir başka faktör ise kireçlenmedir.

e. Estetik

Panel radyatörler ve alüminyum radyatörler estetik anlamda daha çok tercih edilmektedir.

f. Güvenlik

Çelik radyatörler gibi keskin kenarlı radyatörler çarpma halinde yaralama tehlikesi taşırlar.

g. Toz Tutma ve Temizlenebilme

Bu açıdan düz yüzeyli radyatörler avantaj sağlar. Örneğin üretimden kalkan düz yüzeyli Hilden tipi (hastane tipi) döküm radyatörler ve çelik radyatörler avantajlıdır.

h. Basınç Dayanımı

Normal radyatörler 4 bar, özel radyatörler ise 6 bar basınca dayanıklıdır. Alüminyum radyatörlerde basınç dayanımı daha fazladır. Alüminyum radyatörlerin çalışma basıncı ise 10 bar olarak verilmiştir.

i. Gerekli Isıtma Yüzeyi Miktarı

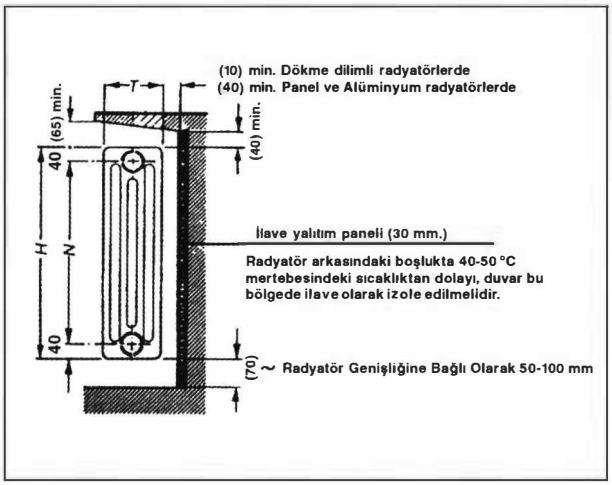
Eş çalışma şartlarında ısı ne kadar küçük bir yüzey ile sağlanıyorsa, bu radyatörün veriminin yüksek olduğunu gösterir. Aynı tip radyatörlerde bile kendi içinde ısıtma yüzeyi açısından %20 mertebesinde farklılıklar ortaya çıkmaktadır. Bunda radyatör incelendikçe ışınımla yayılan ısıdaki iyileşmeler etkili olmaktadır. Alüminyum radyatörlerde ise ısıtma yüzeyi ihtiyacı en fazladır. Aynı ısıl güç için döküm radyatörlere göre bazı tiplerde yaklaşık iki misli yüzey gerekmektedir.

j. Fiyat

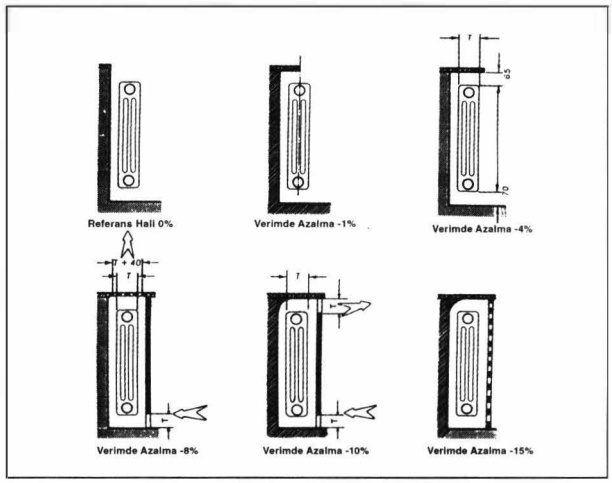
Radyatörlerin karşılaştırılmasında en önemli faktörlerden biri maliyettir. Fakat radyatör maliyeti olarak m² (veya panel radyatörlerde m) fiyatını kullanmak yanıltıcıdır. Bu radyatörün gerçek fiyatı, kalori maliyeti denilen, söz konusu radyatörün birim ısı gücü, fiyatıdır.

3.7.2.5. Radyatörlerin Yerleştirilmesi

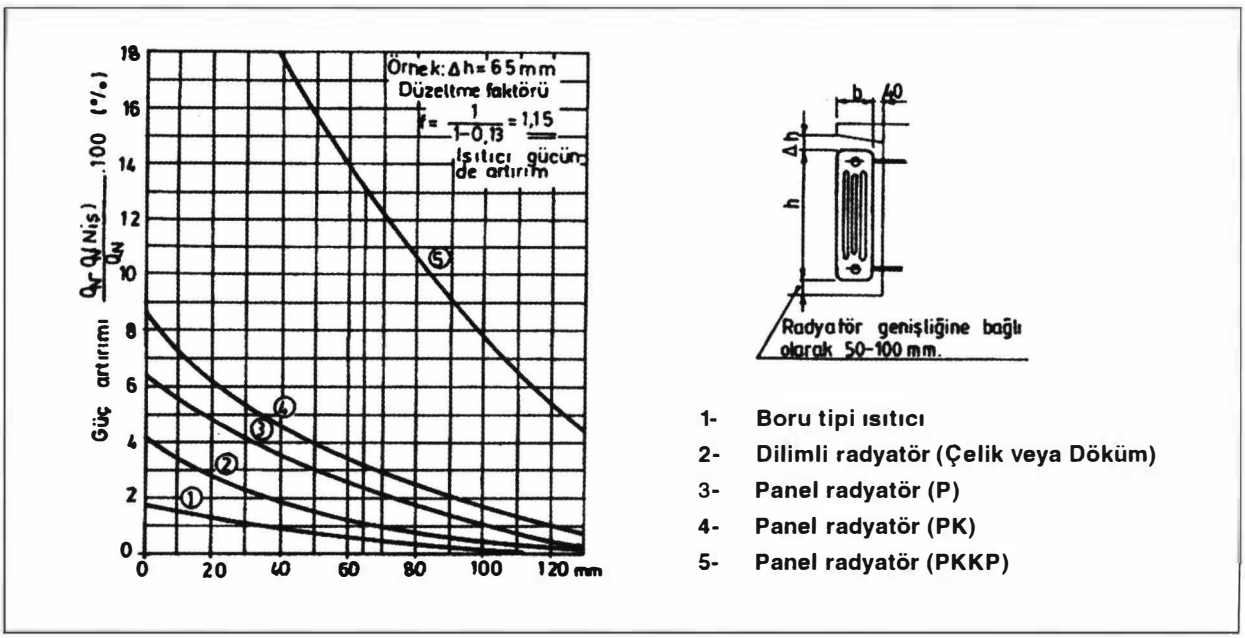
- Isı kaybeden yüzeylerde toplam ısı kaybı, 250 W/m değerini aşıyorsa bu yüzey mutlaka alttan ısıtılmalıdır. Bu açıdan en kritik olan yüzeyler pencerelerdir. Örneğin; İstanbul için 1,5 m'den daha uzun tek camlı pencerelerde bu kontrol yapılmalıdır. Bu türpencerelerin altına mutlaka radyatör yerleştirilmelidir. Mimari ve teknik açıdanda radyatörlerin yerleştirilebileceği en uygun yerler pencere altındaki duvar önleridir. Pencere altında mevcut olan duvar yüksekliğine (parapet yüksekliği) uygun bir radyatör seçilir. Radyatör derinliğine bağlı olarak radyatörün altında 5-12 cm, üstünde ise 3-10 cm boşluk bırakılmalıdır. (maks. değerlerin kullanılması önerilir.) Mimari tasarım yapılırken ülkemizde üretilen radyatörlerin boyutlarını göz önüne almak ve buna göre pencere altlarında mesafe bırakmak gereklidir. *Şekil 3.255*'de standart radyatör yerleşimi görülmektedir.
- Büyük salonlarda birden fazla pencere varsa, radyatörler her pencere altına dağıtılmalıdır. Mimari nedenlerle pencereler döşemeye kadar iniyorsa, radyatörler kısa tiplerden seçilir ve pencere ile aralarında mümkün olduğunca büyük bir açıklık bırakılır.
- Eğer pencere altına ve dış duvar önüne radyatör yerleştirmek teknik açıdan mümkün olamıyorsa, bu durumda radyatör iç duvara yerleştirilir. Radyatör



Şekil 3.255. RADYATÖR YERLEŞİMİ



Şekil 3.256. ÇEŞİTLİ RADYATÖR ÖRTÜLERİNİN VERİME ETKİSİ



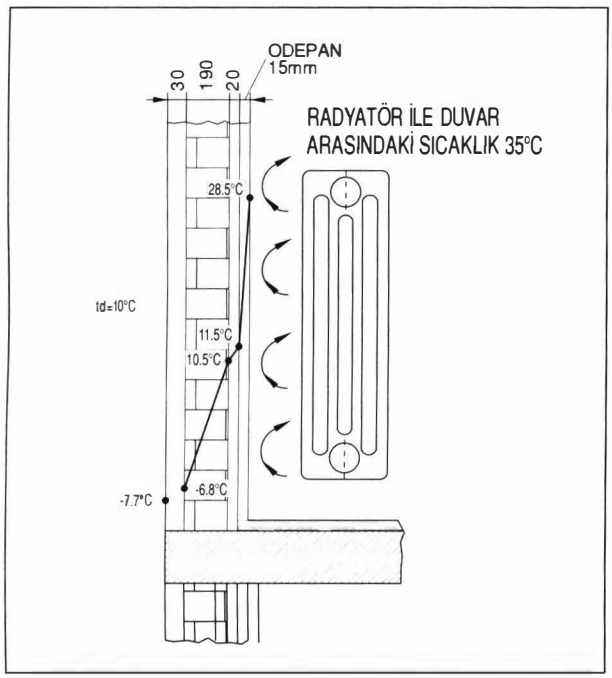
Şekil 3.257. NİŞ İÇERİSİNE MONTE EDİLEN RADYATÖRLERDE, RADYATÖR ÜSTÜNDE KALAN MESAFEYE (Δh) BAĞLI OLARAK YAPILMASI GEREKEN KAPASİTE ARTTIRIMI

yerleştirilecek iç duvar, ısı kaybı en yüksek olan dış duvara paralel olan duvar olmalıdır. İç duvar önüne yerleştirilecek radyatörler, uzun ve ince tiplerden seçilerek ışınım etkisinden en yüksek düzeyde yararlanılır.

- Standartlara göre klasik döküm radyatörler döşemeden en az 70 mm yukarı ve duvardan en az 40 mm açığa yerleştirilirler. Ancak pratikte döküm radyatörleri ve dilimli çelik radyatörleri duvara 10 mm kadar yaklaştırmak olasıdır. Panel radyatörler ile alüminyum radyatörler ise özel konsol ve kasaları ile duvardan yaklaşık 50 mm açığa monte edilirler. Radyatörlerin kapladıkları yer düşünülürken, radyatör derinliği ve duvardan açıklığının toplamı düşünülmelidir.
- Radyatör üstünün raf ile kapatılması veya önünün pano (kaj) ile kapatılması gibi durumlarda, ısıl verimler düşer. Bu gibi uygulamalar taşınımı bozar ve ışınımı engeller. Uygulamanın durumuna göre ısıl güçteki düşüş %3-7 mertebesindedir. Bazı aşırı durumlarda bu düşüşler %15 mertebelerine ulaşabilmektedir. *Şekil 3.256*'da çeşitli örtülerin neden olduğu verim düşüşleri gösterilmiştir. *Şekil 3.257*'de ise radyatör üst yüzeyi ile niş alt yüzeyi arasındaki mesafenin ısıl kapasiteye etkisi verilmiştir.

3.7.2.6. Radyatörlerin Arkası İçin Isı Yalıtım Levhaları

Radyatörlerin bulunduğu yerlerin sıcaklıkları, iç sıcaklıkların çok üzerinde olmakta ve bu yerlerden daha fazla



Şekil 3.258. ODEPAN İLE YAPILMIŞ RADYATÖR ARKASI ISI AKIŞ DİYAGRAMI

ısı kayıpları meydana gelmektedir. Isı odada ısı kaynağı durumunda olan radyatörden odaya yayılmadan önce hızla dışarıya kaçmaktadır. Bunu önlemek için en pratik ve en basit çözüm radyatör arkalarına konulacak yalıtım plakalarıdır. Bu levhalarla radyatörün verdiği ısıdan %3 mertebesinde tasarruf sağlamak mümkündür.

Radyatör arkalarında kullanılacak yalıtım plakalarının ısı iletim katsayılarının (λ) düşük olmasının yanısıra, ışınımla yayılan ısıyı yansıtacak bir dış yüzeye de sahip olmaları gerekmektedir.

Bu amaçla kullanılan yalıtım plakaları çeşitlilik göstermesine karşın, reflekte polietilen levhalar öne çıkmaktadır. *Şekil 3.258*'de bu levhanın radyatör arkasındaki sıcaklık dağılımına etkisi görülmektedir.

3.7.2.7. Radyatörlerin Montajı

Radyatörler, alttan duvara gömülü konsollar üzerine oturtulur ve üstten de kelepçelerle tespit edilirler. 15 dilime kadar 2 konsol, 1 kelepçe, 25 dilime kadar 3 konsol 1 kelepçe ve 45 dilime kadar 4 konsol 2 kelepçe kullanılmalıdır. Radyatör grubu için tek kelepçe kullanılacaksa giriş borusunun aksi köşesinde olmalıdır. Yeterli parapet yüksekliği varsa radyatör konsolları üst kolektöre konulabilir. Panel radyatörler ve alüminyum radyatörler özel konsollara bağlanır. Bunların tespit şekli için kataloglarına bakılmalıdır.

Radyatörlerin tesisata bağlanması kural olarak aynı taraftan yapılır. Su girişi üstten, çıkışı ise alttan yapılır. Radyatörlerin su girişine ve çıkışına vana monte edilmelidir. Radyatör vanalarının reglaj özelliği vardır. Radyatör girişlerinde termostatik vana kullanımı önerilir.

Diğer taraftaki uçlar kör tapa ile kapalıdır. Gerekli olan gruplarda üstteki kör tapaya pürjör takılır. Bağlantı borularına gidişte ısıtıcıya doğru, dönüşte kolona doğru %1 oranında bir eğim verilmelidir. Bağlantı borusu uzunluğu 250 mm'den az, 1.500 mm'den fazla olmamalı ve ısıtıcıya yakın bir yerden kelepçelenmelidir.

Bağlantının ters taraflı olması radyatör ısıl verimini etkilemez. Genellikle 30 dilimin üzerinde ters taraflı bağlantı tavsiye edilse de 80 dilime kadar bağlantı şeklinin etkisi olmadığı literatürde ifade edilmektedir. Ancak alttan giriş yapılacak olursa ısıl güç %5-10 mertebesinde düşer. Tek borulu sistemlerde (alttan giriş, alttan çıkış) radyatör içinde körleme yapılarak su yukarı yönlendirilmez ise verimde %10-15 düşme meydana gelir. Radyatörlerin norm ısı güçleri 10 dilimli bir grup için ölçülür ve ifade edilir. Gruptaki dilim sayısı azaldıkça dilim başına verim artar. Bu artış %15'e kadar ulaşabilir. Tam tersine gruptaki dilim sayısı arttıkça dilim başına ısıl güç %4'e varan oranlarda azalabilir.

3.7.2.8. Termostatik Radyatör Vanaları

Termostatik radyatör vanalarının avantajları şu şekilde sıralanabilir :

- Eğer radyatörlerde termostatik kontrol imkanı varsa, güneşten elde edilecek ısı yakıt tasarrufuna dönüşür. Bu durumda termostatik vanalar kısarak radyatörlere gelen debiyi kontrol ederler.
- Benzer şekilde insanlardan, aydınlatmadan, ocak, fırın, ütü, bilgisayar gibi cihazlardan olan iç ısı kazancı, termostatik vanalarla mahalde dengelenebilir.
- Kullanılmayan mahallerdeki radyatörlerin kapatılması veya düşük sıcaklığa ayarlanması enerji ekonomisine katkı sağlar.
- Her mahalde bağımsız sıcaklık ayarı imkanı verir. Salon 20 - 22°C, yatak odası 16 - 18°C ve banyo 22 - 24°C gibi farklı sıcaklıklara ayarlanabilir.
- Dubleks daireler veya müstakil evlerde iç merdivenin baca etkisi ile yukarı kaçan ısı, üst katları daha fazla ısıtabilir. Bu etki termostatik vanalarla önlenebilir. Termostatik vanalar, katlar arasındaki sıcaklık farkını dengeleyerek merdivenin baca etkisini azaltır.
- Kullanımı anlaşılabilir ve kolaydır.
- Ayarlanan sıcaklıkta kilitleme yaparak, daha yüksek sıcaklıklara ayar imkanı isteğe bağlı olarak engellenebilir.
- Donma riskine karşı sistemi tam açık konumda tutar.
- Isı üreteci kontrol sistemlerine olumsuz yönde etki yapmaz.
- Periyodik bakım gerektirmeyen ve nadiren arıza yapan bir konstrüksiyona sahiptir.
- Yatırımın geri kazanım süresi çok kısadır.
- Mahal sıcaklık ölçümü ile gidiş suyu sıcaklığı ayarlayabilen otomatik kontrole sahip cihazlarda, sensörün mahalde (genellikle salon) olduğu durumlarda radyatörlere termostatik vana bağlanmamalıdır.

3.7.3. FANCOIL CİHAZLARI

Fancoil cihazları, prensip olarak mahal havasının fan yardımıyla soğuk veya sıcak bir yüzeyin (serpantin) üzerinden geçirilerek şartlandırılması esasına dayanır. Fancoil cihazları ile ortamdaki havanın sıcaklığı kontrol edilir. Bu cihazlarla yazın soğutma, kışın ısıtma yapılabilir. Ortam havası filtrelenerek ve istenirse taze hava ile karıştırılarak mahaldeki hava kalitesi iyileştirilir. Cihazın ana bileşenleri fan, serpantin, drenaj tavası, filtre ve gövdedir. Drenaj tavası yaz çalışmasında, serpantinde yoğuşan suyu tahliye etmek için kullanılır. Döşeme tipi bir fancoilin iç yapısı *Şekil 3.259* ve *Şekil 3.260*'da görülebilir.

Fancoil tesisatı, özellikle son 10 yılda, gerek sistem yapısı olarak, gerekse sistemde kullanılan cihazların kalitesi olarak önemli bir gelişme göstermiştir. Özellikle otomasyonda yapılan ilerlemeler, fancoil sisteminin daha konforlu ve daha ekonomik çalışmasını sağlamış ve bilinen bazı sistem dezavantajlarını ortadan kaldırmıştır.

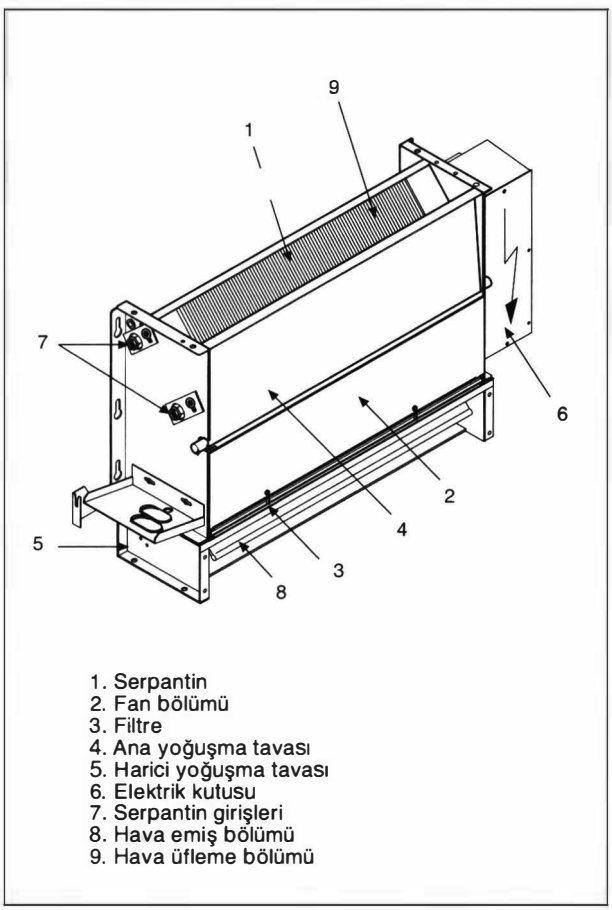
Fancoillerin fan motorlarında özel yataklar (bakım istemeyen bilyalı yataklar vb) kullanılarak ses seviyelerinde ciddi bir iyileştirme sağlanmış, ayrıca cihazların performans değerleri ve ekonomik ömürleri de artırılmıştır.

Karışım havalı fancoil sistemi yerine iç hava + taze hava sistemi daha sık uygulanmaya başlanmış ve bununla, daha iyi filtrelemeye paralel olarak şartlandırma sistemine ilaveten taze hava miktarının arttırılması sağlanmıştır. İhtiyaç halinde, servomotorlu dış hava klapesi ile karışım oranını ayarlayabilen, donma kontrolü yapabilen, taze hava emişinde susturucu hücresi bulunan fancoiller geliştirilmiştir.

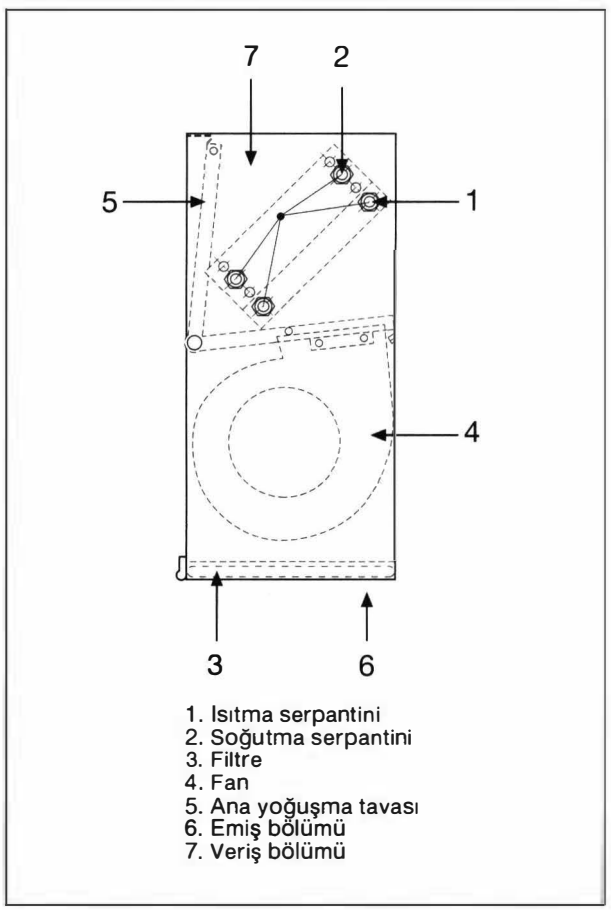
Otellerde ve alışveriş merkezlerinde genellikle geçiş dönemlerinde sıkıntı yaratan iki borulu fancoil tesisatı yerine, dört borulu fancoil sistemi kullanılmaktadır. Buna karşılık villa, yüksek konut (rezidans) veya ofis uygulamalarında genellikle iki borulu sistem tercih edilmektedir.

Fancoil kontrolünde iki veya üç yollu on-off vanalar yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunun yanında oransal vana kullanımı ile, hem daha konforlu, hem de daha ekonomik işletme şartları sağlanabilir. Termostat ve kontrol cihazlarındaki gelişmeler, fancoillerde gece- gündüz işletimi, donma kontrolü, üfleme havası sınırlandırması, otomatik fan devri ayarı gibi farklı fonksiyonlar sağlamıştır. Ayrıca gelişmiş kumandalar yardımı ile uzaktan kontrol, haftalık program gibi seçenekler de kullanılabilir.

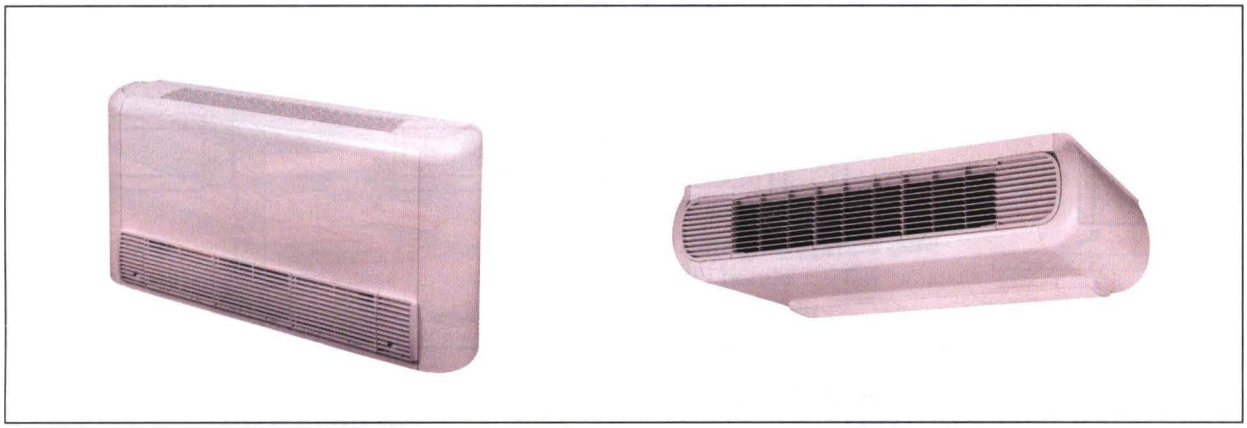
Havalandırmanın %100 taze havalı klima santralleri ile yapılması ve verimleri %80'e varabilen ısı geri kazanım sistemlerinin kullanılması ile özellikle kış işletmesinde ciddi tasarruflar sağlanabilir.



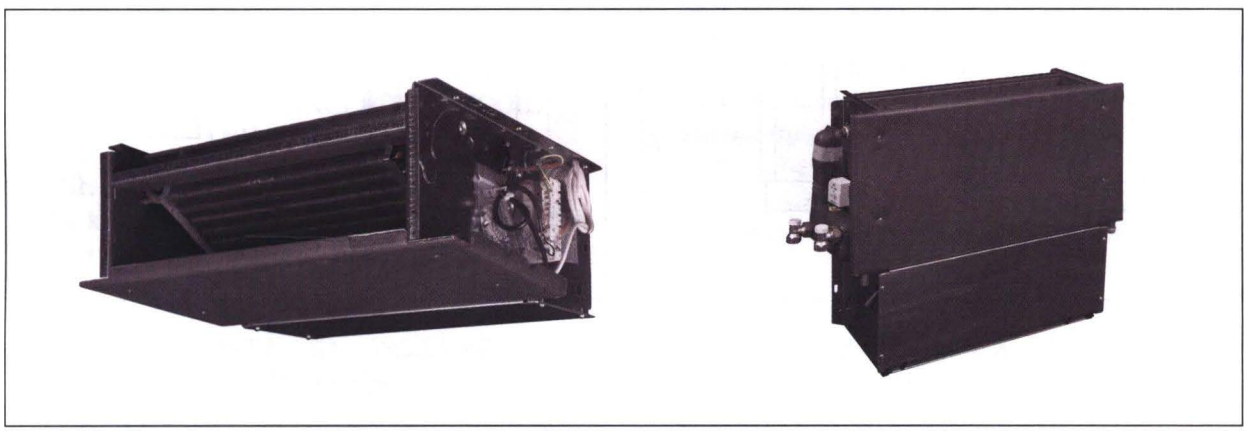
Şekil 3.259. DÖŞEME TİPİ FANCOIL İÇ YAPISI



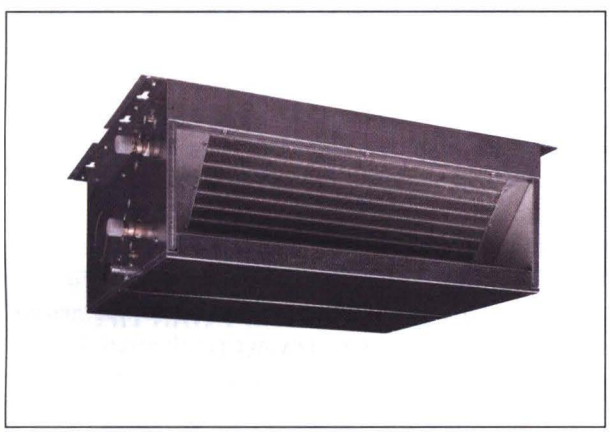
Şekil 3.260. DÖŞEME TİPİ FANCOIL İÇ YAPISI



Şekil 3.261. KASETLİ DÖŞEME/TAVAN TİPİ FANCOIL CİHAZI



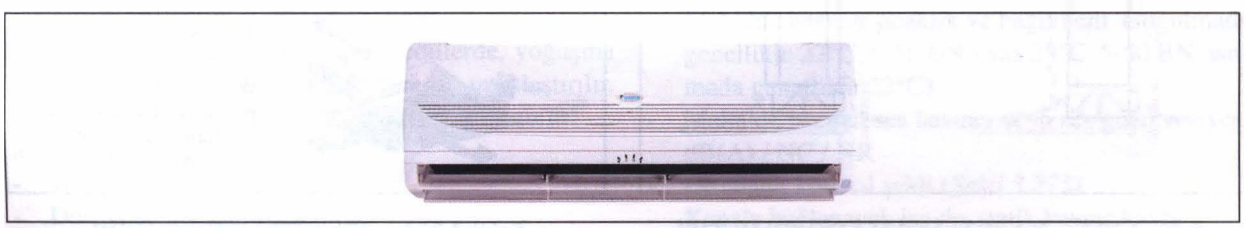
Şekil 3.262. GİZLİ DÖŞEME/TAVAN TİPİ FANCOIL CİHAZI



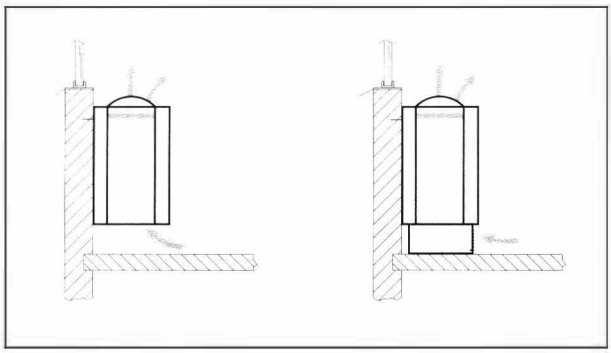
Şekil 3.263. BASINÇLI TİP FANCOIL CİHAZI



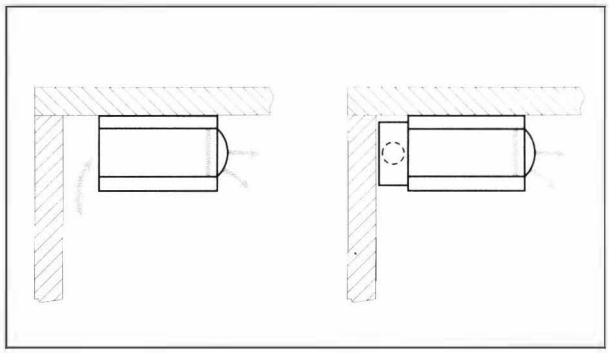
Şekil 3.264. DÖRT YÖNE ÜFLEMELİ HİDRONİK KASET TİPİ FANCOIL CİHAZI



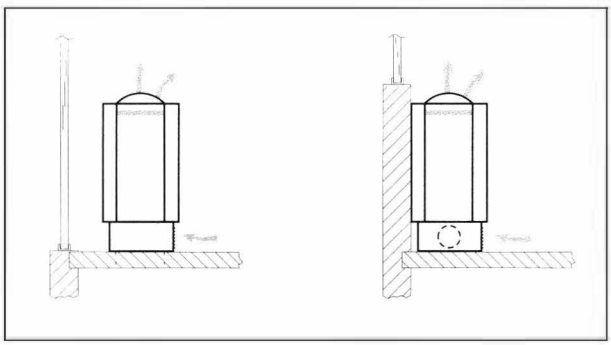
Şekil 3.265. DUVAR TİPİ FANCOIL CİHAZI



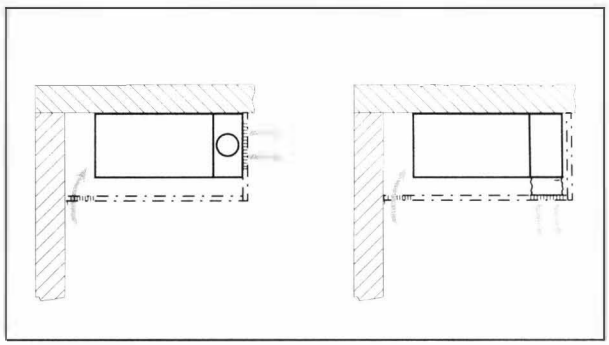
Şekil 3.266. KASETLİ DÖŞEME TİPİ
(%100 İÇ HAVA)



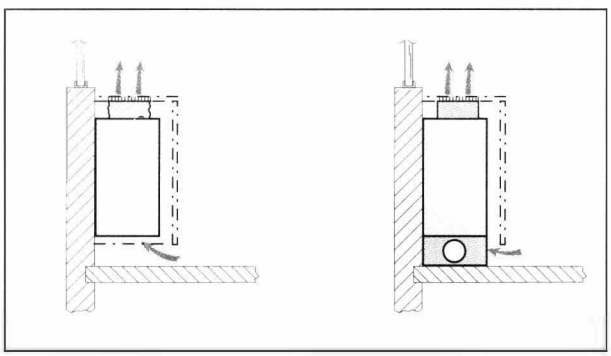
Şekil 3.267. KASETLİ TAVAN TİPİ
(%100 İÇ HAVA)



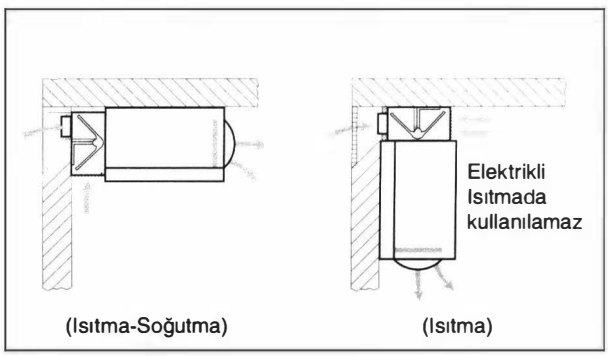
Şekil 3.268. KASETLİ DÖŞEME TİPİ
(%100 İÇ HAVA)



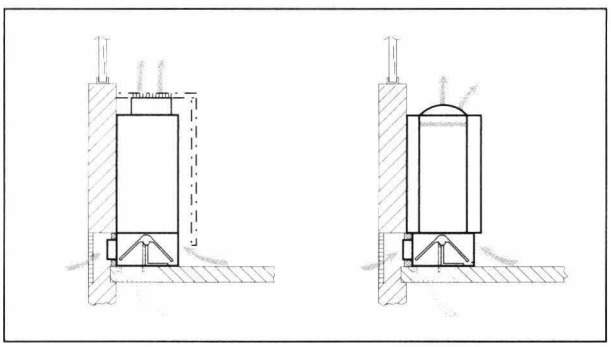
Şekil 3.269. GİZLİ TAVAN TİPİ
(%100 İÇ HAVA)



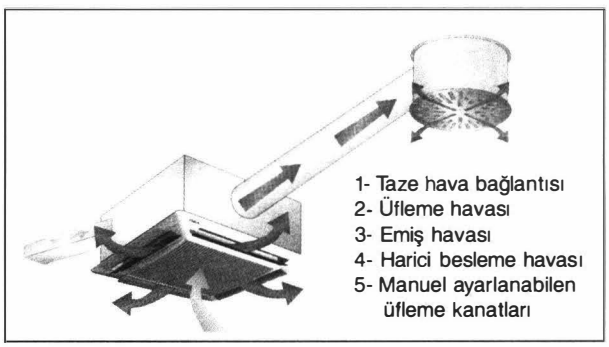
Şekil 3.270. GİZLİ DÖŞEME TİPİ
(%100 İÇ HAVA)



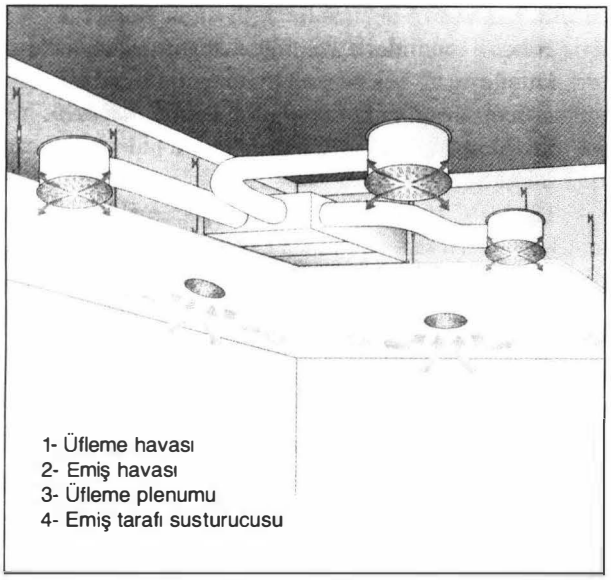
Şekil 3.271. KASETLİ TAVAN TİPİ
(TAZE HAVALI)



Şekil 3.272. KASETLİ/GİZLİ DÖŞEME TİPİ
(TAZE HAVALI)



Şekil 3.273. KASETLİ TİP FANCOIL
UYGULAMASI



Şekil 3.274. BASINÇLI TİP FANCOIL UYGULAMASI

3.7.3.1. Fancoil Tipleri ve Uygulamaları

Farklı kullanım amacı, mimari durum, projelendirme, maliyet ve konfor ihtiyaçları için çeşitli tipte fancoil cihazları mevcuttur. Fancoil tipleri ve uygulama örnekleri *Şekil 3.261* ve *Şekil 3.274* arasında görülebilir.

Mimari uygulamalara cevap vermek üzere kasetli veya kasetsiz, döşeme veya tavan tipi, yüksek basınçlı, dört yöne üflemeli kaset tipi, duvar tipi fancoiller seçilebilir.

Ayrıca seçilen sisteme göre tek serpantinli (iki borulu) veya çift serpantinli (dört borulu), elektrikli ısıtıcılı, taze hava bağlantılı tipte olabilirler. İki borulu fancoil sisteminde tek serpantin vardır. Borularda sıcak yada soğuk su dolaştırılır. Böylece sistemde ısıtma yada soğutma yapılabilir. Dört borulu sistemde ise fancoilde iki ayrı serpantin olduğundan, sistemde aynı anda hem ısıtma hem de soğutma işlemi yapılabilir. Sistemde hem sıcak hem de soğuk su bulunmaktadır. Mahalin ihtiyacına göre vanalarla sıcak yada soğuk suyun ilgili serpantinden dolaşmasına izin verilir.

Yüksek basınçlı fancoiller kanal bağlantısı yapılabilecek ve yüksek dış statik basınç kayıplarını karşılayabilecek şekilde dizayn edilmişlerdir. Kanal sistemi ile kullanılırlar.

Dört yöne üflemeli kaset tipi fancoillerin görünümleri estetiktir ve özellikle modüler tipte asma tavan uygulamalarında kullanılır.

Dahili drenaj pompası bulunan fancoillerde, yoğuşma suyu cebri olarak ek eğim gerektirmeden uzaklaştırılır.

Fancoil cihazları aşağıdaki şekillerde gruplanabilir:

a. Fancoil tipine göre
- Tavan / döşeme tipi
- Dört yöne üflemeli kaset tipi
- Duvar tipi

b. Cihaz dışı statik basıncına göre
- Düşük statik basınçlı
- Orta statik basınçlı
- Yüksek statik basınçlı

c. Kaset tipine göre
- Kasetli
- Kasetsiz (gizli)

d. Batarya yapısına göre
- İki borulu
- Dört Borulu

e. Otomasyon şekline göre
- Fan kontrollü
- On-off iki veya üç yollu vanalı
- Oransal iki veya üç yollu vanalı

f. Fan devir hızına göre
- Çok devirli, fancoil motorları genellikle üç, beş veya yedi devirli olur. (seçim kriterlerine göre bu devirlerden uygun olan üç tanesi kullanılır)
- Değişken devirli (çok fazla kullanılmamaktadır)

g. İşletim tipine göre
- %100 iç havalı
- Karışım havalı

h. Kullanılan akışkan tipine göre (ısıtma)
- Sıcak su
- Kızgın su
- Buhar

i. Kullanılan akışkan tipine göre (soğutma)
- Soğuk su
- Soğutucu gaz (dx direkt genleşmeli sistem)

Fancoil cihazlarında uygulama yerine göre farklı aksesuarlar kullanılabilir:
- Emiş / üfleme menfezi
- Emiş / üfleme bağlantı parçası
- Taze hava bağlantılı emiş / üfleme kutusu
- Çok çıkışlı emiş / üfleme kutusu
- Susturucu, özellikle yüksek basınçlı tiplerde, yüksek hava debisi ve dış statik basınçlardan dolayı oluşabilecek fan gürültüsünü engellemek için kullanılır.
- İlave yoğuşma tavası

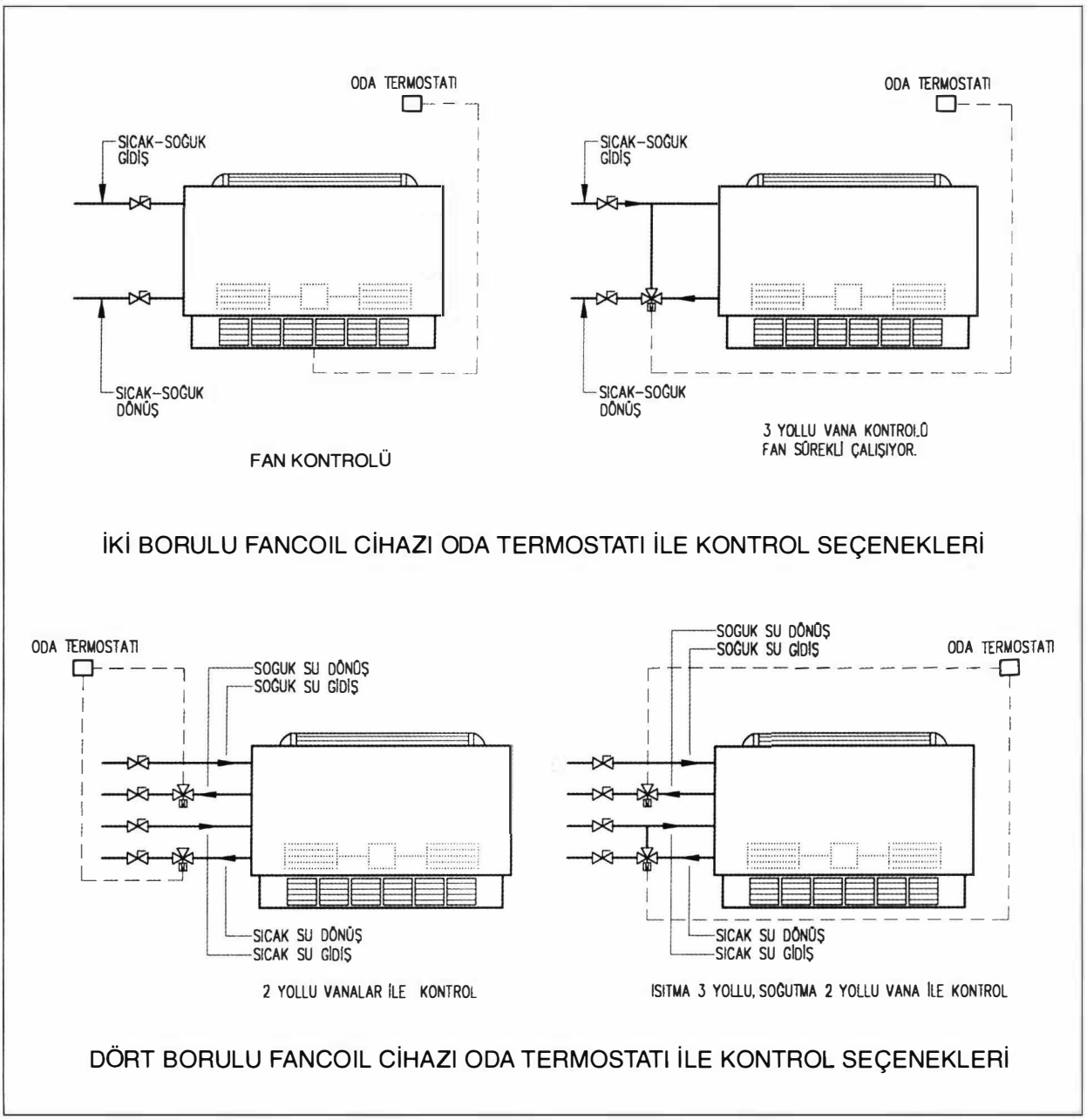
3.7.3.2. Fancoil Seçimi için Gerekli Bilgiler
- Toplam soğutma kapasitesi watt – (kcal/h)
- Duyulur soğutma kapasitesi watt – (kcal/h)
- Isıtma kapasitesi watt – (kcal/h)
- Su / giriş çıkış sıcaklıkları (soğutmada genellikle 6/10°C yada 7/12°C, ısıtmada genellikle 80/60°C yada 90/70°C, ısı pompalarında 45/40°C)
- Mahalde istenen sıcaklık ve bağıl nem (soğutmada genellikle 27°C, %50 BN yada 25°C, %50 BN, ısıtmada genellikle 22°C)
- Mahalde istenen ses basıncı veya ses gücü seviyesi dB(A) / NC / NR
- Otomatik kontrol şekli (*Şekil 3.275*)
- Kanala bağlanacak ise dış statik basınç kaybı Pa – mmSS

Eğer cihaz karışım havalı ise ayrıca ;
- Taze hava miktarı (m^3/h)
- Dış hava sıcaklığı ve bağıl nemi (°C, %)

Seçilen fancoil için üretici firmadan aşağıda belirtilen değerler istenmelidir;
- Isıtıcı/soğutucu batarya su tarafı basınç kaybı kPa (Pompa basma yüksekliği hesabı için)
- Isıtıcı/soğutucu batarya su hacmi (l) (Genleşme ve büzüşme kabı hesabı için)
- Hava debisi (m^3/h)
- Fan motor gücü (watt)
- Batarya boru bağlantı çapı (inch)
- Batarya maks. işletme basıncı (bar)
- Filtre sınıfı (EU)

3.7.3.3. Fancoil Seçimi ile ilgili diğer notlar

- Fancoil seçimleri genellikle soğutma kapasitesini karşılayacak şekilde seçilmektedir. Bunun nedeni, sistem tasarlanırken soğutma suyu sıcaklık farkı Δt=4-5°C (7/12°C veya 6/10°C) alınarak hesap yapıldığı halde, ısıtma suyunda bu fark Δt=20°C (80/60°C veya 90/70°C) olarak alınmaktadır. Dolayısıyla aynı serpantinden sıcak su geçirildiğinde soğutmaya göre daha fazla ısıl güç elde edilmektedir. Eğer sistemde ısı pompası kullanılacaksa (45/40°C) ısıtma kapasitesi de kontrol edilmelidir.
- Fancoil soğutma kapasitelerini belirlerken duyulur ısı ve toplam ısı kapasitelerinin sağlanıp sağlanmadığı ayrı ayrı kontrol edilmelidir.



Şekil 3.275. FANCOIL OTOMATİK KONTROL ŞEKİLLERİ

- Özellikle iki ayrı marka fancoil karşılaştırılacaksa seçimin mutlaka aynı kriterlere göre yapıldığından emin olunmalıdır. Örneğin 7/12°C soğutma suyu şartları için, aynı fancoilin 25°C ve %50 BN mahal şartları için toplam soğutma kapasitesi 2,6 kW iken, 27°C ve %50 BN mahal şartları için soğutma kapasitesi 3,3 kW olmaktadır.
- Fancoil seçiminde en önemli husus, fancoilin istenen ısıtma/soğutma kapasitelerini talep edilen ses kriterlerinde sağlamasıdır. Dolayısıyla aynı kapasiteyi karşılayacak açık ofis için seçilecek bir fancoil ile, otel odası için seçilecek fancoilin sağlaması gereken ses seviyeleri farklı olacağından özellikleri de farklı olacaktır. *Tablo 3.276*'de bazı ortamlarda VDI2081'e göre olması gereken ses basınç seviyeleri verilmiştir.
- Fancoil bataryasındaki su giriş sıcaklığı tesisattaki pompa, boru, vana gibi elemanlardaki ısı kazancı veya kayıplarından dolayı değişebilir. Isıtmada kazana, soğutmada ise su soğutma grubuna (chiller) en uzak mesafede bulunan fancoillere kadar olan borulardaki ısı kayıp/kazançlarını hesap etmek gerekir.
- Kasetli tip fancoillerde üfleme menfezinin hava atış yönünün ayarlanabilir olması, yaz/kış çalışması ve istenmeyen hava akımlarının önlenmesinde büyük avantaj sağlamaktadır.
- Fancoillerin en önemli bileşenlerinden biri filtredir. Özellikle kasetli tip fancoillerde filtre, kaseti sökmeden kolaylıkla servis verilebilmesine olanak sağlamalıdır.
- Fancoilli sistemlerde sık karşılaşılan problemlerden biri de yoğuşma tavaları ile ilgilidir. Seçilen fancoil, yoğuşma tavasının fancoil bağlantı armatürlerini tamamen içine alacak büyüklükte ve izoleli olmalıdır.
- İki borulu fancoil sistemlerinde, geçiş mevsimlerinde ısıtma/soğutma dengeleme problemlerini ortadan kaldırmak için ilave elektrikli ısıtıcılı kullanılabilir. Örneğin İstanbul Hilton Otelindeki her yatak katında belli sayıda yatak odasında ilave elektrikli ısıtıcılı fancoil monte edilmiştir. Aynı uygulama bazı ofislerinde gece vardiyası olan iş merkezleri için de geçerlidir. (Örneğin bekçi odaları, bilgi işlem personel ofisleri v.b.)
- Fancoil bataryaları bakır borulu-alüminyum kanatlı olarak imal edilirler. Fancoilin kullanılacağı ortamda agresif/korozif şartların bulunması halinde (örneğin asidik ortamlar, kimyasal banyolar/laboratuarlar vb) batarya malzemesinin seçimine dikkat etmek gerekir.
- Direkt genleşmeli fancoil kullanımında, bataryada donma riskini azaltmak için fan devirlerini yüksek seçmek gerekecektir.
- Karışım havalı döşeme/tavan tiplerinde dış ortamdan gelecek sesin engellenmesi için susturucu kullanılması tavsiye edilir.

3.7.3.4. Fancoil Ses Seviyesinin Hesaplanması

Mahalde gerçekleşen ses basınç seviyesi, mahalde bulunan fancoillerin adetlerine ve konumlarına, mahalin hacmine ve akustik karakterine bağlı olarak değişir. *Tablo 3.276*'de bazı ortamlarda VDI2081'e göre olması gereken ses basınç seviyeleri verilmiştir.

Örneğin 20 x 10 x 4 = 800 m^3 hacmindeki bir konferans odasında 6 adet fancoil bulunduğunu varsayalım. Öncelikle odadaki ses yutma yüzeylerinin büyüklüğü belirlenmelidir. Bunun için *Şekil 3.277*'den 800 m^3 hacminde bir konferans salonunda ses yutma yüzeyinin 100 m^2 olduğu görülebilir.

Daha sonra fancoillerin yerleşim faktörü belirlenmelidir. Örnekteki fancoillerin *Şekil 3.278*'daki 4 pozisyonunda monte edildiğini ve üç metre mesafede oluşturdukları ses basınç şiddetinin kriter olarak değerlendirileceğini varsayarak, mahal içinde yutulan ses değerinin ΔL = 11 dß olduğu yine *Şekil 3.277*'den okunur.

Seçilen fancoillerin orta devirlerindeki ses gücü değerinin 38 dß (A) olduğu kabulüyle bir adet fancoil için beklenen ses basınç değeri

Lp= Lw - ΔL = 38 dß (A) - 11 dß = 27 dß (A) olacaktır.

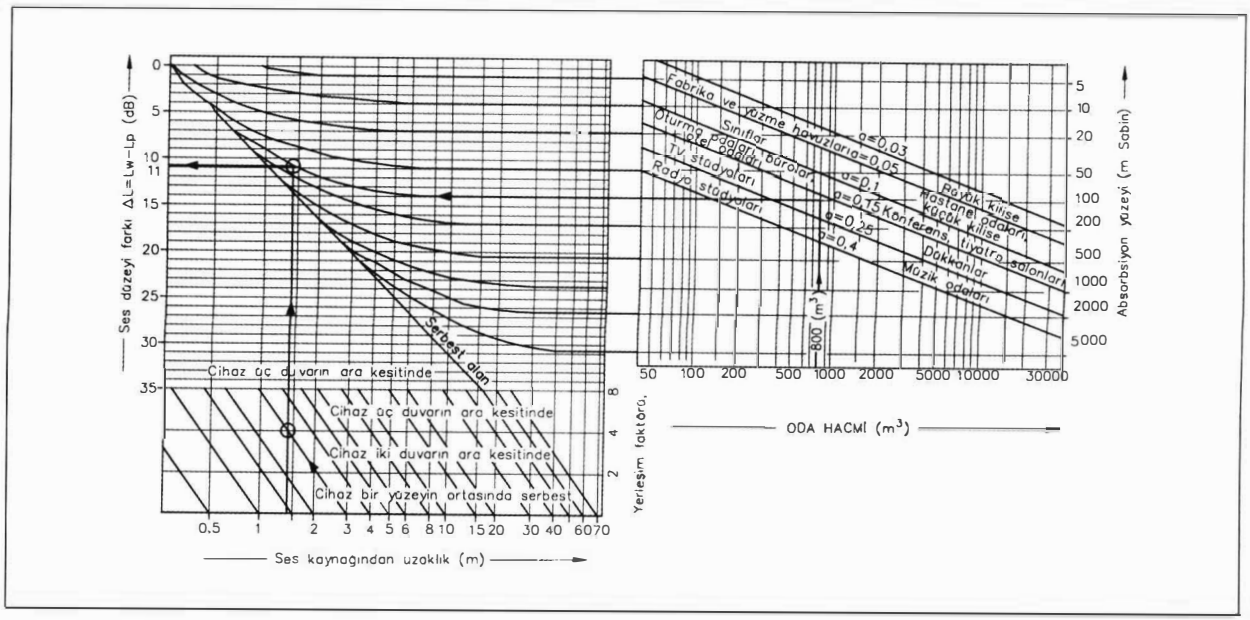
6 adet fancoil için ses seviyesindeki artış, *Şekil 3.279*'den ~8 dß olarak okunur. Buna göre oda içinde gerçekleşmesi beklenen ses basınç değeri;

Lp oda= Lp + 8 dß = 27 dß + 8 dß = 35 dß (A) olacaktır.

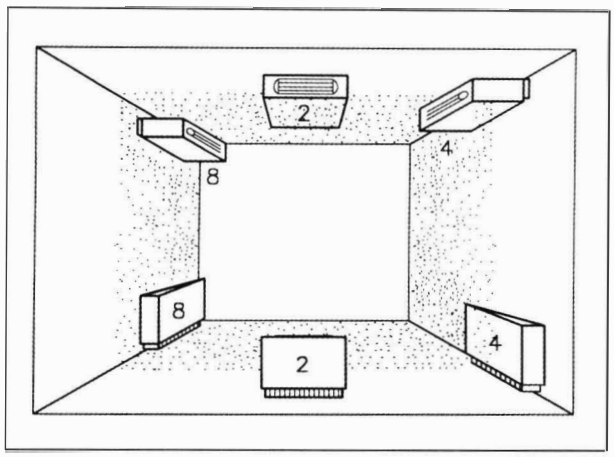
Ortam adı	Ses basınç düzeyi dß(A)*	Ortalama yankılanma süresi (sn)
Otel odaları (gece)	30	0,5
Konutlar	30/35	0,5
Konser salonu	25/30	2,0
Tiyatrolar	30/35	1,0
Sinemalar	30/40	1,0
Kütüphane, Seminer odaları	35/40	1,0
Ofis binaları	35/40	0,5
Müzeler	35/40	1,5
Lokantalar	40/55	1,0
Mağazalar, dükkanlar	45/60	1,0
Bilgi işlem odaları	40/55	1,5
Laboratuvar	45/40	2

* Verilen değerlerden yüksek olanı minimum olması gerekeni, düşük olanı tavsiye edilen konfor şartını belirtmektedir.

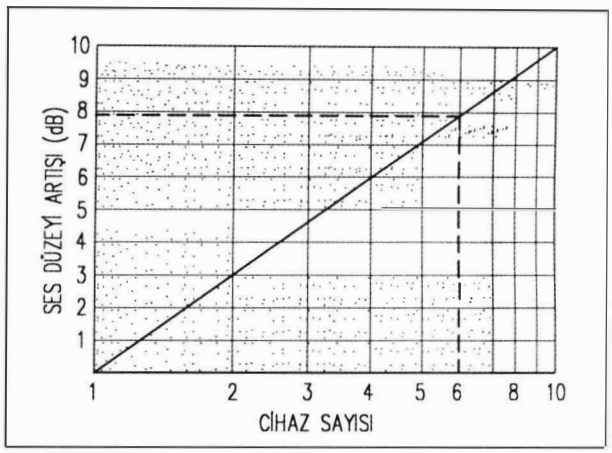
Tablo 3.276. BAZI MAHALLERDE VDI2081'E GÖRE OLMASI GEREKEN SES BASINÇ DEĞERLERİ



Şekil 3.277. SES GÜCÜ SEVİYESİNİN SES BASINÇ SEVİYESİNE DÖNÜŞÜMÜ



Şekil 3.278. YERLEŞİM FAKTÖRÜ



Şekil 3.279. CİHAZ SAYISI SES DÜZEYİ ARTIŞI

3.7.3.5. Fancoil Montajında ve İşletmeye Almada Dikkat Edilecek Hususlar

- Fancoillerin terazisinde monte edildiği kontrol edilmelidir.
- Gizli döşeme tipi ve gizli tavan tipi fancoillerin montajında, üzerine yapılacak kajın veya kaplamanın elektrik kutusuna, su bağlantılarına ve filtre bakımına olanak verecek şekilde olmasına dikkat edilmelidir.
- Gizli döşeme tipi fancoil montajlarında kaj yapılması halinde, kajın altında hava emişi için en az 100 mm'lik açıklık bırakılması tavsiye edilir.
- Gizli döşeme tipi fancoil montajlarında kaj yapılması halinde, fancoil üfleme ağzı ile kajın arasında kalan boşluğun hava sızdırmaz bir şekilde izole (galvaniz kanal parçaları veya esnek bağlantı ile) edilmesi gerekir.
- Fancoil bağlantılarında kullanılan bileşenlerin (kesme vanası, pislik tutucu, iki yollu veya üç yollu vana vb) montajı, yatay planda mutlaka yoğuşma tavası içine sığacak şekilde olmalıdır. Vanaların altında yoğuşma tavası kullanılmıyorsa, vana izolasyonu en iyi şekilde yapılmalıdır.
- Boru bağlantıları kaynaklı olarak yapılacaksa:
  - Yoğuşma tavalarının zarar görmemesine dikkat edilmelidir. Aksi halde tavanın galvanizin kaplaması yanabilir ve korozyona hassas hale gelebilir.
  - Filtre korunmalıdır aksi halde yanarak zarar görebilir.
  - Esnek bağlantılar korunmalıdır.
  - Yoğuşma tavası bağlantısı yapıldıktan sonra, tava içine su dökerek herhangi bir tıkanıklık ve eğim problemi olmadığından emin olunmalıdır.
  - Fancoiller devreye alınırken, önce kesme vanaları kapatılmalı, sonra tek tek açılarak ve fancoilin pürjöründen havayı tahliye ederek, tüm fancoillerin kontrollü olarak su ile doldurulması sağlanmalıdır.

3.7.4. KANAL SİSTEMİ TASARIMINA GENEL YAKLAŞIM

3.7.4.1. Standart Kanallar ve Bileşenleri

Yuvarlak kanal sistemlerinin bileşenleri standartlaştırılmıştır. Böylece kolayca standart seri üretim yapmak, üretimi stoklamak ve kısa zamanda müşteriye teslim edebilmek mümkün olmuştur. Buna karşılık dikdörtgen kesitli kanallar ve bağlantı parçaları için böyle bir standart boyut söz konusu değildir. Dikdörtgen kesitli kanallar ve bağlantı elemanları müşterinin istediği boyutlarda ve çoğu zaman şantiyede üretilir.

Tablo 3.280'de görülen standart çap değerleri ISO tarafından kabul edilmiş olup bütün dünyada geçerlidir.

Yuvarlak kanallar şantiyede istenilen boylarda kesilebilir. Böylece değişikliklere daha iyi cevap verilebilmektedir. Halbuki dikdörtgen kesitli kanallar tam ölçülerinde yapılmak zorundadır. Şantiyede herhangi bir değişiklik yapmak daha zordur.

Standart nominal iç çap	1 m kanal uzunluğunun yüzey alanı	Standart nominal iç çap	1 m kanal uzunluğunun yüzey alanı
mm	m²	mm	m²
63	0,198	500	1,571
80	0,251	560	1,760
100	0,314	630	1,979
125	0,393	710	2,229
160	0,502	800	2,512
200	0,628	900	2,826
250	0,785	1.000	3,142
315	0,990	1.120	3,517
355	1,115	1.250	3,927
400	1,257	1.400	4,400
450	1,413	1.600	5,030

Tablo 3.280. STANDART YUVARLAK KANAL ÇAPLARI

3.7.4.2. Hava Dağıtımı

Kanal sistemi tasarımında öncelikle hava üfleme ve emiş menfezlerinin yerleri ve her bir menfezin debisi, tipi ve büyüklüğü belirlenmelidir. Bu hava üfleme ve emiş menfezlerinin standart tipte ve biçimde olmasına ve bilinen bir firmanın ürünü olmasına dikkat edilmelidir. Bu tip ürünler için hazırlanmış olan teknik kataloglarda, hava atış mesafeleri, düşme ve hava hareketi biçimleri, bileşenlerdeki hava çıkış hızları, basınç düşümleri, ses ve tavan yükseklikleri ile ilgili bilgiler verilmektedir.

Aynı hat üzerindeki iki hava açıklığı arasındaki basınç kaybı farkı 12,5 Pa değerini aşmamalıdır. Aynı hat üzerinde tavan tipi difüzörlerle, duvar tipi menfezlerin karışık kullanılmamasına dikkat edilmelidir.

3.7.4.3. Ön Taslak Çizimi

Daha sonraki adım, kanal sisteminin şematik olarak çizilmesidir. Bu şematik ön çizimde, hesaplanan hava miktarları, çıkış yerleri ve en ekonomik ve uygun kanal güzergâhı gösterilir. Bu çizimin mimarı plânlar üzerinde yapılması tavsiye edilir. Böylece kanal tasarımının yapı bileşenleri ve diğer mekanik tesisat sistemlerinin yaratacağı sınırlamalara uygun olması sağlanabilir.

Bundan sonra ileride anlatılacak yöntemlerden birine göre kanallar boyutlandırılarak çeşitli bileşenlerdeki basınç kayıpları hesaplanır. Bulunan değerler şematik çizimlere işlenir. Kanal hesaplarında bulunan boyutlar yuvarlak kanallar içindir. Eğer dikdörtgen kanallar kullanılacak ise eşdeğer kanal çapından, dikdörtgen kanal boyutlarına geçilir.

Tasarımcı, hesaplanan çıplak kanal boyutlarının üzerine, kanal mukavemeti ile ilgili destekler ve çevresel birleşmeler için ve kanalların taşınmasında gerekli bileşenler için ihtiyaç duyulan hacimleri göz önüne almalıdır. Ayrıca yalıtımlı kanallarda yalıtım için gerekli hacim, kanal boyutlarına ilave edilmelidir. Duvarlardan, diğer boru, kablo ve yapı bileşenlerine olması gereken mesafeler ve varsa asma tavan bileşenlerinin sökülebilmesi için yeterli boşluklar bırakılmalıdır.

Kanal sistemini boyutlandırma ve güzergâhını belirlemede diğer dikkat edilecek hususlar; hava ısıtma/soğutma cihazları, karışım kutuları, V.A.V. kutuları, yangın damperleri, hava ayar damperleri gibi bileşen ve aksesuarlar için ve bunlara ulaşabilmek için gerekli boşlukların ve imkânların yaratılmasıdır.

3.7.4.4. Kanal Tasarım Yöntemleri

Optimum olarak en ekonomik kanal sistemini veren hiçbir kanal tasarım yöntemi yoktur. Bunun yerine önerilen ve bugün kullanılan çeşitli tasarım yöntemleri bulunmaktadır. Farklı durumlarda bu yöntemlerden biri seçilerek hesap yapılır.

Bu yöntemlerden hangisinin seçileceği, aslında maliyet kalemlerinin dikkatlice değerlendirilmesi ile kararlaştırılmalıdır.

Bu bölümde farklı tasarım yöntemleri ve bu yöntemlerin hangi hallerde kullanılmasının tavsiye edildiği üzerinde durulacaktır. Bu yöntemler detaylı olarak ilgili bölümlerde anlatılmıştır.

a. Eş Sürtünme Yöntemi

Kanal tasarımında belki de en yaygın kullanılan yöntemdir. Bu sistemde bütün kanal boyunca birim uzunluktaki sürtünme kaybı sabit tutulur.

Besleme, egzoz ve dönüş kanallarının boyutlandırılmasında kullanılabilir. Yüksek basınçlı sistemlerin boyutlandırılmasında ise (750 Pa üzerinde) kullanılamaz.

Bu yöntemde, besleme kanallarında akış yönünde hız, basınç kaybına bağlı olarak giderek azalır. Böylece sistemde ses oluşumu ihtimali de giderek azalır.

Bu yöntemin en belirgin dezavantajı çeşitli kanal hat-

larındaki basınç düşümlerinin eşitlenmesi yönünde hiçbir önlem getirmemesidir. Bu nedenle bu yöntem simetrik sistemler veya dallanmayan tek kanallar için uygundur.

b. Statik Geri Kazanma Yöntemi

Bu yöntem her basınç ve hızdaki besleme kanalları için uygulanabilir. Ancak dönüş ve egzoz kanalları için kullanılmaz. Hesap olarak eş sürtünme yöntemine göre daha karmaşık olmasına karşın, teorik olarak bütün kollarda ve çıkışlarda dengeli basınç düşümü sağlaması açısından daha güvenilir bir yöntemdir.

Kanaldaki hızlar sistematik olarak azaltılır. Her bir kanal parçasının önünde hız düşürülerek, dinamik basınç (hız basıncı) statik basınca dönüştürülür ve bu parçadaki basınç kaybının karşılanmasında kullanılır. Ortalama kanal sistemlerinde bu statik geri kazanma %75 oranındadır. İdeal şartlarda bu oran %90'a kadar yükselebilir.

Bu sistemin avantajı kanal sisteminin dengede (ayarlanan şekilde) kalmasıdır. Çünkü kayıp ve kazançlar hızla orantılıdır. Yüke bağlı olarak debilerin azalması sistemdeki reglajı (balansı) bozmaz. Bu nedenle V·A.V· sistemleri için ideal bir yöntemdir.

Statik geri kazanma yönteminin dezavantajı uzun kolların sonlarında, özellikle bu kanal kolu diğerlerine göre çok uzunsa, aşırı büyük kanal boyutları vermesidir. Ayrıca bu bölgelerde hızlar da çok düştüğünden kanalın ısı kayıp ve kazançlarına karşı izole edilmesi gerekir.

c. Uzatılmış Plenumlar

Uzatılmış plenum, bir geniş kanal veya uzun bir plenum olarak tariflenir ve genellikle fan çıkışındadır. Bu plenum üzerinde çeşitli hava çıkış açıklıkları veya kol çıkışları bulunmaktadır. Plenumlar sulu sistemlerdeki kolektörlere benzer bir fonksiyona sahiptir. Bu sistemin dezavantajı düşük hava hızları nedeniyle büyük ölçüde ısı kayıp ve kazançlarına neden olmasıdır. Genellikle sıcak hava ile konut ısıtması gibi küçük fakat çok hatlı sistemlerde kullanılır.

d. T-Yöntemi

Bu yöntem yeni geliştirilmiş bir kanal tasarımı optimizasyon yöntemidir. Sistemin ilk yatırım maliyeti, işletme maliyeti, enerji maliyeti, çalışma saati, yıllık enflasyon oranı, faiz oranları gibi parametrelerini de göz önüne alarak hesap yapar. Bu yöntemin uygulanmasında esas olarak uygun bilgisayar programlarından yararlanılır.

e. Hız Yöntemi

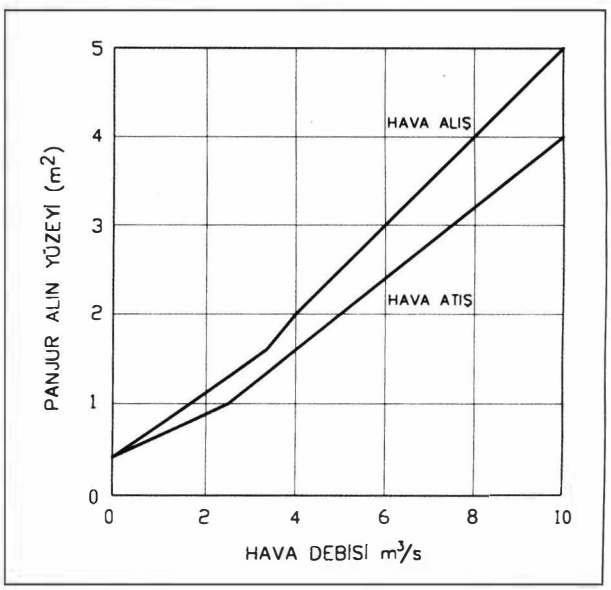
Tecrübeli bir tasarımcı, kanal sistemi boyunca uygun hızlar belirleyerek basit bir şekilde kanal boyutlandırmasını gerçekleştirebilir. Bir kaç çıkışı olan ve kolayca dengelenebilen basit kanal sistemlerinin dışında, bu yöntem kullanılmamalıdır. Bu yöntemde hız, kanal boyunca giderek azaltılır.

f. Sabit Hız Yöntemi

Yine tecrübe ile uygun bir hız seçerek, bütün kanal sistemi boyunca bu hızı koruyacak şekilde boyutlandırma yapılabilir. Bu yöntem en çok yüksek basınçlı kanal

Kanal elemanı	Alın hızı, m/s
Jaluziler:	
Emiş, 3300 L/s ve daha büyük	2
Emiş, 3300 L/s den daha küçük	şekil 3.282'den
Egzoz, 2400 L/s ve daha büyük	2,5
Egzoz, 2400 L/s den daha küçük	şekil 3.282.'den
Filtreler:	
Panel filtreler	
Viskoz çarpmalı	1-4
Kuru tip genişletilmiş yüzeyli	
Düz (düşük verimli)	Kanal hızında
Katlanmış malzeme (orta verimli)	3,8'e kadar
HEPA	1,3
Yenilenebilir malzemeli filtreler	
Hareketli-perde viskoz çarpmalı	2,5
Hareketli-perde kuru malzemeli	1
Elektronik hava temizleyiciler	
İyonizasyonlu tipler	0,8-1,8
Isıtıcı Serpantinler	
Buhar ve sıcak su	2,5-5
Elektrikli	
Açık telli	üretici verisi
Kanatlı borulu	üretici verisi
Nem alıcı serpantinler	2-3
Hava yıkayıcılar	1,5-3
Sprey tipi	üretici verisi
Hücre tipi	6-9
Yüksek hızlı sprey tipi	

Tablo 3.281. HVAC BİLEŞENLERİ TİPİK DİZAYN HIZLARI



Şekil 3.282. PANJUR SEÇİM DİYAGRAMI

sistemlerinde kullanılır. Bu kanal sistemlerinde havayı kullanım alanlarına dağıtmadan önce hızı ve sesi düşürmek üzere genişletilmiş dağıtım kutuları kullanılır.
Sabit hız yönteminin kullanıldığı ikinci ana uygulama alanı ise endüstriyel toz toplama kanal boyutlandırmasıdır.
Tozların ve tekstil endüstrisinde olduğu gibi elyafın taşınabilmesi için belirli bir minimum hız değeri bulunmaktadır.
Dolayısı ile bu tür endüstriyel egzoz kanallarında hız değeri, söz konusu sınır değerin altına düşmeyecek şekilde boyutlandırma yapılır.

g. Toplam Basınç Yöntemi

Bu yöntem statik geri kazanma yönteminin daha özleştirilmiş halidir. Bu yöntem tasarımcıya kanal sisteminin her kısmında gerçek sürtünme ve dinamik kayıpları belirleme imkanı yaratır. Avantajı, kanal bölümlerindeki gerçek basınç kayıplarının ve temin edilmesi gereken toplam fan basıncının bilinmesidir.

3.7.4.5. Kanal Sisteminde Hızlar

Çeşitli havalandırma bileşenlerindeki tipik hızlar, *Tablo 3.281*'de verilmiştir. Panjurlardaki hızlar özel olarak ele alınmalıdır. Panjur tipine göre serbest geçiş alanı ve performans çok değişir. Hava giriş ve çıkış panjurlarında hız değerleri normal hallerde 2-2,5 m/s mertebelerindedir. *Şekil 3.282*'de panjur ön boyutlandırması ile ilgili bir grafik verilmiştir. *Tablo 3.285*'de ise farklı basınç sınıfındaki kanallarda izin verilen en yüksek hız değerleri gösterilmiştir.
Tablo 3.283'de Alman Literatürüne göre tavsiye edilen kanallardaki hava hızları verilmiştir. *Tablo3.284*'de ise Carrier tarafından tavsiye edilen hız değerleri verilmiştir.

Düşük Basınçlı Sistemlerde	Konfor Uygulaması	Endüstriyel Uygulama
Besleme menfezleri	1,5 - 3	3 - 4 m/s
Emiş ve egzoz menfezleri	2 - 3	4 - 8 m/s
Dış hava panjurları	3 - 4	4 - 6 m/s
Ana kanallar	3,5 - 7	7 - 12 m/s
Tali kanallar, bağlantılar	3 - 5	5 - 8 m/s
Yüksek basınçlı kanallarda,	Ana kanallarda	Tali kanallarda
Bağlantı hatları 8 - 12 m/sn	15 - 20 m/sn	12 - 18 m/s

Tablo 3.283. ÇEŞİTLİ HAVA BİLEŞENLERİNDEKİ TİPİK HIZLAR

3.7.4.6. Basınç Sınıflandırması

Kanal sistemi üzerinde statik basınç sınıfının belirtilmesi, kanal mukavemeti ve maliyet hesapları açısından yararlıdır.
Kanal sistemindeki SMACNA tarafından verilen basınç sınıfları *Tablo 3.285*'de verilmiştir.
Prensip olarak ihale projelerinde her bir kanal sistemi bölümünün statik basınç sınıfı belirtilmiştir. SMACNA standartlarına göre her bölümdeki basınç sınıfı üçgen bayraklar içinde proje üzerine işlenmektedir.
V.A.V· sistemlerinde kanaldaki basınç sınıflarına özel bir dikkat gösterilmelidir. Bu sistemlerde besleme kanallarında, en düşük hava debisi koşullarında fan basıncını en uçtaki V.A.V· kutusunda bile aynen bulmak mümkündür. Böyle hallerde kanal statik basınç sınıfı bütün sistem için aynı olacaktır ve bu da fan basıncı ile belirlenecektir.
Aynı şekilde tehlike şartları çalışmalarına da özel dikkat gösterilmelidir. Örneğin duman kontrol sistemi devreye girdiğinde veya yangın damperleri sistem tam yükte iken kapandığında, bu ani basınç değişimlerinin söz konusu bölümde dağıtım kanallarına zarar vermeyeceği mukavemet değerinin, bir başka anlatımla, basınç sınıfının seçilmesi gerekir.
Yuvarlak kanallarda, kanal formunun uygunluğu dolayısı ile aynı basınç şartlarında daha ince sac malzeme kullanmak mümkündür. Özellikle spiral sarılmış yuvarlak kanallarda mukavemet daha yüksektir ve malzeme et kalınlığı daha da düşürülebilir. *Tablo 3.286* ve *Tablo 3.287*'de İsveç ve İngiliz standartlarına göre ka-

Uygulama	Ses Kriteri	Ekonomik Kriter			
		Ana Kanal		Tali Kanal	
		Besleme	Dönüş	Besleme	Dönüş
Konutlar	3 m/s	5	4	3	3
Apart Otel, Hastane, Yatak Odası	5 m/s	7,5	6,5	6	5
Özel Ofis, Kütüphane, Yönetici Odası	6 m/s	10	7,5	8	6
Tiyatro, Konser Salonu	4 m/s	6,5	5,5	5	4
Genel Ofisler, Lokantalar, Alışveriş, Bankalar	7,5 m/s	10	7,5	8	6
Ortalama Dükkan ve Kafeteryalar	9 m/s	10	7,5	8	6
Endüstri	12,5 m/s	15	9	11	7,5

Tablo 3.284. CARRIER TARAFINDAN TAVSİYE EDİLEN HIZLAR

Statik Basınç Sınıfı	Çalışma Basıncı	Basınç Tipi	Sızdırmazlık Sınıfı	Max. Hız
Pa	Pa	-	-	m/s
125	125'e kadar	Poz. / Neg.	C	10
250	125 - 250	Poz. / Neg.	C	12,5
500	250 - 500	Poz. / Neg.	C	12,5
750	500 - 750	Poz. / Neg.	B	20
1.000	750 - 1.000	Poz.	A	20
1.500	1.000 - 1.500	Poz.	A	Belirlendiği gibi
2.500	1.500 - 2.500	Poz.	A	Belirlendiği gibi

Tablo 3.285. KANAL BASINÇ - HIZ SINIFLANDIRMASI

Kalınlık mm	ÇAP				
	0 - 80	80 - 160	160 - 315	315 - 800	800-1.250
	0,4	0,5	0,6	0,8	1,2

Tablo 3. 286. İSVEÇ STANDARTLARINA GÖRE KANAL SAC KALINLIĞI

Kalınlık mm	Maksimum Çap (mm)			
	205	762	1.020	1.525
	0,6	0,8	1,0	1,2

Tablo 3.287. İNGİLİZ STANDARTLARINA GÖRE KANAL SAC KALINLIĞI

nal üretimi için sac kalınlıkları verilmiştir. Buna göre gerek malzemenin incelmesi, gerekse daha az malzeme ile aynı eşdeğer geçiş kesitinin oluşturulması nedeniyle yuvarlak kanal sistemleri, aynı kapasitedeki tipik dikdörtgen kanallara göre %30-40 daha hafiftir. Bu nedenle Ø 200 mm'ye kadar olan yuvarlak kanalları bir kişi monte edebilir.

3.7.4.7. Kanal Sızdırmazlığı

Bugün için kanal basıncı ve sızdırmazlık sınıfı belirtildiğinde, kanal sisteminden müsaade edilen hava kaçağı hesaplanabilmektedir. Bu sızma veya kaçak miktarları kanal yüzeyi cinsinden (l/s.m^2) olduğu gibi toplam hava debisinin yüzdesi cinsinden de ifade edilebilir. ASHRAE ve SMACNA standardına göre sızdırmazlık sınıfları ve kanal kaçak sınıflandırması

$C_L = 720 \cdot Q / (\Delta P_s)^{0,65}$

ifadesine göre yapılmaktadır. Burada;

Q = Sızdırma veya kaçak miktarı, l/s. m^2 (yüzey alanı)

C_L = Sızdırmazlık sınıfı (750 Pa basınçta sızdırma miktarı)

ΔP_s = Kanal içi ile dışı arasındaki basınç farkı (Kanal içindeki statik basınç)

Şekil 3.288'de yukarıdaki denkleme dayanan sızdırmazlık sınıfları gösterilmiştir.

Tablo 3.289'da ise kaliteli bir kanal sisteminde pratikte ulaşılabilecek sızdırmazlık sınıfları verilmiştir. Burada menfez, anemostat gibi bileşenlerin kanala bağlantıları ile ilişkili değerler test verilerinde temsil edilmemektedir. Tasarımcıya yardımcı olabilmek açısından *Tablo 3.290* kanal sızdırmazlık sınıfının belirlenmesi için bir rehber olarak kullanılabilir. Tavsiye edilen kanal sızdırmazlık seviyesi değerleri *Tablo 3.291*'de verilmiştir.

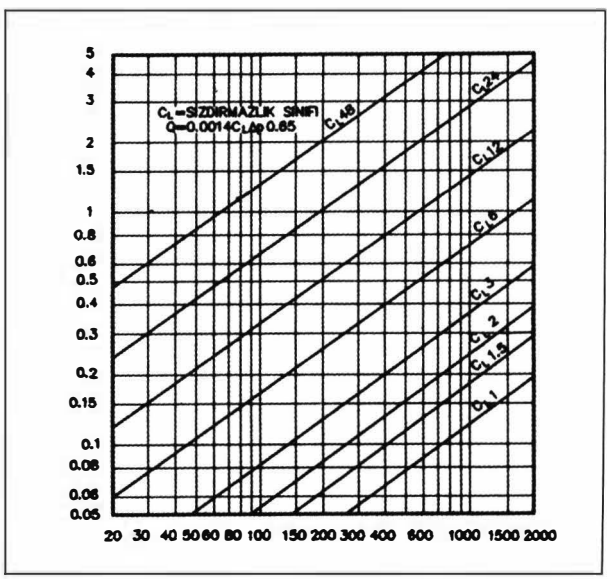
Tablo 3.292'de ise toplam hava debisi yüzdesi olarak hava kaçakları ifade edilmiştir.

Kabul edilebilir sızdırmazlık sınıfını belirlenmesinde tasarımcı sorumludur. Tasarımcı, hava kaçaklarının yaratacağı enerji maliyetleri ile ilk yatırım maliyetlerini dengeleyerek optimum çözümü bulmalıdır. Sınıf 3 sızdırmazlık değerine; iyi bir işçilik ve dikkatli bir birleşme yöntemi ve sızdırmazlık elemanı seçerek bütün kanal sistemlerinde ulaşılabilir.

Avrupa standartlarında ise üç sızdırmazlık sınıfı tarif edilmektedir. Bu sızdırmazlık sınıfları

A. En düşük sınıf 400 Pa'da 1,32 l/s.m^2 kaçak

B. Orta sınıf 400 Pa'da 0,44 l/s.m^2 kaçak



Şekil 3.288. KANAL SIZDIRMAZLIK SINIFLANDIRMASI

Kanai Tipi	Tahmin edilen kanal sızdırmazlık sınıfı C_L	
	Contalı	Contasız
Esnekler hariç Yuvarlak ve düz oval	3	30 (12-70)
Dikdörtgen < 500 Pa (Negatif ve pozitif basınçlı)	12	48 (12-110)
> 500 ve < 2500 Pa (Negatif ve pozitif basınçlı)	6	48 (12-110)
Flexible metal, Alüminyum	8	30 (12-54)
Metal olmayanlar	12	30 (4-54)
Cam yünü Dikdörtgen Yuvarlak	6 3	- -

Tablo 3.289. KANAL SIZDIRMAZLIK SINIFLARI

Kanal tipi	Sızdırmazlık sınıfı	Kaçak oranı 250 Pa'da L/(s.m²)
Metal Yuvarlak Oval Dikdörtgen	3 3 6	0,15 0,15 0,3
Fleksibıl	6	0,3
Fiberglas		
Yuvarlak	3	0,15
Dikdörtgen	6	0,3

Tablo 3.290. KANAL TİPİNE GÖRE TAVSİYE EDİLEN KANAL KAÇAK SINIFLARI

C. En yüksek sınıf 400 Pa'da 0,15 l/s.m² kaçak olup, *Şekil 3.293*'de gösterilmişlerdir.

Kanal sisteminde belirlenen kaçak miktarı, sistem toplam hava miktarına (dolayısı ile fan debisine) ilave edilmelidir.

3.7.4.8. Kanal Yalıtımı, Isı Kayıp ve Kazançları

Yüksek olmayan konut yapıları hariç, bütün yeni yapılacak klima hava dağıtım kanallarının yalıtılması gerektiği ASHRAE 90.1 nolu standardı ile şart koşulmuştur. Yeni yüksek olmayan konutlardaki kanal yalıtımları ASHRAE Standart 90.2 tarafından tanımlanmıştır. Mevcut binaların kanal yalıtımı ise ASHRAE Standart 100 koşullarını sağlamalıdır. Bu standartlardaki yalıtım kalınlıkları minimum değerlerdir. Ekonomik anlamında yapılan hesaplar sonucunda daha kalın yalıtım değerleri gerekebilir.

Kanal yüzeyinden kaybolan ısı miktarı,

$$Q = K.F \left[\frac{(tg + tç)}{2} - td \right]$$

Kanal yeri	Kanal tipi			
	Besleme		Egzoz	Dönüş
	≤500 Pa	>500 Pa		
Dış ortam	A	A	A	A
Şartiandırılmayan hacimler	B	A	B	B
Şartlandırılan hacimler (gizlenmiş kanal)	C	B	B	B
Şartlandırılan hacimler (açıkta kanal) Ofis tipi alanlar Fabrika tipi alanlar	A C	A B	B B	B B

Tablo 3,291-A TAVSİYE EDİLEN KANAL SIZDIRMAZLIK SEVİYELERİ

Sızdırmazlık seviyesi	Sızdırmazlık gerekleri
A	Bütün çevresel birleşmeler, boyuna dikişler ve kanal duvarındaki girişler (vida gibi)
B	Bütün çevresel birleşmeler, boyuna dikişler
C	Sadece çevresel birleşmeler

Tablo 3.291-B. KANAL SIZDIRMAZLIK SEVİYELERİ

ifadesi ile belirlenebilir. Burada;

K = Kanal duvarının toplam ısı geçiş katsayısı, (W/m²K)

F = Kanal yüzeyi (m²)

Q = Isı kaybı veya kazancı (W)

t_g = Kanala hava giriş sıcaklığı (°C)

$t_ç$ = Kanaldan hava çıkış sıcaklığı (°C)

t_d = Kanalı çevreleyen ortamın sıcaklığı (°C)

Şekil 3.295'de yalıtımlı ve yalıtımsız kanallardaki K toplam ısı geçiş katsayıları verilmiştir.

Enerji maliyetlerindeki artışa paralel olarak, standartlar yukarıda ifade edildiği gibi yalıtımı daha fazla şart koşmaktadır. Özellikle şartlandırılmayan hacimlerden geçen klima kanallarının ısı yalıtımı enerji kaybı açısından çok önemlidir.

ASHRAE 90 A (1980) standartına göre kanal duvarında sağlanması gereken ısıl direnç (iç ve dıştaki hava film dirençleri hariç),

R = Δt / 47,3 olmalıdır. Burada;

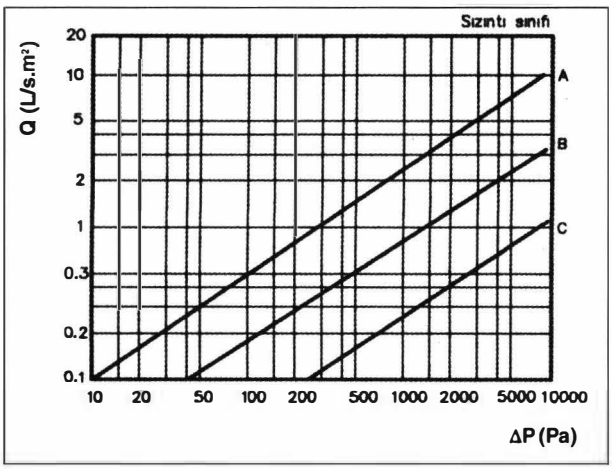
Δt = Kanal içi ve dışındaki hava arasındaki sıcaklık farkı (°C)

R = Film dirençleri hariç kanal cidarının ısıl direnci (m².K/W)

(Buradaki R değeri 1/K değerinden iç ve dıştaki hava film dirençlerinin çıkarılması ile bulunur. Ortalama ve yaklaşık olarak iki film direnci toplamı 0,16 m².K/W değerindedir.)

Sızdırmazlık Sınıfı	m² kanal yüzeyi başına sistem debisi m³/h	Statik Basınç (Pa)					
		125	250	500	750	1.000	1.500
48	10	15	24	38	49	59	77
	12,7	12	19	30	39	47	62
	15	10	16	25	33	39	51
	20	7,7	12	19	25	30	38
	25	6,1	9,6	15	20	24	31
24	10	7,7	12	19	25	30	38
	12,7	6,1	9,6	15	20	24	31
	15	5,1	8,0	13	16	20	26
	20	3,8	6,0	9,4	12	15	19
	25	3,1	4,8	7,5	9,8	12	15
12	10	3,8	6	9,4	12	15	19
	12,7	3,1	4,8	7,5	9,8	12	15
	15	2,6	4,0	6,3	8,2	9,8	13
	20	1,9	3,0	4,7	6,1	7,4	9,6
	25	1,5	2,4	3,8	4,9	5,9	7,7
6	10	1,9	3	4,7	6,1	7,4	9,6
	12,7	1,5	2,4	3,8	4,9	5,9	7,7
	15	1,3	2,0	3,1	4,1	4,9	6,4
	20	1,0	1,5	2,4	3,1	3,7	4,8
	25	0,8	1,2	1,9	2,4	3,0	3,8
3	10	1,0	1,5	2,4	3,1	3,7	4,8
	12,7	0,8	1,2	1,9	2,4	3,0	3,8
	15	0,6	1,0	1,6	2,0	2,5	3,2
	20	0,5	0,8	1,3	1,6	2,0	2,6
	25	0,4	0,6	0,9	1,2	1,5	1,9
2	10	0,5	1,0	1,4	1,7	2,0	2,4
	12,7	0,4	0,8	1,1	1,4	1,6	2,0
	15	0,3	0,7	0,9	1,2	1,3	1,6
	20	0,3	0,5	0,7	0,9	1,0	1,2
	25	0,2	0,4	0,6	0,7	0,8	1,0
1.5	10	0,5	0,8	1,1	1,3	1,5	1,8
	12,7	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5
	15	0,4	0,5	0,7	0,9	1,0	1,2
	20	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9
	25	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
1	10	0,4	0,5	0,7	0,9	1,0	1,2
	12,7	0,3	0,4	0,6	0,7	0,8	1,0
	15	0,2	0,3	0,5	0,6	0,7	0,8
	20	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6
	25	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5

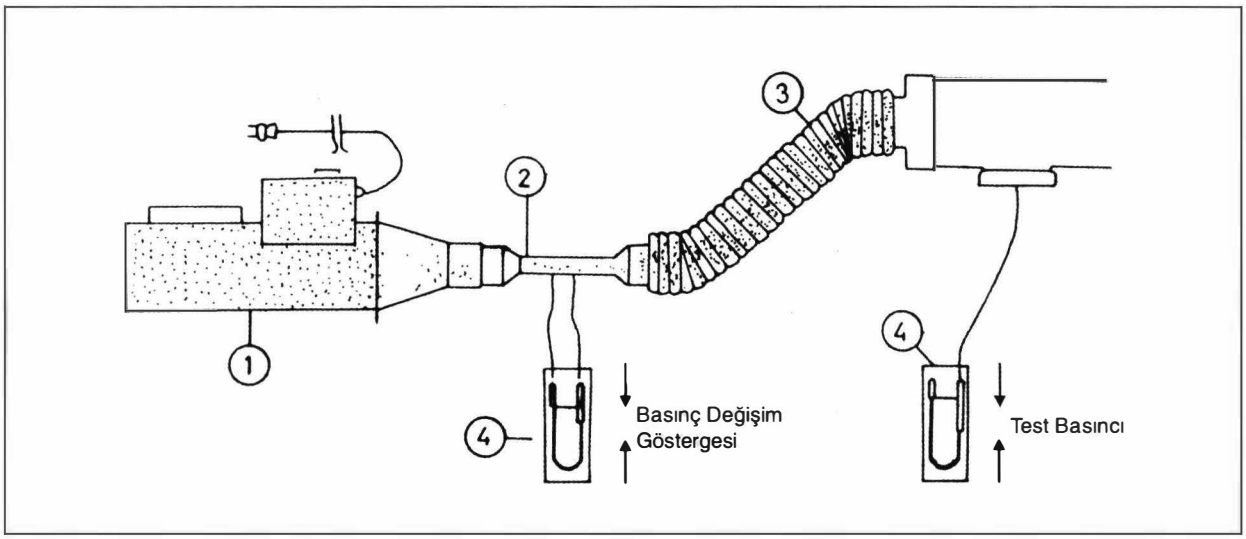
Tablo 2.392. HAVA MİKTARINA GÖRE SIZDIRMA ORANI



Şekil 3. 293. AVRUPA STANDARTLARINDA SIZDIRMAZLIK SINIFLARI

Sistem toplam maliyetlerinin optimize edilmesi açısından, kanal kesitlerinin büyümesi fanlardaki enerji giderlerini azaltırken; ısı kayıp veya kazançlarını artırarak kazan veya chillerin enerji giderlerini arttırır. Şartlandırılmış ortamlardaki kanallarda ise ortamdan olan kazançlar nedeniyle hava miktarlarında ayarlama yapmak gerekir.

Soğuk yüzeylerdeki yoğuşma olayı, yalıtımı gerektiren bir başka önemli nedendir. Sıcak hava taşıyan kanallar ve sıcak su taşıyan borularda izolasyon sadece ısı tasarrufu nedeniyle yapılır. Eğer kanal ve boru içinde taşınan akışkanın sıcaklığı düşükse ve bu kanal/boru daha sıcak ve nemli ortamlardan geçiyorsa, bu durumda soğuk kanal/boru yüzeylerinde nemin yoğuşma ihtimali vardır. Eğer kanal/boru yüzey sıcaklığı, ortamın çiğ noktası (yoğuşma) sıcaklığından daha düşükse yoğuş-



Şekil 3.294. POZİTİF BASINÇ ALTINDA SIZDIRMAZLIK TESTİ

ma gerçekleşir. Bu hem korozyon açısından, hem de hijyen ve temizlik açısından istenmeyen bir durumdur. Yoğuşmanın önlenmesi için soğuk akışkan taşıyan kanal ve boruların dıştan yalıtımı gerekir. Isı yalıtım tabakasının yüzeyindeki sıcaklık, ortamın çiğ noktası sıcaklığından daha yüksek olacak şekilde yalıtım tabakası kalınlığı seçilir. Genellikle ısı kazancının azaltılması için gerekli ekonomik yalıtım kalınlığı, yoğuşmanın önlenmesi için gerekli kalınlıktan daha fazladır.

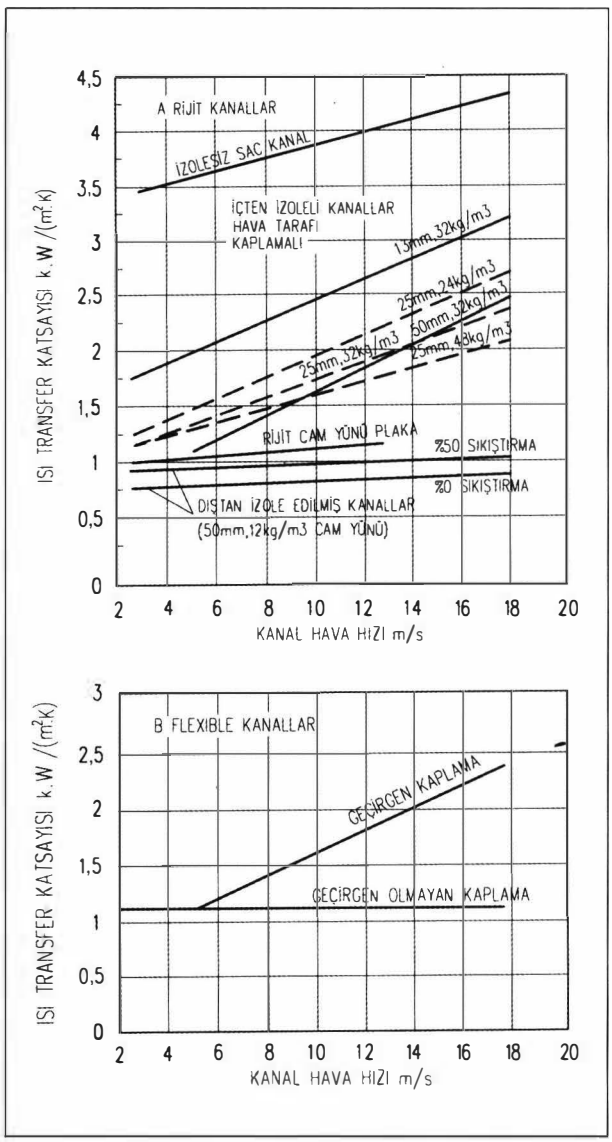
Soğuk akışkan taşıyan kanal ve borularda ısı yalıtımı (ve yoğuşmanın önlenmesi) için kullanılacak malzemenin cinsi önemlidir. Eğer bu amaçla cam yünü gibi lifli ve açık hücreli yapısı olan izolasyon malzemesi kullanılırsa, havadaki nem, izolasyon tabakası içerisinde difüzyonla ilerler ve sıcaklığın yoğuşma sıcaklığı altına indiği noktada yoğuşur. Böylece izolasyon malzemesi ıslanır ve kısa zamanda fonksiyonunu yerine getiremez duruma gelir. Bu nedenle soğuk akışkan taşıyan boru ve kanal izolasyonunda, kapalı hücreli izolasyon malzemesi, örneğin polietilen köpük malzeme veya elastomerik kauçuk köpüğü kullanılmalıdır.

Isı yalıtımı ile ilgili akışkan sıcaklığına bağlı tercih; sıcak hatlarda (100 °C'den yüksek) cam veya kaya yünü malzeme, soğuk hatlarda (10 °C'den düşük) polietilen köpük veya elastomerik kauçuk köpüğü malzeme, ikisi arasındaki ılık hatlarda ise her iki tür malzeme şeklinde olmalıdır.

Tasarım ve uygulamalarda kanallar ve borular birbirine çok yakın planlanmamalıdır. Çünkü dar ve sıkışık bölgelerde hava sirkülasyonu azalmaktadır.

3.7.4.9. Yangın ve Duman Kontrolü

Kanal sistemi duman, sıcak gazlar ve yangını bir bölümden diğer bölüme taşıyabileceğinden, sistem tasarımında yangın güvenliği esas kriterlerden biridir. Kanal tasarımı ve sistemde kullanılan bileşenler, yangın gü-



Şekil 3.295. KANAL ISI TRANSFER KATSAYILARI

venlik standartlarına uygun olmalıdır. Bu alanda NFPA 90 A Standardı örnek verilebilir.

Kanal sisteminde kullanılan yangın güvenliği ile ilgili en önemli bileşenlerden biri yangın damperleridir. Yangın damperleri 1,5 ila 3 saat arasında yangına dayanıklı olarak sınıflandırılırlar. Duman damperleri ise sıcaklığa ve sızdırmazlık değerlerine göre sınıflandırılırlar.

Yangından korunma ve duman kontrolü ile ilgili daha detaylı bilgi 2000 ASHRAE Handbook - Systems and Equipment 2. Bölüm, 1997 ASHRAE Handbook - Fundamentals 26. Bölüm, NFPA Fire Protection Handbook (1991)'de ilgili bölümde bulunabilir.

3.7.4.10. Kanallarda Ses ve Titreşim

Kanal tasarımının son aşamalarında akustik bir önlem alınıp alınmayacağı analiz edilmelidir. Eğer gerekli ise susturucular, kanal kaplamaları, titreşim izolatörleri gibi bileşenler sisteme dahil edilmelidir. Gerekli akustik önlemlerin alınması halinde, kanal sisteminin hesapları yeniden gözden geçirilerek gerekli düzeltmeler yapılmalıdır.

Kanal sisteminde ana ses ve titreşim kaynağı fanlardır. Daha sonra menfezler, bağlantı parçaları ve kanalın kendisi gelir. Ses ve titreşim kontrolü ile ilgili olarak ASHRAE Handbook 1999 Bölüm 42. SMACNA HVAC Systems Duct Design Bölüm 11'e bakılmalıdır.

3.7.4.11. Test, Ayar ve Balans (TAB)

Kanal sistemi tasarım işleminde en önemli adımlardan biri, sistemin tamamlanmasından sonra sistemdeki hava akışının ölçülmesi, ayarlanması ve dengelenmesi için gerekli fiziksel imkânların yaratılmasıdır. Bu amaçla ulaşılabilir alanlarda yeterli uzunlukta düz kanal gidişleri oluşturmak, kritik kanal hatlarına ayar damperleri koymak, alınması gereken önlemler arasında sayılabilir. Konstrüksiyonu takiben TAB personeli, bu imkânları kullanarak kanallardaki hava debilerini ölçebilir ve gerekli ayarları damperler yardımı ile yapabilir.

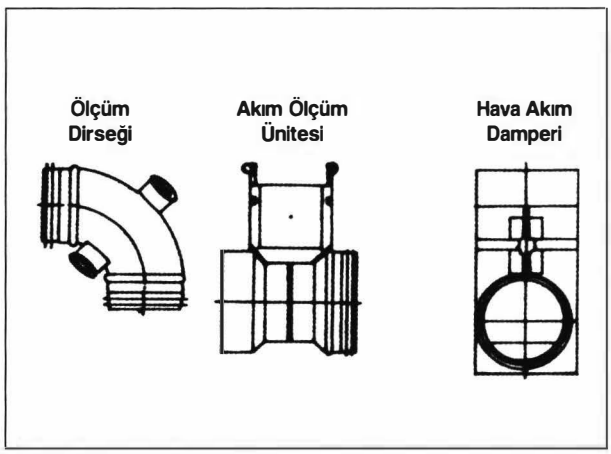
Bu konu ile ilgili ASHRAE Handbook 1999 Bölüm 34'e başvurulabilir.

3.7.4.12. Yuvarlak Kanallarda Hava Debisi Ölçümü

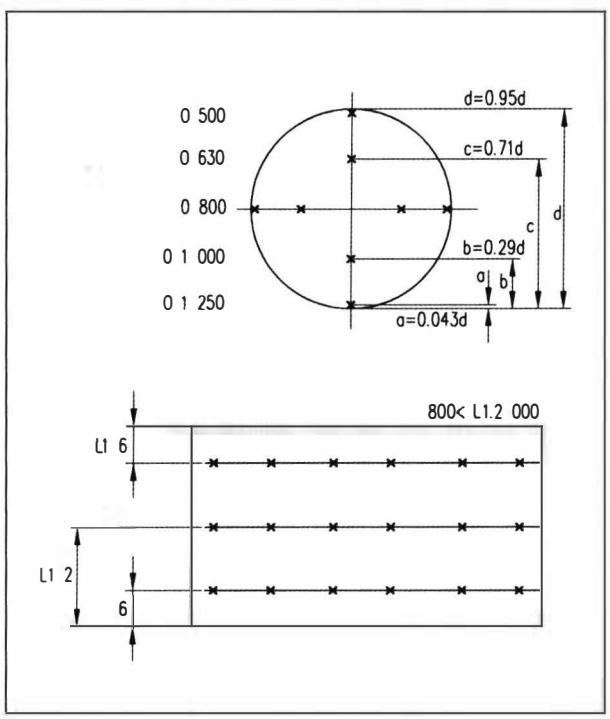
Yuvarlak bir kanaldan geçen hava debisinin ölçülmesi, dikdörtgen kesitli bir kanala göre daha kolaydır. Hazır yuvarlak kanal üretiminde, bu amaçla üretilmiş bağlantı parçaları vardır. *Şekil 3.296*'da görülen, özel olarak tasarlanmış hava debisi ölçüm parçaları, hazır kanal üreticilerinden sağlanabilir.

Bu hassas fakat pahalı olmayan bileşenleri, kanal sistemi tasarımında kullanarak, işletmeci ve uygulayıcıya hava debisini sürekli olarak ölçme veya kontrol etme imkânı yaratılmalıdır. Bu bileşenlere takılacak sürekli monitörlerle veya zaman zaman ölçümler yaparak sistemdeki hava akımı dengesi sürekli korunabilir. Bu bileşenler kullanıldığında, sadece bağlantı noktaları arasındaki basınç farkını ölçmek yeterlidir. Hazır diyagramlar yardımı ile buradan debiye geçilebilir.

Öte yandan kontrol amacı ile şantiyede hız ölçümleri yapılması yuvarlak kanal ile tasarlanmış sistemlerde daha kolaydır. Klasik Prandtl yöntemi kullanıldığında, yuvarlak kanallarda boyuttan bağımsız olarak sadece iki delik açılması yeterlidir. Bu iki delikten *Şekil 3.297*'de görüldüğü gibi iki eksen boyunca belirli noktalarda hız ölçmek yeterlidir. Halbuki dikdörtgen kesitli kanallarda, hız ölçümü için daha çok deliğe ihtiyaç bulunmaktadır. Kanal ne kadar büyük olursa delik sayısı ve ölçüm noktası sayısı o kadar artacaktır.



Şekil 3.296. HAVA DEBİSİ ÖLÇME ELEMANLARI



Şekil 3.297. HIZ ÖLÇME NOKTALARI

3.7.4.13. Dirsekler ve Yönlendirici Kanatlar

Dirsek tarifinde en önemli büyüklük eğrilik oranı R/W değeridir. Burada dikdörtgen kanalın eğrilik yarıçapı ile aynı düzlemde olan W boyutu (genişliği) önemlidir (*Şekil 3.298*). Yuvarlak kanallarda ise W yerine kanal çapı kullanılacaktır. 90°'den daha küçük dirseklerde kaybın, dönme açısı ile orantılı olduğu kabul edilebilir. Dolayısı ile 45° bir dirsekte kayıp, aynı büyüklükteki 90° dirsekteki kaybın yarısı kadardır.

Eğer bir dirsek, eşdeğer çapın en az dört misli uzunlukta düz bir kanal parçası ile devam ediyorsa ve eğrilik oranı R/W değeri, 1 veya daha büyükse yönlendirici kanatlara gerek yoktur. Dolayısı ile eğer yer yeterli ise, R/W oranı 1 olan kanatsız bir dirsek kullanılmalıdır.

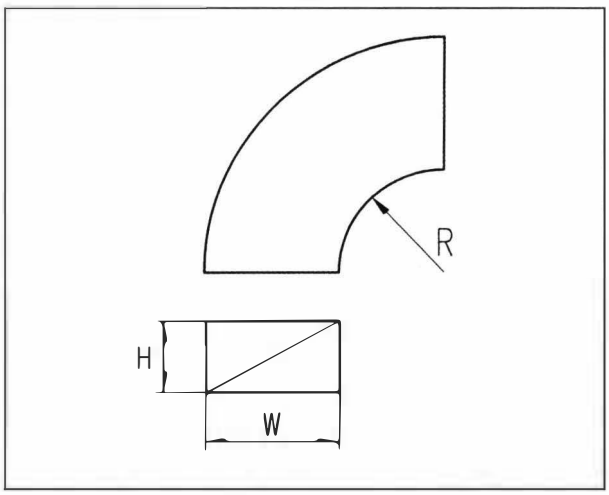
Eğer yer durumu eğrilik oranının 1 değerinden daha az olmasını gerektiriyorsa, kanatlar kullanılabilir. Dirsekten hemen sonra kanal atmosfere açılıyorsa veya başka bir bağlantı parçası geliyorsa, yönlendiricidir kanatlar mutlaka kullanılmalıdır.

Tek yönlendirici kanat kullanımı daha yaygındır. İki yönlendirici kanat ise daha az kullanılırımı. Yönlendirici kanatlar, ana dirseği adeta iki veya daha fazla sayıda, R/W oranı daha büyük olan dirseklere ayırmış ve kaybını azaltmış olurlar. Bu durum *Şekil 3.299*'de açıkça görülmektedir.

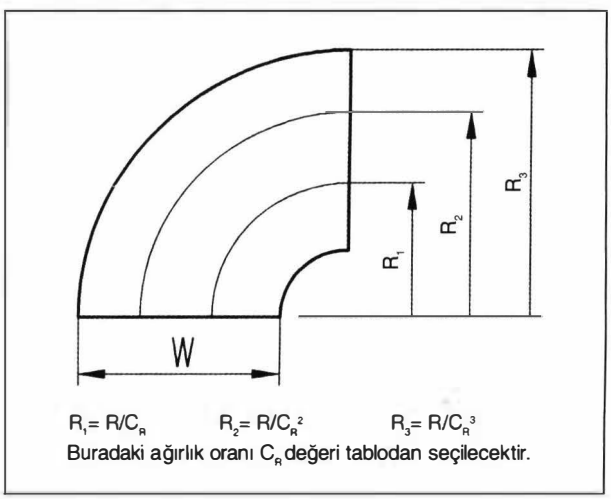
Şekil 3.299 ve *Tablo 3.300* yardımı ile hem yönlendirici kanat yerleşim yerleri hem de kayıp katsayısı değerleri belirlenebilir.

Bu şekilde tariflenen R/W oranı eğer 0,25 değerinde ve H/W oranı 2 değerinde ise eğrilik oranı CR, kanat yerleri R_1, R_2 ve R_3 ve kayıp katsayısı C değerleri *Tablo 3.300*'de verilmiştir.

Buna göre kanatsız halden 2 kanatlı hale gidildiğinde, tablodan görüldüğü gibi, basınç kayıp katsayısı 0,39 değerinden 0,04 değerine inmektedir.



Şekil 3.298. YÖNLENDİRİCİ KANATLAR



Şekil 3. 299 YÖNLENDİRİCİ KANAT YERLEŞİMİ

Kanat Sayısı	C_R	R_1	R_2	R_3	C
Kanatsız	-	-	-	-	0,39
1 Kanatlı	0,447	2,23 R	-	-	0,11
2 Kanatlı	0,585	1,71 R	2,92 R	-	0,04
3 Kanatlı	0,669	1,49 R	2,23 R	3,33 R	0,02

Tablo 3.300. YÖNLENDİRİCİ KANAT TABLOSU

3.7.4.14. Kanal Boyutlandırması Hesap Esasları

Bir kanaldaki hava akışı teorik olarak Bernoulli Denklemi ile ifade edilebilir. Kanal içindeki akış için yükselti farkı ihmal edilirse, 1 ve 2 noktaları arasında Bernoulli Denklemi:

$$\Delta p = \left(P_{s1} + \frac{\rho . V_1^2}{2.gc}\right) - \left(P_{s2} + \frac{\rho . V_2^2}{2.gc}\right) \qquad (1)$$

olarak yazılabilir. Burada,

ΔP = Sürtünmeye ve dinamik kayıplara bağlı 1 ve 2 noktaları arasındaki toplam basınç kaybı, (Pa)

P_{s1} ve P_{s2} = Söz konusu noktalardaki statik basınçlar, (Pa)

V_1 ve V_2 = Söz konusu noktalardaki hava hızı, (m/s)

ρ = Kanal içindeki havanın yoğunluğu, (kg/m^3)

gc = Boyut sabiti, [1 kg.m/N.s^2)]

Bu ifadedeki $V^2/2$ terimi dinamik basınç veya basıncı olarak isimlendirilir ve

$$P_v = \rho . V^2/2 \qquad (2)$$

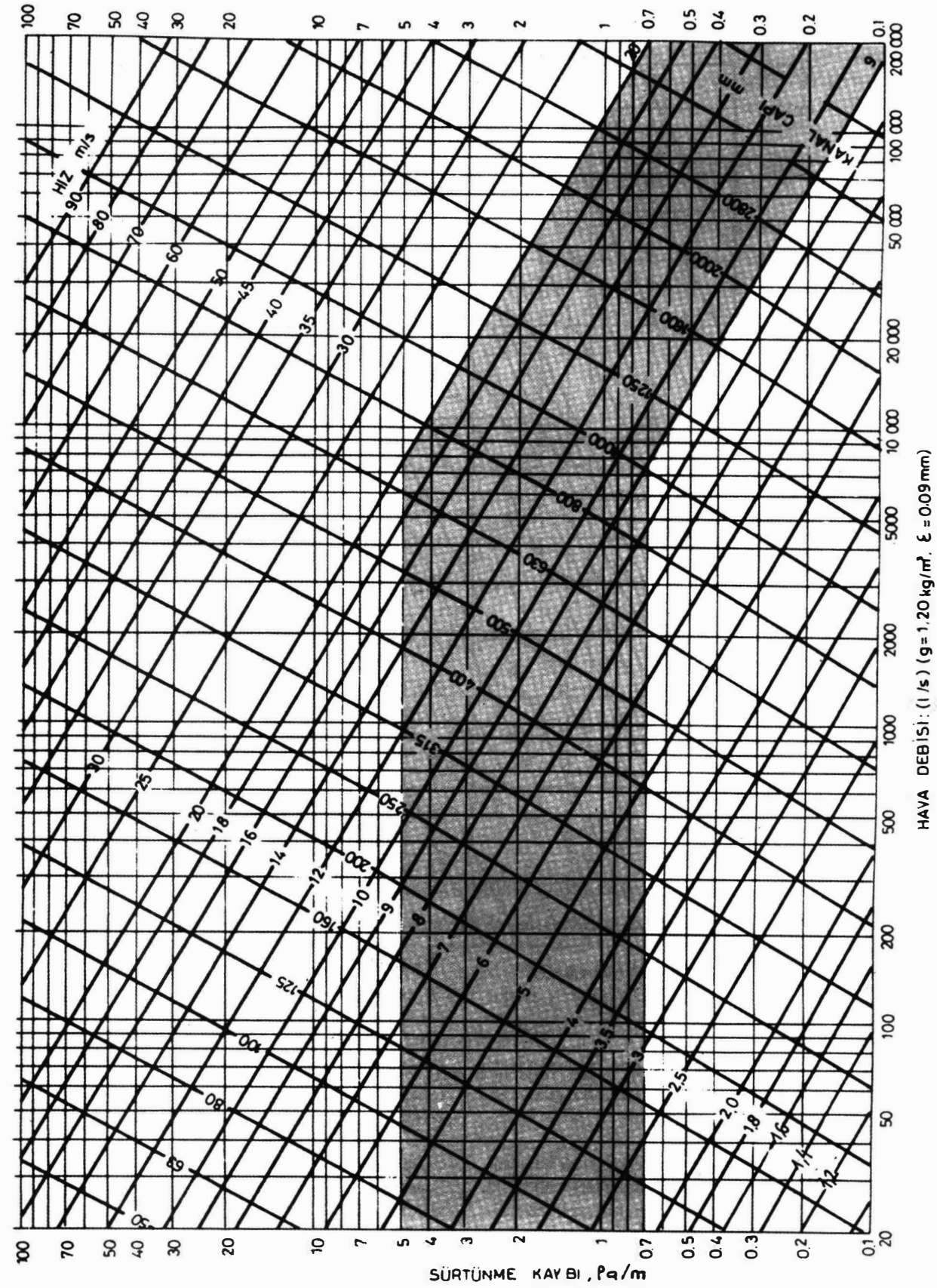
şeklinde gösterilir. Standart şartlardaki hava için hız basıncı,

$$P_v = 0{,}602.V^2 \qquad (3)$$

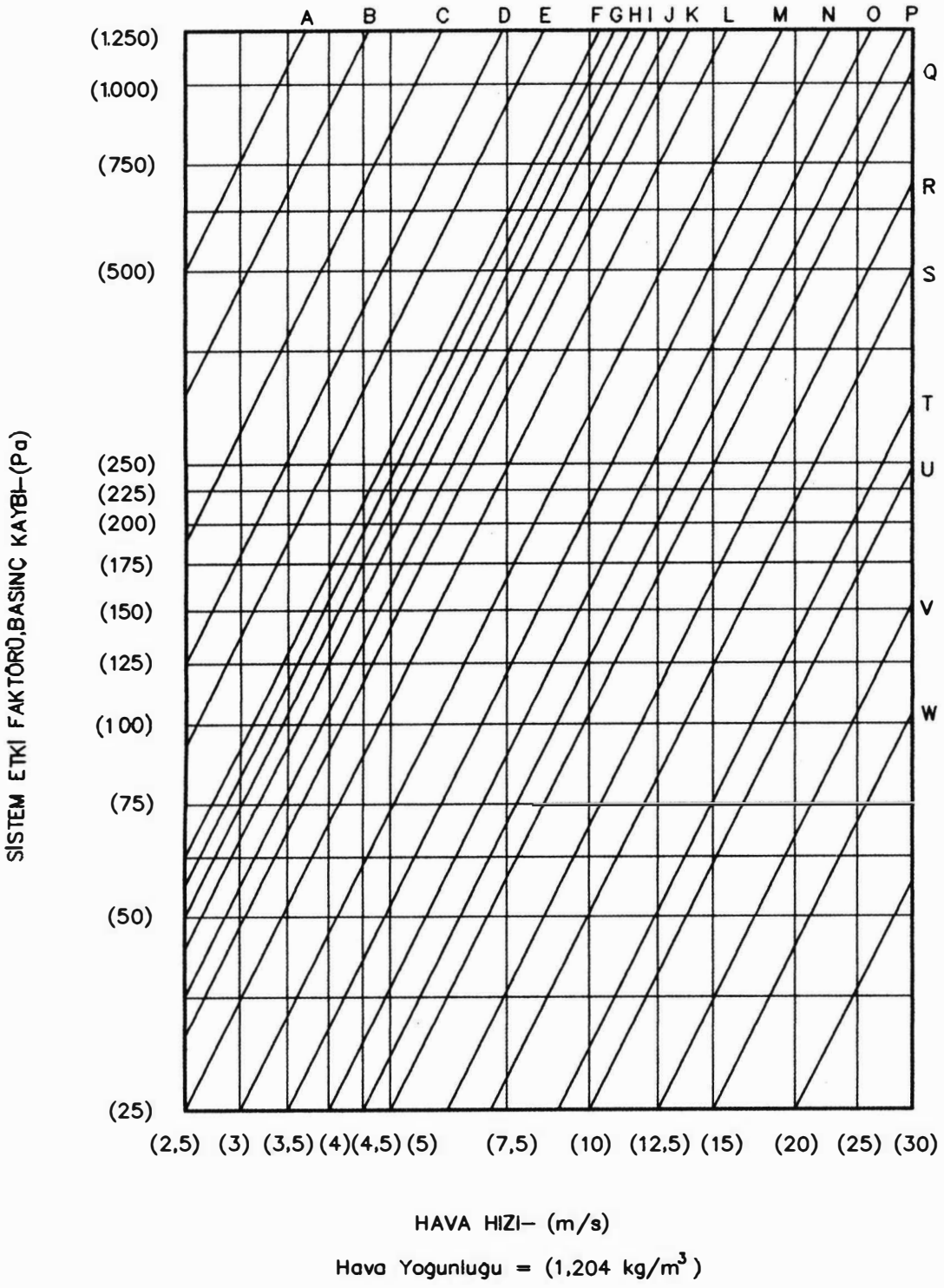
olarak bulunur. V burada m/s olarak hava hızıdır. Hız basınç değerleri bu ifadeden hesaplanabileceği gibi *Ek 3.3 Tablo 1*'de hıza göre tablo halinde de verilmiştir. Buna göre akışkanın herhangi bir noktasındaki toplam basınç,

$$P_t = P_s + P_v \qquad (4)$$

olarak statik ve dinamik basınçların toplamı şeklinde ifade edilir.



Şekil 3.301. SÜRTÜNME DİYAGRAMI



Şekil 3.302. SİSTEM ETKİ EĞRİLERİ

3.7.4.15. Akışa Göre Direnç

Akış sırasında akışkanın mekanik enerjisi kayıplarla ısıya dönüşür. Sürtünme kayıpları ve dinamik kayıplar olarak iki tip kayıp vardır.

a. Sürtünme Kayıpları

Akışkanın viskozitesine bağlı olarak, gerek kanal cidarları ile gerekse akışkanın kendi molekülleri arasındaki sürtünmeler dolayısı ile oluşan kayba sürtünme kaybı denir. Sürtünme kaybı Darcy Kanununa göre;

$\Delta P_f = (f.L/Dh).\ \rho.V^2/2$ ifadesine göre hesaplanabilir. Burada:

ΔP_f = Sürtünme kaybı, (Pa)

f = Birimsiz sürtünme kayıp katsayısı

D_h = Kanal hidrolik çapı, (m)

L = Kanal uzunluğu, (m) olarak gösterilmiştir.

Bu ifadedeki boyutsuz sürtünme katsayısı, cidarın pürüzlülüğüne, akışkan cinsine, kanal çapına ve akışın Re sayısına bağlıdır. Sürtünme kaybının bulunabilmesi için standart sürtünme diyagramları hazırlanmıştır. Yuvarlak galvanizli sac kanallardan geçen standart hava için hazırlanan sürtünme diyagramı *Şekil 3.301*'de verilmiştir. Bu diyagram yardımı ile standart kanallardaki hava debisi ve kanal çapı biliniyorsa, kanaldaki hava hızını ve kanalın birim uzunluğu başına özgül sürtünme kaybını bulmak mümkündür.

Eğer dikdörtgen kanallar söz konusu ise *Ek 3.3 Tablo 2* yardımı ile eşdeğer kanal çapı bulunabilir.

Standart malzeme dışındaki malzemelerden yapılan kanallardaki sürtünme kayıplarının bulunması için *Ek 3.3 Şekil 3*'de görülen düzeltme katsayıları diyagramı kullanılabilir. Bu diyagramda kanal malzemesinin *Ek 3.3 Tablo 4*'de tarif edilen pürüzlülük derecesine ve çap değerine göre kullanılabilecek düzeltme faktörü verilmiştir. *Şekil 3.301*'deki diyagramdan okunan özgül sürtünme kaybı değeri, *Ek 3.3 Şekil 3*'ten okunan düzetme katsayısı ile çarpılmalıdır.

Eğer kanal içindeki hava yoğunluğu standart şartların dışında ise (500 m deniz seviyesinden daha yüksek ve sıcaklık 40°C'den daha fazla), *Ek 3.3 Şekil 5*'de e verilen düzeltme katsayıları kullanılmalıdır.

b. Dinamik Kayıplar

Dinamik kayıplar (yerel kayıplar), çeşitli bağlantı bileşenlerinde akışın yön veya kesit değiştirmesi dolayısı ile ortaya çıkar. Bu bağlantı bileşenleri arasında giriş ve çıkış ağızları, kesit değiştiriciler (redüksiyonlar) birleşme ve ayrılmalar ve dirsekler sayılabilir.

Bu bileşenlerde ortaya çıkan basınç kaybı karakteristik bir katsayı ile ifade edilir. Yerel kayıp katsayısı denilen bu katsayı,

$$C = \Delta P/P_v \qquad (5)$$

şeklinde tanımlanmaktadır. Burada;

C = Yerel kayıp katsayısı, (birimsiz)

ΔP = Bağlantı elemanındaki toplam basınç kaybı, (Pa)

P_v = Hız basıncı (Dinamik basınç), (Pa)

Buna göre C katsayısı biliniyorsa, elemandaki kayıp,

$$\Delta P = C.P_v = C.\ \rho.\ \frac{V^2}{2} \qquad (6)$$

ifadesinden bulunabilir.

Ayrılma (ve birleşme) bileşenleri hariç herhangi bir parçadaki dinamik kayıp hesaplanırken, parçanın tablolarda belirtilen kesiti esas alınır ve $\Delta P = Co\ .\ Pv,o$ olarak hesaplanır.

Burada (o) indisi söz konusu kesiti ifade etmektedir. Söz konusu kesitteki hız basıncı ve kayıp katsayısı kullanılacaktır.

Çeşitli bileşenlere ait yerel kayıp katsayıları *Ek 3.4*'deki tablolarda verilmiştir. Bir ayrılma elemanındaki basınç kaybı hesaplanırken düz (ana) hattaki dinamik kayıp;

$\Delta P = C_{c,s}\ .\ P_{v,c}$

Ayrılan hattaki dinamik kayıp;

$\Delta P = C_{c,b}\ .\ P_{v,c}$

olarak alınır. Burada sırası ile:

$P_{v,c}$ = Girişteki hız basıncı,

$C_{c,s}$ = Düz koldaki yerel kayıp katsayısı,

$C_{c,b}$ = Ayrılan koldaki yerel kayıp katsayıdır.

Kanal Bağlantı Bileşenleri İçin Veri Tabanı

Bilgisayarlar yardımı ile kanal hesaplarının yapılabilmesi için, bağlantı bileşenlerinin dinamik kayıp katsayılarına gereksinim duyulur. Bu amaçla ASHRAE (1997) tarafından 228 yuvarlak ve dikdörtgen kanal bağlantı elemanı için bir veri tabanı geliştirilmiştir. Kanal hesaplarında bu veri tabanından yararlanılabilir.

Kanal Sistemi Bölümlerindeki Kayıplar

Kanal sisteminin herhangi bir bölümündeki toplam basınç kaybı, söz konusu bölümdeki sürtünme kayıpları ile dinamik kayıpların toplamına eşittir.

Dolayısı ile iki ifadeyi birleştirerek bir kanal bölümündeki toplam kaybı,

$\Delta P = (f.L/D_h + \Sigma C).\ \rho.V^2/2$

şeklinde ifade etmek mümkündür.

Eğer elle hesap yapılacak ise genellikle yukarıdaki ifadeye uygun olarak hazırlanmış hesap tabloları kullanılır. Bu tablolar ve bunların doldurulması örnek hesaplarda gösterilmiştir.

3.7.4.16. Fan – Sistem Etkileşimi

Fan performans verileri, uygulamada ölçülenlerden farklı olmaktadır. Fan testleri sırasında giriş serbesttir. Çıkışta ise çıkışla aynı kesitte ve yeteri kadar uzunlukta düz kanal bulunur. Bu, fan performansı açısından en uygun durumdur.

Halbuki uygulamada fan giriş ve çıkışında uygun olmayan bağlantılar söz konusudur. Bu durumda hesaplanan sistem hava debisi ve basınç kaybına göre seçilecek fan yetersiz kalacaktır. Bunun önlenmesi için fan-sistem etkileşimini dikkate alan ilave basınç kaybı göz önüne alınmalıdır.

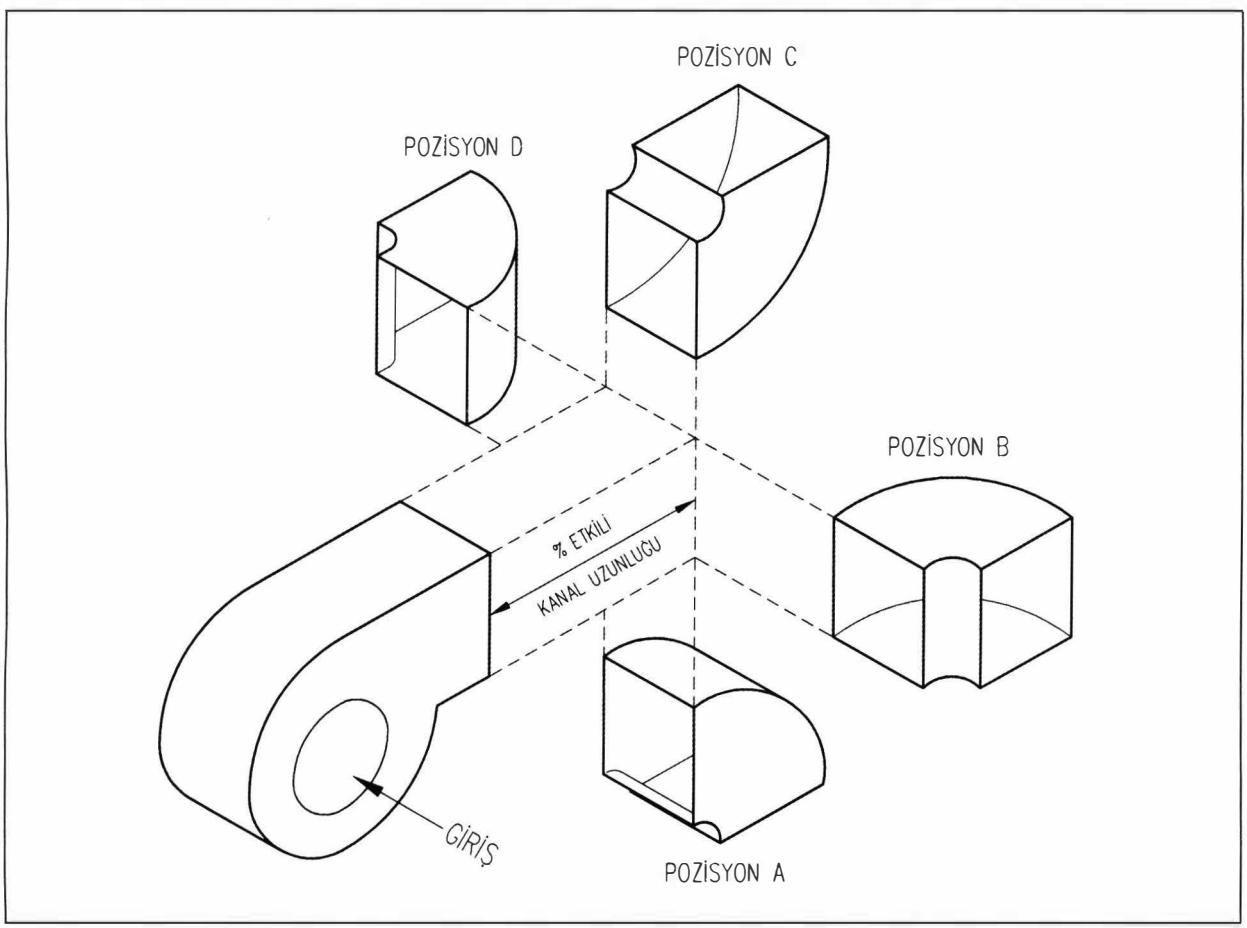
Burada sözü edilen fan-sistem etkileşimi, tesisin tamamlanmasından sonra, test ve ayar işlemi sırasında ölçülemez. Bu nedenle tasarım sırasında sistem etkisi

hesaplanıp fan seçimi buna göre yapılmalıdır.
Sistem etkisinin belirlenmesi amacı ile AMCA 201 no.lu yayından alınan değerler *Şekil 3.302*'de verilmiştir. Bu şekilde çeşitli harflerle gösterilen 24 sistem eğrisi görülmektedir.
Fan giriş veya çıkışındaki hız yardımı ile, ilgili eğriden sistem etkisi olarak ifade edilen, basınç kaybı okunabilir.
Fan çıkış ağız etkileri için *Şekil 3.303* ve *Tablo 3.304-A* ve *Tablo 3.304-B*'den yararlanılabilir. *Tablo 3.304-A*'da görülen üfleme alanı/çıkış ağzı alanı oranı için fan kataloglarına başvurulmalıdır. Hem bu oranın tarifi ve hem de etkin kanal uzunluğu yüzdesi *Şekil 3.304-B*'de verilmiştir.
Debi kontrolu için fan çıkışında damper kullanılacak ise bunlar "çapraz kanatlı" tipte olmalıdır. Fan girişlerindeki sistem etkileri ile ilgili olarak *Şekil 3.306*, dikdörtgen kesitli kanal bağlantıları için *Şekil 3.307*, plenum ve kapalı kabin içine yerleştirilmiş fanlar için *Şekil 3.308* kullanılabilir. Bu şekiller yine *Şekil 3.302* ile birlikte kullanılacaktır. Fan girişinde ortaya çıkabilecek bir dönme hareketi fan performansını önemli ölçüde değiştirir. Bunun için düzeltici kanatlar kullanılması tavsiye edilir. *Şekil 3.309*'da çeşitli düzeltici kanat yerleşimleri gösterilmiştir.
Sistem etkisi genellikle pek çok faktöre bağlıdır. Yukarıda verilen değerlerin fikir vermek amacı ile ortalama değerler olduğu ve eğer mevcutsa bu konuda üretici kataloglarındaki değerlerin kullanılması tavsiye edilir.

3.7.4.17. Kanal Boyutlandırma Yöntemleri

Kanal tasarımında genel prosedür aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Bina planları çalışılır. Her mahale en uygun hava dağıtımını temin edecek besleme ve dönüş açıklıklarının yerleri belirlenir. Hesaplanan hava debilerinde ısı kazancı ve sızmalar nedeniyle gerçekleşebilecek düzeltmeler yapılır. Ayrıca ortam basınçlandırılması öngörülüyor ise, mahal için toplam besleme ve emiş havası miktarları kontrol edilir.
- Üfleme açıklıklarının boyutları üretici kataloglarından belirlenir.
- Üfleme açıklıklarıyla hava girişi arasındaki kanal sistemi çizilir. Merkezi şartlandırma cihazları da bu tasarım üzerinde gösterilmelidir. Kanal için bırakılan boşluklar genellikle kanal düzenlemesini ve şeklini belirleyen ana faktördür. Uygulanabilen yerlerde yuvarlak kanallar tercih edilmelidir.
- Kanal sistemi bölümlere ayrılır ve her bölüme bir numara verilir. Bölümlerin oluşturulmasında akı-



Şekil 3.303 KANAL DİRSEK ÇIKIŞLARI

şın, boyutun ve şeklin değiştiği noktalar esas alınır. Her bölümdeki bağlantı parçaları belirlenir.

- Seçilen hesap yöntemine göre kanal boyutlandırılır. Toplam basınç kaybı hesaplanır ve buna göre fan seçilir.
- Sistemin detaylı kanal çizimi yapılır. Değişiklik gerekiyorsa, buna göre yapılan hesaplarda bu değişiklik dikkate alınır.
- Ayrılma ve birleşme noktalarında basınç dengelemesinin gerçekleşmesi için, dağıtım hatları ve ana kanal bölümleri gerekiyorsa tekrar boyutlandırılır.
- Yapılan tasarım, hedeflenen gürültü düzeyi doğrultusunda analiz edilerek, gerekiyorsa susturucular seçilir.
- Bu bölümde daha önce sözü edilen kanal boyutlandırma yöntemlerinden sadece ikisi üzerinde durulacaktır.

a. Eş Sürtünme Yöntemi

Bu yöntemde öncelikle birim kanal uzunluğu başına olan statik basınç kaybı yani özgül sürtünme kayıp değeri seçilir. Seçilen bu değer bütün kanal uzunluğu boyun-

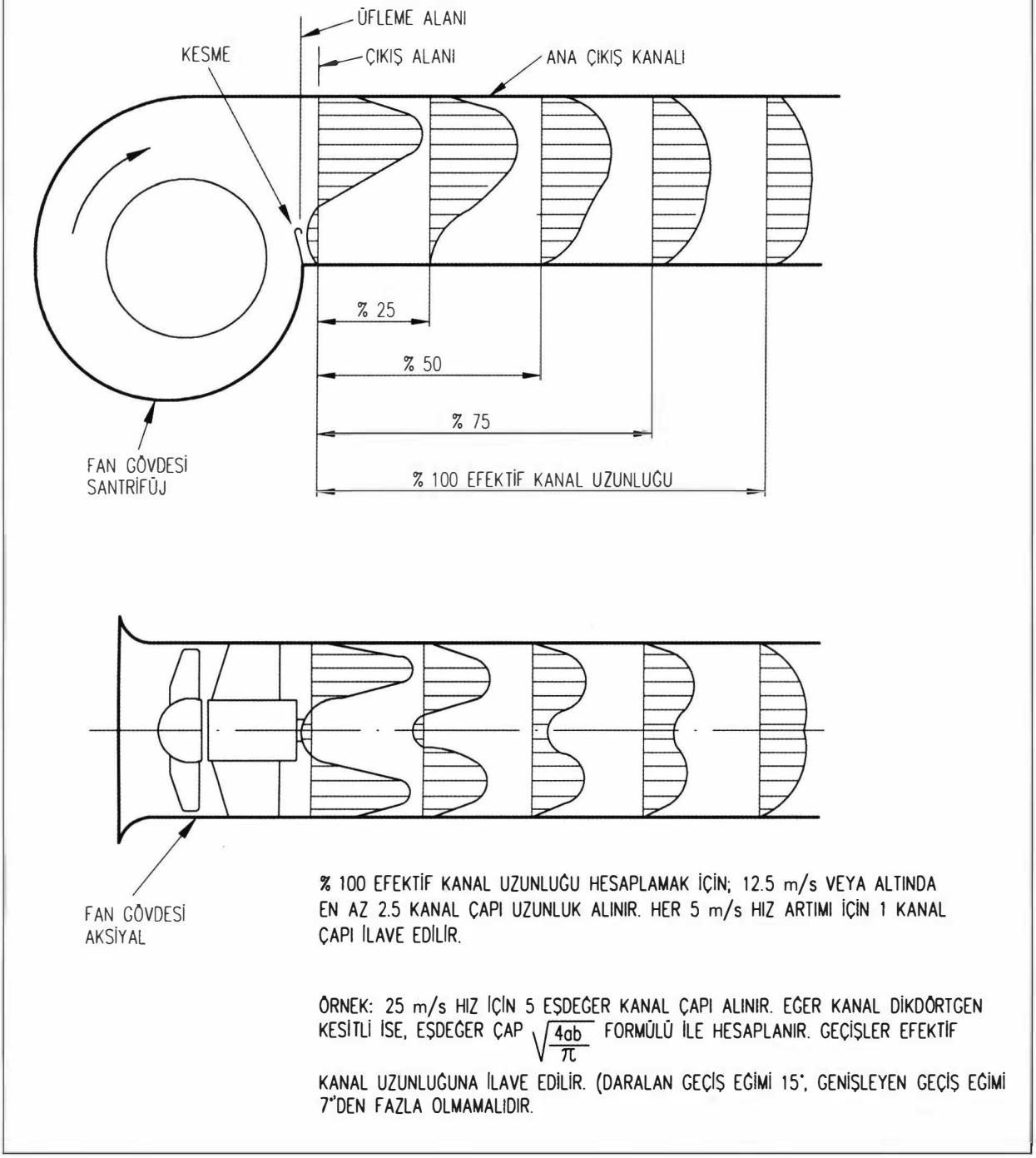
	Kanalsız	%12 Etkin Kanal	%25 Etkin Kanal	%50 Etkin Kanal	%100 Etkin Kanal
Basınç Geri Kazanma	%0	%50	%80	%90	%100
Üfleme Alanı Çıkış Alanı	**Sistem Etkisi Eğrisi**				
0,4	P	R-S	U	W	-
0,5	P	R-S	U	W	-
0,6	R-S	S-T	U-V	W-X	-
0,7	S	U	W-X	-	-
0,8	T-U	V-W	X	-	-
0,9	V-W	W-X	-	-	-
1,0		-	-	-	-

Tablo 3.304-A. ÇIKIŞ KANALLARI İÇİN SİSTEM ETKİSİ EĞRİLERİ

Üfleme Alanı Çıkış Alanı	Çıkış Dirseği Pozisyonu	Çıkış Kanalı Yok	%12 Etkin Kanal	%25 Etkin Kanal	%50 Etkin Kanal	%100 Etkin Kanal
0,4	A B C D	N M L-M L-M	O M+N M M	P-Q O N N	S R Q Q	Sistem Etkisi Faktörü Yok
0,5	A B C D	P N-O M-N M-N	Q O-P N-O N-O	R P-Q O-P O-P	T S R-S R-S	
0,6	A B C D	Q P N-O O	Q-R Q O-P P	R-S R P-Q Q-R	U T S S-T	
0,7	A B C D	S-T R-S Q-R R	T S R R-S	U T S S-T	W U U-V U-V	
0,8	A B C D	S R Q Q-R	S-T R-S Q-R R	T-U S-T R-S S	V-W U-V U U-V	
0,9	A B C D	S-T R-S R R-S	T S R-S S	U T S-T T	W V U-V V	
1,0	A B C D	R-S S-T R-S R-S	S T S S	T U T T	V W V V	

SWSI FANLAR İÇİN SİSTEM ETKİSİ FAKTÖRÜ EĞRİLERİ DWDI fanlar için yukarıdaki sistem etkisi faktörü eğrileri kullanılabilir.
Sistem etkisi faktörünü (ΔP) bulmak için ise, *Şekil; 3 300.*'de verilen değerler aşağıdaki katsayılar ile çarpılmalıdır.
Dirsek pozisyonu B = ΔP x 1,25 Dirsek pozisyonu D = ΔP x 0,08 Dirsek pozisyonu A ve C = ΔP x 1,00

Tablo 3-304-B. ÇIKIŞTAKİ DİRSEKLER İÇİN SİSTEM ETKİSİ FAKTÖRÜ EĞRİLERİ

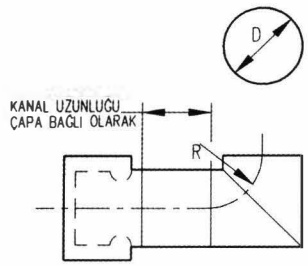


Şekil 3.305. KONTROLLÜ DİFÜZYON VE DÜZ ÇIKIŞ KANALINDA DÜZGÜN HIZ PROFİLİ TEŞKİLİ

ca sabit tutulacak şekilde kanal boyutlandırması yapılır. Seçilen bu sabit özgül sürtünme kayıp değeri, tamamen tasarımcının tecrübesine ve arzusuna kalmıştır.

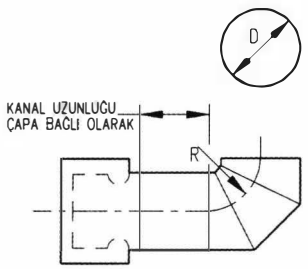
Bu değerin büyük seçilmesi, ilk yatırım maliyetlerini azaltırken, enerji maliyetlerini arttırır. Dolayısı ile maliyet değerlerine bağlı olarak optimum değer ülkeden ülkeye ve zaman içerisinde değişmektedir.

Kanal sistemi için bir ön proje şeması çizilir ve sistem bölümlere ayrılır. Kanal sisteminde kesitin değiştiği her yerde veya her dağıtım ayrımında veya birleşme noktasında yeni bir bölüm başlamalıdır. Hesap için her bir bölüme bir numara veya harf verilir. Ana besleme kanalını boyutlandırmak için, *Şekil 3.301* kullanılarak bir ilk hız değeri seçilir. Bu hız değeri, şekildeki grafikte gölgeli alan içinde seçilmelidir. Belirlenen hız değeri ve hava debisi yardımı ile *Şekil 3.301'*den özgül sürtünme kaybı okunur. **Alçak basınçlı kanal boyutlandırmalarında genel olarak tavsiye edilen kayıp değeri**



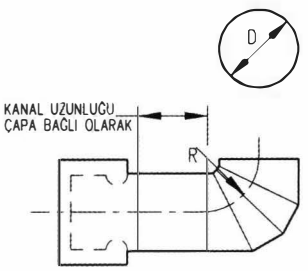
SİSTEM ETKİSİ EĞRİLERİ			
R/D	DÜZ KANALSIZ	2D DÜZ KANAL	5D DÜZ KANAL
–	N	P	R–S

o İKİ PARÇALI 90° YUVARLAK DİRSEK – KANATSIZ



SİSTEM ETKİSİ EĞRİLERİ			
R/D	DÜZ KANALSIZ	2D DÜZ KANAL	5D DÜZ KANAL
0.5	O	Q	S
0.75	Q	R–S	T–U
1.0	R	S–T	U–V
2.0	R–S	T	U–V
3.0	S	T–U	V

b ÜÇ PARÇALI 90° YUVARLAK DİRSEK – KANATSIZ



SİSTEM ETKİSİ EĞRİLERİ			
R/D	DÜZ KANALSIZ	2D DÜZ KANAL	5D DÜZ KANAL
0.5	P–Q	R–S	T
0.75	Q–R	S	U
1.0	R	S–T	U–V
2.0	R–S	T	U–V
3.0	S–T	U	V–W

c DÖRT VEYA DAHA ÇOK PARÇALI 90° YUVARLAK DİRSEK – KANATSIZ

Şekil 3.306. ÇEŞİTLİ SAYIDA PARÇALI KANATSIZ DİRSEKLER İÇİN SİSTEM ETKİSİ EĞRİLERİ

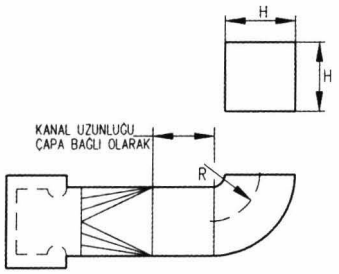
0,8-1,0 (Pa/m) mertebelerindedir. Ancak yukarıda da işaret edildiği gibi, değişen uygulama tipine ve şartlara göre, daha küçük veya büyük değerler de kullanılabilir. Sabit özgül sürtünme kaybı değeri belirlendikten sonra *Şekil 3.301* yardımı ile bütün kanal sistemindeki hava debileri ve eşdeğer yuvarlak kanal çapları bulunur.

Eğer kanal sisteminde farklı malzeme veya konstrüksiyon kullanılıyorsa, *Ek 3.3 Şekil 3* ve *Ek 3.3 Tablo 4* yardımı ile düzeltme katsayısı bulunarak özgül sürtünme kaybı düzeltilmeli ve bundan sonra eşdeğer yuvarlak kanal çapı, diyagramdan belirlenmelidir.

Eğer kanal sistemi yuvarlak kanallardan oluşuyorsa, boyutlar belirlenmiştir. Eğer dikdörtgen kanallar kullanılıyorsa, bulunan çap yardımı ile *Ek 3.3 Tablo 2*'den eşdeğer dikdörtgen kanal kesiti belirlenir.

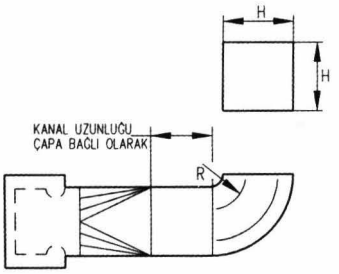
Kanal sistemi boyutlandırıldıktan sonra her bir bölümdeki sürtünme ve dinamik basınç kayıpları hesaplanır. Bu hesaplar *Şekil 3.311* doldurularak gerçekleştirilir. Bölümlerdeki kayıplar toplanarak gerekli fan basıncı bulunur.

Küçük ölçekli kanal sistemlerinde, **her hava çıkış ağzına veya terminal ünitesine kadar ölçülen toplam ba-**



a) KARE KESİTLİ DİRSEK – KANATSIZ

SİSTEM ETKİSİ EĞRİLERİ			
R/D	DÜZ KANALSIZ	2D DÜZ KANAL	5D DÜZ KANAL
0.5	O	Q	S
0.75	P	R	S–T
1.0	R	S–T	U–V
2.0	S	T–U	V

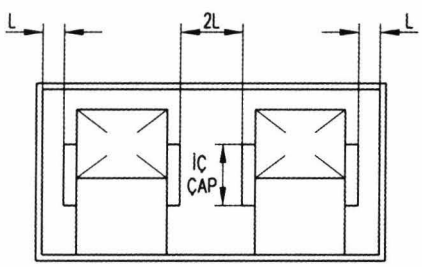


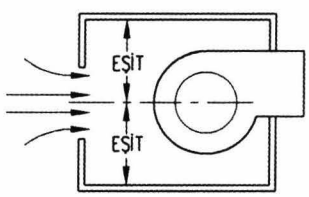
b) KARE KESİTLİ DİRSEK – 3 UZUN DÜZELTME KANATLI

SİSTEM ETKİSİ EĞRİLERİ			
R/D	DÜZ KANALSIZ	2D DÜZ KANAL	5D DÜZ KANAL
0.5	S	S–U	V
1.0	T	U–V	W
2.0	V	V–W	W–X

KARE KANALIN İÇ KESİT ALANI (HXH) FAN GİRİŞİNDEKİ YUVARLAK AĞIZ KESİT ALANINA EŞİTTİR.
HERHANGİ BİR DARALAN GEÇİŞ ELEMANINDA MÜSAADE EDİLEN EĞİM AÇISI 15° GENİŞLEYEN GEÇİŞ ELEMANINDA İSE 7,5° DEĞERİNİ AŞMAMALIDIR. $D=\frac{2H}{\sqrt{\pi}}$

Şekil 3.307. KARE KESİTLİ DİRSEKLER İÇİN SİSTEM ETKİLERİ





L MESAFESİ GİRİŞTEN DUVARA	SİSTEM ETKİSİ EĞRİLERİ
0.75 X GİRİŞ ÇAPI	V–W
0.5 X GİRİŞ ÇAPI	U
0.4 X GİRİŞ ÇAPI	T
0.3 X GİRİŞ ÇAPI	S
0.2 X GİRİŞ ÇAPI	R

Şekil 3.308. PLENUM VE KAPALI KABİNLERE YERLEŞTİRİLEN FANLARIN FARKLI DUVARDAN GİRİŞE MESAFELERİ İÇİN SİSTEM ETKİSİ EĞRİLERİ

sınç düşümleri arasındaki fark 12 (Pa) değerinden fazla olmamalıdır. Aynı şekilde büyük sistemlerde, her dağıtım hattının toplam basınç düşümleri arasında fark 12 (Pa) değerinden fazla olmamalıdır. Eğer basınç düşümleri arasındaki fark bundan fazla çıkarsa damper kullanılması gerekir. Damperler ise ses oluşumuna sebep oldukları için, dikkatli kullanılması gereklidir.

Simetrik olmayan kanal sistemlerinin boyutlandırılmasında, değiştirilmiş eş sürtünme yöntemi kullanılabilir. Kısa ve uzun hatların birarada bulunduğu sistemlerde, damper kullanımı yerine, kısa hatlarda daha büyük sürtünme kayıpları yaratılarak, sistemi dengelemek mümkündür. Bu amaçla sistemde bazı hatlarda daha büyük özgül sürtünme kaybı değerleri kullanılabilir. Kanal sisteminin ne kadar iyi tasarlandığına bakılmaksızın, yine de gerekli yerlerde (ana kanaldan ayrılan kolların başlangıcında veya plenum çıkışlarında) ayar damperi kullanılması tavsiye edilir.

Eş Sürtünme Yöntemi Uygulama Örneği

Eş sürtünme yönteminin uygulanmasına örnek olmak üzere *Şekil 3.310'*daki sistem ele alınmıştır. Hesap *Tablo 3.311* doldurularak yapılmıştır.

Ele alınan sistemde herbiri 4.000 l/s debide biri emiş, diğeri besleme olmak üzere iki fan bulunmaktadır. Dolayısı ile odalarda basınç nötr olmaktadır. Kullanılan menfez, anemostat gibi hava üfleme parçaları ihtiyaca göre seçilmiş ve bunlarla ilgili gerekli bilgiler şekil üzerine işlenmiştir.

Sistem, şekilde görülen bölümlere ayrılarak, yapılan hesaplar adım adım anlatılmıştır:

• Besleme Fanı Santralı

Üretici firma kataloglarından alınan bilgiler yardımı ile hava santralında bulunan ısı geri kazanım cihazı, filtre ve ısıtma serpantinlerindeki statik basınç kaybı değerleri *Tablo 3.311'*deki L kolonuna yazılmıştır.

Fanın kanal sistemine bağlantısı aynı çaplı ve düz bir kanalla gerçekleştirildiğinden çıkışta bir fan-sistem etkileşimi söz konusu değildir. Aynı şekilde girişteki kayıp da ihmal edilebilir. Sonuç olarak santral kayıp toplamı 225 (Pa) M kolonu, 3. satıra işlenir.

• Besleme Kanalları

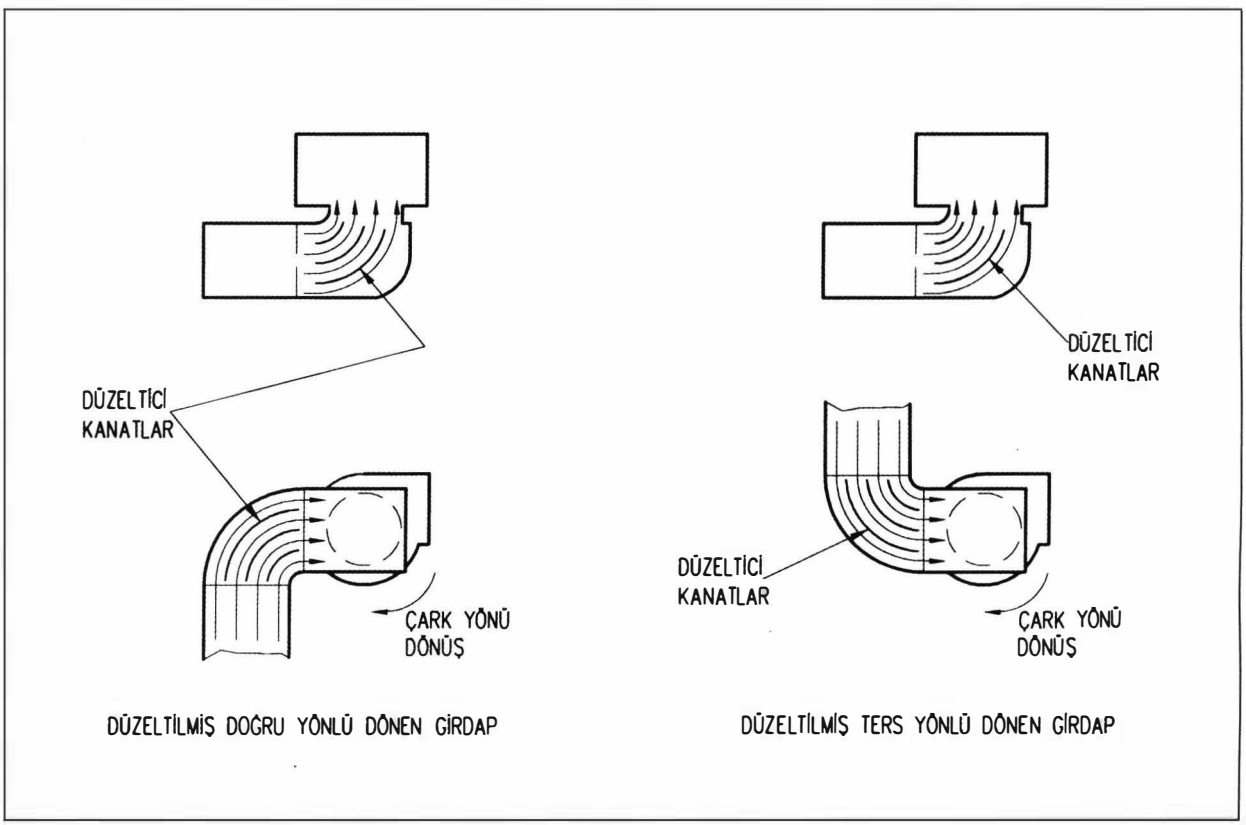
– BC Bölümü:

600 x 800 mm fan çıkış kanalı, eşdeğer çapı 755 mm olarak *Ek 3.3 Tablo 2*'den okunur.

Şekil 3.301 yardımı ile 4.000 l/s debi için 9,0 m/s hız ve 0,95 Pa/m özgül sürtünme kaybı seçilir. Bu bilgiler 4. satıra işlenir.

Ses yutulması amacı ile kanal E noktasına kadar içten cam yünü ile kaplanmıştır. Bu nedenle kanal boyutu 600 x 800 mm *işareti ile gösterilmiştir. Bu işaret kaplama hariç kanal serbest kesitinin 600 x 800 mm olduğunu belirtmektedir. Cam yünü kaplama orta kaba pürüzlülükte olup, *Ek 3.3 Şekil 3* ve *Ek 3.3. Tablo 4'*den düzeltme faktörü 1,35 elde edilir. Bu değer K kolonuna işlenir. Buna göre BC kanalındaki statik basınç kaybı;

$\Delta Ps = 3\ (m) \cdot 0{,}95\ (Pa/m) \cdot 1{,}35 = 3{,}8\ (Pa) = \sim 4\ (Pa)$



Şekil 3.309. GİRİŞ GİRDAPLARI İÇİN DÜZELTMELER

bulunur ve L kolonuna işlenir. Başka kayıp olmadığından aynı değer M kolonuna da işlenir.

– CE Bölümü:

(Bina konstrüksiyonu nedeniyle kanal boyutu değişik) Aynı özgül sürtünme kaybı, debi ve eşdeğer çap değerleri geçerli. Çaptan eşdeğer dikdörtgen kesit olarak 1.300 x 400 mm seçildi.

Statik basınç kaybı;

$\Delta P_s = 10 \cdot 0{,}95 \cdot 1{,}35 = 128{,}8$ (Pa) = ~ 13 (Pa)

Geçiş bağlantı parçası için kesitler;

$A_o = 600 \times 800 = 0{,}48\ m^2$ $A_1 = 1.300 \times 400 = 0{,}52\ m^2$

$A_1 / A_o = 0{,}52 / 0{,}48 = 1{,}08$ (Genişleyen kesit)

Girişte hız, $V = \dfrac{4.0\ m^3/s}{0.48\ m^2} = 8.3$ m/s

Ek 3.4 Şekil 5'den q = 30°, $A_1 / A_o = 2$ için C = 0,25

Hız basıncı, $P_v = 0{,}602 \cdot V^2$ ifadesi veya *Ek 3.3 Tablo 1*'den

$P_v = 41{,}8$ Pa

Sonuç olarak bağlantı parçasındaki dinamik kayıp,

$\Delta P_d = C.P_v = 0{,}25 \cdot 41{,}8 = 10{,}45$ Pa = ~ 10 Pa

Yangın damperi için üretici firma kataloğundan elde edilen basınç kaybı, $\Delta P_s = 15$ (Pa)

Bu L kolonundaki üç basınç kaybının toplamı (5,6 ve 7. satırlar) CE bölümündeki toplam kaybı verir.

$\Delta P = 38$ (Pa)

– EF Bölümü:

Bu bölümde debi 3.000 l/s ve özgül sürtünme kaybı yine 0,95 (Pa/m) olup,

Şekil 3.301'den kanal çapı = 676 mm ve hız = 8,4 m/s bulunur.

Eşdeğer dikdörtgen kanal boyutları 1.000 mm x 400 mm seçildi. Bu bölümde kaplama olmadığından düzeltme gerekmez.

Statik basınç kaybı;

$P_s = 6$ (m) . 0,95 (Pa/m) = 5,7 Pa = ~ 6 Pa

90° kanal ayrılma parçasındaki dinamik kayıp:

Kayıp katsayısının bulunabilmesi için

A_b / A_s , A_b / A_c ve

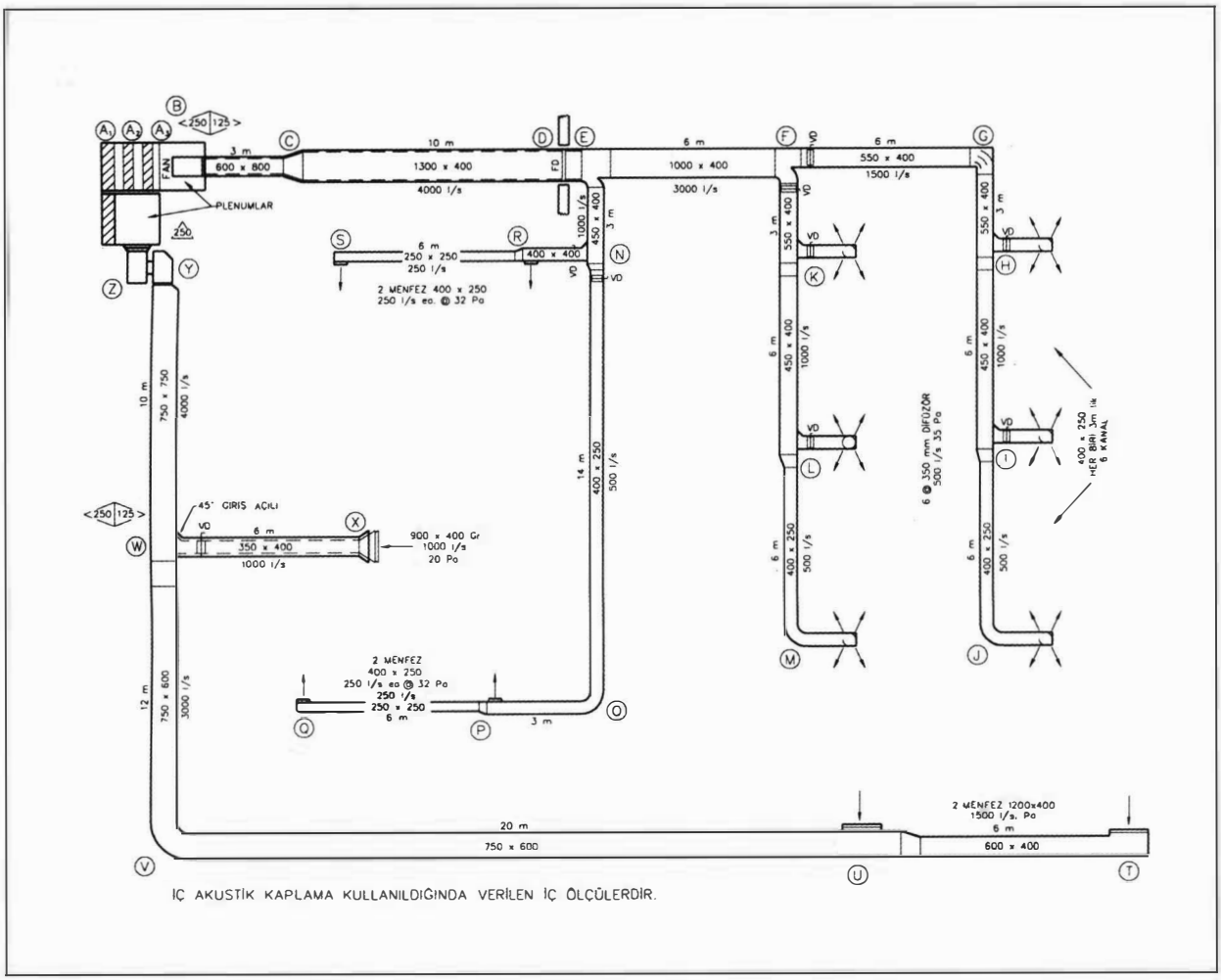
Q_b / Q_c değerlerinin bulunması gerekir. Buna göre eşdeğer çaplar cinsinden,

$A_c = \pi \cdot d^2/4 = \pi \cdot 7.552/4 = 44.883\ mm^2$

$A_s = \pi \cdot 6.762/4 = 358.908\ mm^2$

A_b = için hat ayrımının eşdeğer çapı belirlenmelidir.

Debi = 1.000 l/s,



Şekil 3.310. ÖRNEK SİSTEM

Özgül kayıp yerine 0,95 Pa/m değerler ile *Şekil 3.301*'den,
Eşdeğer çap = 450 mm, buradan da
$A_b = \pi \cdot 450^2/4 = 159.043\ mm^2$
Sonuç olarak;
$A_b / A_s = 0,44$; $A_b / A_c = 0,35$ ve
$Q_b / Q_c = 1.000 / 4.000 = 0,25$ bulunur.
Bu değerlerle *Ek 3.4*'den C = -0,05 okunur.
Bağlantı parçasına girişte hız;

$$V = \frac{4\ (m^3/s)}{1,3\ m \cdot 0,4\ m} = 7,7\ m/s$$ ve Hız basıncı;

$V_p = 35,7$ Pa bulunur.

PROJE : Örnek Proje YER : Birinci Kat SİSTEM : Besleme Havası

	A Kanal Bölümü	B Kısım	C Adı		D Akış Debisi (L/S)	E Metre Başına Sürtünme	F Hız (m/s)	G Vp (pa)	H Kayıp Katsayısı	I Eş Değ. Çap	J Dikdörtgen Kesit Ölçüleri	K Düz Faktörü	L Her Parça için Kayıp	M Her Bölüm için Kayıp	N Toplam Kayıp
1	Plenum B	A1	-	Panjur	4.000	-	2,5	-	-	-	-	-	75	-	365
2	Plenum B	A2	-	Filtre	4.000	-	2,0	-	-	-	-	-	40	-	-
3	Plenum B	AD	-	Serpantin	4.000	-	2,8	-	-	-	-	-	110	225	-
4	Bölüm BJ	BC	3m	Kanal	4.000	0,95	9,0	-	-	755	*600x800	1,35	4	4	-
5	Bölüm BJ	CE	10m	Kanal	4.000	0,95	9,0	-	-	755	*1.300x400	1,35	13	-	-
6	Bölüm BJ	C	-	Geçiş	4.000	-	8,3	35,7	0,25	-	600x800 1.300x400	-	10	-	-
7	Bölüm BJ	D	-	Yangın Damp.	4.000	-	-	-	-	-	1.300x400	-	15	38	-
8	Bölüm	EF	6m	Kanal	3.000	0,95	8,4	-	-	676	1.000x400	-	6	-	-
9	BJBölüm BJ	E	90°	Ayrılma Parçası	4.000 3.000	-	7,7	35,7	-0,05	-	1.300x400 1.000x400	-	-2	4	-
10		FH	10m	Kanal	1.500	0,95	7,0	-	-	510	550x400	-	10	-	-
11	Bölüm BJ Bölüm BJ	F	90°	Dönüş Parçası	3.000 1.500	-	7,5	33,9	0,05	-	1.000x400 550x400	-	2	-	-
12		F	-	Volum Damperi	1.500	-	6,8	27,8	0,04	-	550x400	-	1	-	-
13	Bölüm BJ	G	90°	Dirsek	1.500	-	6,8	27,8	0,24	-	550x400	-	7	20	-
14	Bölüm BJ	HI	6m	Kanal	1.000	0,95	6,4	-	-	456	450x400	-	6	-	-
15	Bölüm BJ Bölüm BJ	H	-	Yaka	1.500 1.000	-	6,8	27,8	0,05	-	550x400 450x400	-	1	7	-
16		IJ	10m	Kanal	500	-	5,4	-	-	340	400x250	-	10	-	-
17	Bölüm BJ Bölüm BJ	I	-	Yaka	1.000 500	-	5,6	18,9	0,05	-	450x400 400x250	-	1	-	-
18		J	90°	Dirsek	500	-	5,0	15,1	0,17	-	400x250	1,29	3	-	-
19	Bölüm BJ	J	-	Volum Damperi	500	-	5,0	15,1	0,04	-	400x250	-	1	-	-
20	Bölüm BJ Bölüm BJ	J	-	Dönüş Fit.	500	-	5,0	15,1	1,2	-	400x250 350 ø	-	18	-	-
21		J	-	Fittings difüzer	500	-	-	-	-	-	3500 ø	-	35	67	-
22	Bölüm BJ														
23															
24															
25															

* Kanal iç akustik kaplama yapıldığını ve bunun iç ölçülerini gösterir.

Tablo 3.311. KANAL ÖLÇÜLENDİRİLMESİ, BESLEME HAVASI SİSTEMİ

90°C kanal ayrılma parçası düz kolundaki kayıp: ΔP = -0,05 . 35,7 = -1,79 = ~ -2 Pa olup, burada bir statik basınç kazancı olduğu görülmektedir.

EF bölümü için L kolonundaki 8 ve 9. satırlardaki kayıpların cebri toplamı ΔP = 6 - 2 = 4 Pa; M kolonunda 9. satıra yazılır.

PROJE : Örnek proje YER : Birinci Kat SİSTEM : Hava Besleme Sistemi															
	A Kanal Bölümü	B Kısım	C Adı		D Akış Debisi (L/S)	E Metre Başına Sürtünme	F Hız (m/s)	G Vp (pa)	H Kayıp Katsayısı	I Eş Değ. Çap	J Dikdörtgen Kesit Ölçüleri	K Düz Faktörü	L Her Parça için Kayıp	M Her Bölüm için Kayıp	N Toplam Kayıp
1	A, F	-	-	1'den 9'a TÜM HATLAR TOPLAMI Tablo 29							-	-	-	270	367
2	Bölüm FM	F	90°	Ayrılma parçası	3.000 1.500	-	7,5	33,9	0,52	-	100x400 550x400	-	18	-	-
3	Bölüm FM	F	-	Volum damperi	1.500	-	6,8	27,8	0,04	-	550x400	-	1	-	-
4	Bölüm FM	FK	3m	Kanal	1.500	0,95	7,0	-	-	510	550x400	-	3	22	-
5	Bölüm FM	KM	-	14'den 21'e TÜM HATLAR TOPLAMI Tablo 29							-	-	-	74	-
6															
7	A,E	-	-	1'den 7'e TÜM HATLAR TOPLAMI Tablo 29							-	-	-	267	355
8	Bölüm EQ	EN	3m	Kanal	1.000	0,95	6,4	-	-	456	450x400	-	3	-	-
9	Bölüm EQ	E	90°	Ayrılma parçası	4.000 1.000	-	7,7	35,7	0,44	-	1.300x400 450x400	-	16	19	-
10	Bölüm EQ	NP	17m	Kanal	500	0,95	5,4	-	-	340	400x250	-	16	-	-
11	Bölüm EQ	N	-	Yaka	1.000 500	-	5,6	18,9	0,05	-	450x400 400x250	-	2	-	-
12	Bölüm EQ	N	-	Volum damperi	500	-	5,0	15,1	0,04	-	400x250	-	1	-	-
13	Bölüm EQ	O	90°	Dirsek	500	-	5,0	15,1	0,12	-	400x250	-	2	21	-
14	Bölüm EQ	PQ	6m	Kanal	250	0,95	4,6	-	-	270	250x250	-	6	-	-
15	Bölüm EQ	P	-	Yaka	500 250	-	5,0	15,1	0,06	-	400x250 250x250	-	1	-	-
16	Bölüm EQ	Q	90°	Dirsek	250	-	4,0	9,6	0,90	-	250x250 400x250	1,08	9	-	-
17	Bölüm EQ	Q	-	Izgara	250	-	-	-	-	-	400x250	-	32	48	-
18	AN	-	-	YUKARIDAKİ 7-9 SATIRLARI TOPLAMI							-	-	-	286	352
19	Bölüm NS	NR	3m	Kanal	500	0,95	5,4	-	-	340	400x250	-	3	-	-
20	Bölüm NS	N	45°	Giriş pahı	1.000 500	-	5,6	18,9	0,74	-	450x400 400x250	-	14	-	-
21	Bölüm NS	N	-	Volum damperi	500	-	5,0	15,1	0,04	-	400x250	-	1	18	-
22	Bölüm NS	RS	6m	Kanal	250	0,95	4,6	-	-	270	250x250	-	6	-	-
23	Bölüm NS	R	-	Yaka	500 250	-	5,0	15,1	0,06	-	400x250 250x250	-	1	-	-
24	Bölüm NS	S	90°	Dirsek	250	-	4,0	9,6	0,90	-	250x250 400x250	1,08	9	-	-
25	Bölüm NS	S	-	Izgara	250	-	-	-	-	-	400x250	-	32	48	-

Tablo 3.311. KANAL ÖLÇÜLENDİRİLMESİ, BESLEME HAVASI SİSTEMİ (Devam)

– FH Bölümü:

Bu bölümde sürtünme statik basınç kaybı bir öncekine benzer şekilde bulunabilir. Burada debi = 1500 l/s, Özgül kayıp = 0,95 Pa/m, çap = 510 mm, Hız = 7 m/s, eşdeğer dikdörtgen kesit = 550 x 400 mm değerindedir.
Sürtünme kaybı;
$\Delta P_s = 10 . 0,95 = 9,5 = \sim 10$ Pa bulunur.
F kanal ayrılma parçasının düz hattındaki kayıp yukarıdakine benzer şekilde hesaplandığında:
$\Delta P = 2$ Pa bulunur.
Bu değerler 10. ve 11. satırlara işlenmiştir.
Damper (klape) için kayıp katsayısı *Ek 3.4*'den okunur.
Tam açık halde C = 0,04 bulunur.
Hız = 1,5 (m^3/s) / (0,55 m x 0,4 m) = 6,8 m/s ve
Hız basıncı: $P_v = 27,8$ Pa değerini kullanarak,
damperdeki kayıp,
$\Delta P = 0,04 \times 27,8 = 1,1$ Pa = ~ 1 Pa bulunur.
Bu bölümde görülen keskin dirsekte; S = 83 mm aralıklı ve eğrilik yarıçapı R = 114 mmlik tek kalınlıklı dönüş kanatları bulunmaktadır. *Ek 3.4* kullanılarak kayıp katsayısı C = 0,24 okunur. Hız basıncı = 27,8 Pa değeri ile dirsekteki kayıp,
$\Delta P = 0,24 \times 27,8 = 6,7$ Pa = 7 Pa
FH bölümündeki toplam kayıp;
$\Delta P_t = 10 + 2 + 1 + 7 = 20$ Pa bulunur.

– HI Bölümü:

Yukarıdakilere benzer şekilde, 1.000 l/s debi ve 0,95 Pa/m özgül kayıp ile Çap = 456 mm ve Hız = 6,4 m/s bulunur.
Eşdeğer dikdörtgen boyut 450 x 400 mm belirlenir. Statik sürtünme kaybı,
$\Delta P_s = 6 \times 0,95 = 5,7$ Pa = ~ 6 Pa değerindedir.
H noktasındaki redüksiyon için *Ek 3.4*'den
q=30° ve A1 / A = (500 x 400) / (450 x 400) = 1,22 değerleri ile C = 0,05 bulunur.
Girişteki hız = 1,5 / (0,55 x 0,40) = 6,8 m/s ve Hız basıncı, $P_v = 27,8$ Pa olduğundan, kayıp
$\Delta P = 0,05 \times 27,8 = 1,4$ Pa = ~ 1 Pa bulunur.
Bu bölümde toplam kayıp 7 Pa değerindedir.

– IJ Bölümü:

Bu bölümdeki sürtünme kaybı ve I noktasındaki redüksiyon kaybı aynen yukarıda anlatıldığı gibi bulunur. Değerleri Tablo'da 17 ve 18. satırlara işlenmiştir. Bu bölümde görülen dirsek yuvarlatılmış olup, kanatsızdır.
Ek 3.4'den R/W oranı = 2 ve H/V oranı = 250/400 = 0,63 değerleri ile enterpolasyon ile C = 0,17 bulunur.
Dirsekteki Re sayısı hesaplanırsa *Ek 3.4 Şekil 3*'e göre bir düzeltme yapmak gerektiği anlaşılmaktadır. Bu düzeltme ihmal edilerek,
$\Delta P = 0,17 \times 15,1 = 2,57$ Pa = ~ 3 Pa bulunur.
Bu bölümün ucundaki difüzör aşağı doğru üflemekte olduğundan kanalda havanın 90° dönüşü söz konusudur. Bunu keskin dirsek olarak kabul etmek suretiyle *Ek 3.4*'den kayıp katsayısı C = 1,2 okunur.
Burada oluşan kayıp ise,
$\Delta P = 1,2 \times 15,1 = 18,1$ Pa = ~ 18 Pa olur.
Sistem şemasında görülen J noktasındaki 350 mm çapındaki difüzörde, ayar klapeleri de dahil basınç kaybı üretici firma kataloğunda,
$\Delta P = 35$ Pa verilmiştir.
Bu son değer de gerekli yere yazıldıktan sonra, bu bölümdeki toplam kayıp,
$\Delta P_t = 67$ Pa bulunur.

– Kritik Hattaki Toplam Basınç Kaybı:

C-J hattındaki toplam basınç kaybı, buradaki bölümlerdeki kayıpların toplamı olup;
$\Delta P_{C-J} = 67 + 7 + 20 + 4 + 38 + 4 + 225 = 365$ Pa bulunur.
Buna göre seçilecek fan 4.000 l/s debi, 365 Pa basınç değerine sahip olmalıdır.

– FM Bölümü:

F'den M'ye kadar olan kanal hattı ile G'den J'ye kadar olan kanal hattı birbirinin aynıdır. Dolayısı ile aynı kesitte alınmaları mümkündür. Burada sistemin dengesi açısından F noktasında kanal ayrımında ortaya çıkan kaybın, FG arası 7 m kanalda sürtünme ile ve G'deki dirsekte ve F'deki düz geçişte dinamik olarak meydana gelen toplam 7 + 7 + 2 = 16 Pa değerindeki kayba denk olması veya aralarında 12 Pa değerinden fazla fark olmaması gerekir.
F noktasındaki kanal ayrılma kaybı için yine *Ek 3.4* yardımı ile (daha önce hesaplanan aynı oranlarla) ayrılan hat için kayıp katsayısı
C = 0,52 bulunur. Buradan kayıp,
$\Delta P = 0,52 \times 33,9 = 17,6$ Pa = ~ 18 Pa bulunur.
Bu değer daha büyüktür. Ancak fark 2 Pa olup, 12 Pa'dan daha az olduğundan kabul edilebilir. Ayrıca F'deki kanal ayrımının her iki çıkışındaki damperler yardımı ile gerekli ayar yapılabilir. Hesaplar *Tablo 3.311*'de görülebilir.

– EN Bölümü:

EN arasında 3 m kanaldaki sürtünme kaybı ve E'de kanal ayrılma dinamik kaybı vardır.
Sürtünme kaybı = 3 x 0,95 = 2,9 Pa = ~ 3 Pa
Kanal ayrımındaki kaybı daha önce E'de hesaplanan oranlar yardımı ile yukarıdaki gibi C = 0,44 (enterpolasyonla) bulunur.
Basınç kaybı = 0,44 x 35,7 = 15,7 Pa = ~ 16 Pa
Toplam kayıp = 3 + 16 = 19 Pa bulunur.
Değerler *Tablo 3.311*'de işlenmiştir.

– NP Bölümü:

Bu bölümde sürtünme kaybı için,
Özgül kayıp = 0,95; Debi = 500 l/s;
Hız = 5,4 m/s; Çap = 340 mm
Eşdeğer dikdörtgen kesit = 400 x 250 mm
Sürtünme kaybı = 17 x 0,95 = 16,2 Pa = ~ 16 Pa
Yerel kayıplar:
N noktasında NS kanal ayrımı için 45° açılı giriş elemanı ve kesit daraltmak için 30° redüksiyon kullanıl-

mıştır. *Ek 3.4*'den redüksiyon için $A_1/A = 1,8$ ve q = 30 ° değerleri ile C = 0,05 bulunur.

Yerel kayıplar:

N noktasında NS kanal ayrımı için 45° giriş açılı T'nin düz hattı ve devamında kesit daraltmak için 30° redüksiyon kullanılmıştır. Kanal ayrımı için *Ek 3.4* kullanılacaktır. Bu tablonun dip notuna göre *Ek 3.4*'e bakılacaktır. Burada

$V_c = 1,0 / (0,45 \times 0,4) = 5,6$ m/s

$V_s = 0,5 / (0,45 \times 0,40) = 2,78$ m/s

$V_s / Vc = 0,5$ olup, Ek 2'den C = 0,09 bulunur.

$P_v = 18,9$ olup, $P = 0,09 \times 18,9 = \sim 2$ Pa

Redüksiyon için $A_1/A = 450 \times 400/250 \times 400 = 1,8$ değeri

ile q = 30° için *Ek 3.4*'den C = 0,05 bulunur.

Girişte $P_v = 4,65$ olduğundan,

$\Delta P = 0,05 \times 4,65 = 0,2 = \sim 0$ Pa

Redüksiyondaki basınç kaybı ihmal edilebilir.

Damper için daha önce F'de bulunan C = 0,04 sayısı kullanılabilir.

Hız = 0,5 / (0,25 x 0,4) = 5 m/s $P_v = 15,1$ olup,

$\Delta P = 0,04 \times 15,1 = 0,6 = \sim 1$ Pa

0 noktasındaki düzgün dirsekte 1 adet ayırma kanadı bulunmaktadır. *Ek 3.4*'de

R/W = 0,25; H/W = 250/400 = 0,63 değerlerinden enterpolasyon ile C = 0,12 bulunur. Kayıp;

$\Delta P = 0,12 \times 15,1 = 1,8 = \sim 2$ Pa

Bu bölümdeki toplam kayıp, 2 + 1 + 2 + 16 = 21 Pa.

– PQ Bölümü:

Bu hattın son bölümü olan PQ daha önce anlatılanlara benzer şekilde 250 x 250 mm kesitinde belirlenmiştir. 6 m uzunluktaki sürtünme basınç kaybı,

$\Delta P_s = 6 \times 0,95 = \sim 6$ Pa değerindedir.

P noktasındaki redüksiyon q = 45° olup, Ek 2'den,

$A_1 / A = 1,6 = \sim 2$ değeri ile C = 0,06 bulunur.

Hız = 5 m/s, Pv = 15,1 değerlerinden de

$\Delta P = 0,06 \times 15,1 = \sim 1$ Pa

Q noktasında 90° keskin dirsek kabulü ile Ek 2'den;

H/W = 250/250 = 1,0; W1/W = 400/250=1,6

Hız = 0,25 / (0,25 x 0,25) = 4 m/s; Pv = 9,6 Pa değerleri ile ve Re sayısı düzeltilmesi ihmal edilerek okunan C = 0,9 değerinden;

$\Delta P = 0,9 \times 9,6 = \sim 9$ Pa

Üretici firma kataloğundan 400 x 250 mm menfez için basınç kaybı 32 Pa okunur ve bu değer de *Tablo 3.311*'ye işlenir.

Buna göre bu bölümde toplam basınç kaybı:

$\Delta P = 32 + 9 + 1 + 6 = 48$ Pa bulunur.

Öte yandan başlangıçtan bu hattın sonuna kadar olan kayıpların toplamı ise 355 Pa bulunur.

Bu durumda A_1M kanal hattın basınç kaybı 367 Pa iken, A1Q hattın 355 Pa değeri ile 12 Pa daha düşük kayba sahiptir.

Bu fark sınır içinde kaldığında kabul edilebilir ve iyi bir tasarım olduğu sonucuna varılabilir. Kaldı ki kanallar üzerinde bulunan ayar damperleri ile bu fark giderilebilir.

– NS Bölümü:

A1'den N'e kadar olan kayıp toplamı 286 Pa değerindedir.

Bu değer *Tablo 3.311*'e işlenir. Bu son bölüm için de yukarıdakilere benzer bir hesap yapılacaktır.

NR sürtünme kaybı = 3 x 0,95 = ~ 3 Pa

45° giriş pahlı dik kanal ayrımı için;

Vc = 5,6 m/s idi.

Vb = 0,5 / (0,4 x 0,25) = 5,0 m/s buradan

Vb / Vc = 0,89 = ~ 1

Qb / Qc = 500/1000 = 0,5 *Ek 3.4*'den C = 0,74 okunur.

Pv = 18,9 Pa (5,6 m/s için) olup,

Dinamik kayıp = 0,74 x 18,9 = 14 Pa

Ayar damperi kaybı diğer hattakine eşit olup, kayıp = 1 Pa'dır. RS arası PQ bölümü ile aynı olup, burası için olan değerler aynen girilebilir. Sonuç olarak bu bölümdeki toplam kayıp,

$\Delta Pt = 32 + 9 + 1 + 6 + 1 + 14 + 3 = 66$ Pa

A1S hattındaki toplam kayıp 286 + 66 = 352 Pa bulunur.

Bu değerde en yüksek kayba sahip hattan 15 Pa daha düşük kayba sahiptir. Bu kayıp hat üzerinde bulunan damperle ayarlanabilir. Böylece besleme kanallarının eş sürtünme yöntemine göre boyutlandırılması ve basınç kayıplarının hesabı tamamlanmış olmaktadır.

- **Emiş Kanalları**

Emiş kanalları ile ilgili hesaplar *Tablo 3.312*'de verilmiştir.

– Emiş Plenumu:

Burada ısı geri kazanma ünitesi kaybı, üretici firma kataloglarından, 75 Pa olarak belirlenmiştir. Bu değer 1. satıra yazılmıştır. Plenumdaki ikinci kayıp fanın plenuma serbest üflemesinden kaynaklanır. Bununla ilgili kayıp katsayısı, *Ek 3.4*'den C = 1,5 olarak okunur. Fan çıkışındaki hızla ilgili hız basıncı (dinamik basınç) fan kataloğundan 40 Pa okunmuştur.

Buna göre fan dinamik kaybı; $\Delta P = 1,5 \times 40 = 60$ Pa bulunur.

Bu değer 2. satıra işlenir.

– Fan Giriş Kutusu:

Fan giriş kutusu için kayıp katsayısı C = 1,0 olarak verilmiştir. Kutu girişindeki hız ise;

V = 4 / (0,6 x 1,16) = 5,8 m/s ve

Hız basıncı $P_v = 20,3$ Pa olup,

Kayıp: $\Delta P = 1,0 \times 20,3 = \sim 20$ Pa

Bu değerde 3. satıra girilmiştir.

– YT Hattı ve Fan Basıncı:

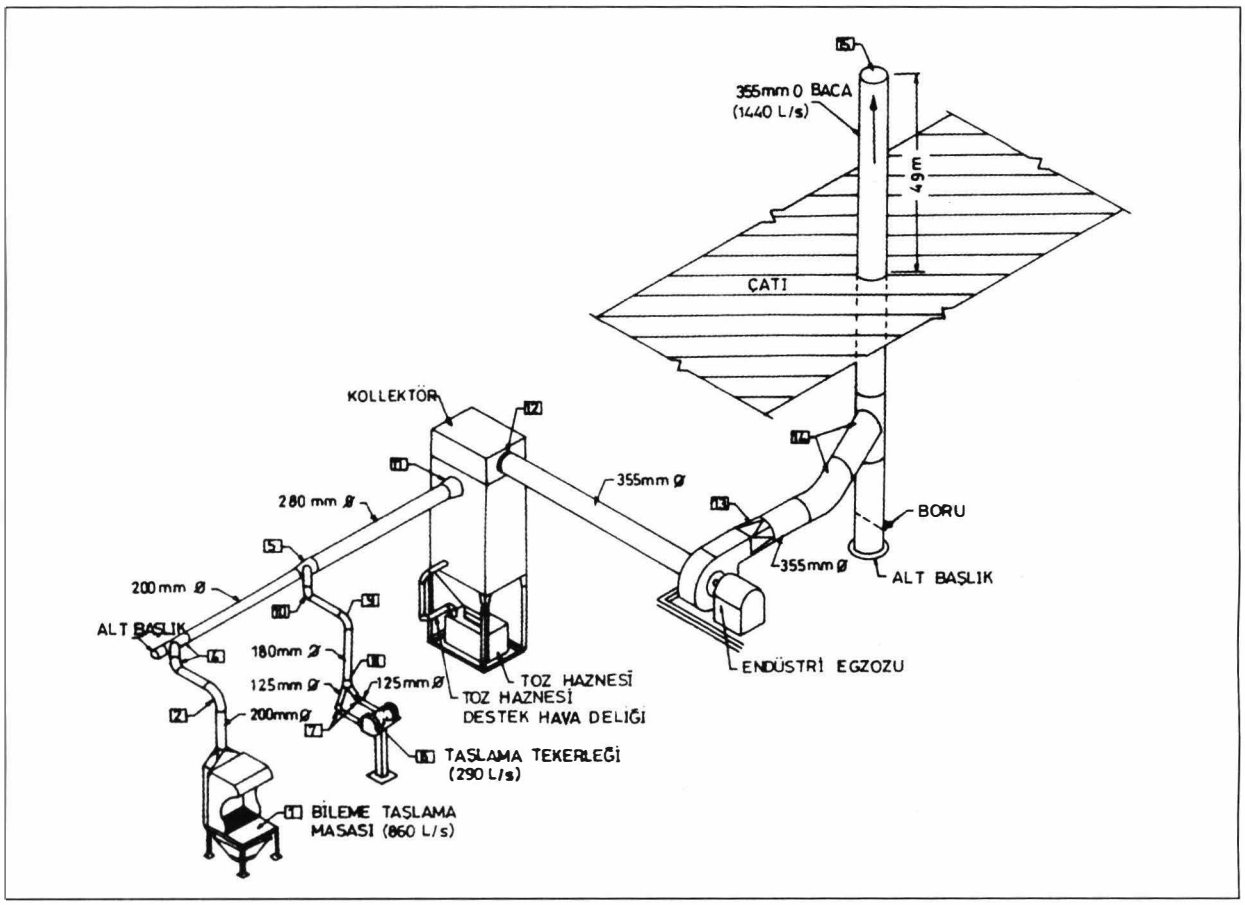
Fan girişindeki ana kanalda hız 8 m/s ve buradan özgül sürtünme kaybı 0,7 Pa/m seçilerek daha önce besleme kanalları için anlatılana benzer bir hesap ile emiş kanalları boyutları ve basınç kaybı bulunabilir. Değerler *Tablo 3.312.*'de gösterilmiştir. Burada hesap detayları anlatılmayacaktır.

ISISAN

PROJE : Örnek Hesap YER : Birinci Kat SİSTEM : Egzoz Havası

	A Kanal Bölümü	B Kısım	C Adı		D Akış Debisi (L/S)	E Metre Başına Sürtünme	F Hız (m/s)	G Vp (pa)	H Kayıp Katsayısı	I Eş Değ. Çap	J Dikdörtgen Kesit Ölçüleri	K Düz Faktörü	L Her Parça için Kayıp	M Her Bölüm için Kayıp	N Toplam Kayıp
1	Plenum Z	A,Z	-	Panjur	4.000	-	2,5	-	-	-	-	-	75	-	265
2	Plenum Z	Z	-	Fan	4.000	-	8,0	38,5	-	-	-	-	60	135	-
3	Bölüm YT	Y	-	Giriş Kutusu	4.000	-	5,8	20,3	1,0	-	600x1.160	-	20	-	-
4	Bölüm YT	YW	10m	Kanal	4.000	0,7	8,.0	-	-	800	750x750	-	7	-	-
5	Bölüm YT	Y	-	Geçiş	4.000	-	7,1	30,4	0,25	-	750x750 600x1160	-	8	35	-
6	Bölüm YT	WV	32m	Kanal	3.000	0,7	7,4	-	-	730	750x600	-	22	-	-
7	Bölüm YT	W	45°	Kol. Ayr.	4.000 1.000	-	7,1	30,4	0,33	-	750x750	-	10	-	-
8	Bölüm YT	W	-	Geçiş	4.000 3.000	-	6.7	27,0	0,20	-	750x750 950x600	-	5	-	-
9	Bölüm YT	V	90°	Dirsek	3.000	-	6,7	27,0	0,16	-	750x600	-	4	41	-
10	Bölüm YT	UT	6m	Kanal	1.500	0,7	6,2	-	-	540	600x400	-	4	-	-
11	Bölüm YT	U	90°	Kol. Ayr.	3.000 1.500	-	6,7	27,0	0,53	-	750x600	-	14	-	-
12	Bölüm YT	U	-	Geçiş	4.000 1.000	-	6,3	23,9	0,25	-	750x750 600x400	-	6	-	-
13	Bölüm YT	T	90°	Dirsek	1.500	-	3,1	5,8	1,8	-	600x400 1.200x400	-	10	-	-
14	Bölüm YT	T	-	Menfez	1.500	-	-	-	-	-	1.200x400	-	20	54	-
15															
16															
17	Bölüm WX	WX	6m	Kanal	1.000	1,7	8,0	-	-	400	*350x400	1,93	20	-	-
18	Bölüm WX	W	45°	Kol. Ayr.	4.000 1.000	-	7,1	30,4	-0,37	-	750x750 350x400	-	-11	-	-
19	Bölüm WX	X	180°	Geçiş	1.000	-	7,1	30,4	0,30	-	350x400 900x400	-	9	-	-
20	Bölüm WX	X	-	Menfez	1.000	-	-	-	-	-	900x400	-	20	-	-
21	Bölüm WX	W	Set 23°	Vol. Damp.	1.000	-	7,1	30,4	1,88	-	350x400	-	57	95	-
22															
23															
24															
25															

Tablo 3.312. ÖRNEK HESAP TABLOSU



Şekil 3.313. METAL İŞLERİ EGZOZ SİSTEMİ

Emiş kanalı için eş sürtünme kaybı 0,7 Pa/m olarak besleme kanallarına göre daha düşük seçilmiş, böylece işletme maliyetlerinin düşük olması amaçlanmıştır. Buna karşılık kanal boyutları biraz daha büyük olmaktadır. TA1 hattında toplam basınç kaybı 265 Pa bulunmuştur. Emiş fanı buna göre seçilecektir.

– WX Bölümü:

WX bölümündeki basınç düşümünün WT hattından çok daha az olacağı ve 12 Pa değeri ile sınırlı kalmayacağı hemen görülmektedir. Bu basınç düşümünü damperle dengelemek yerine "DEĞİŞTİRİLMİŞ EŞ SÜRTÜNME YÖNTEMİ" uyarınca bu bölüm için özgül sürtünme kaybı daha fazla seçilebilir.

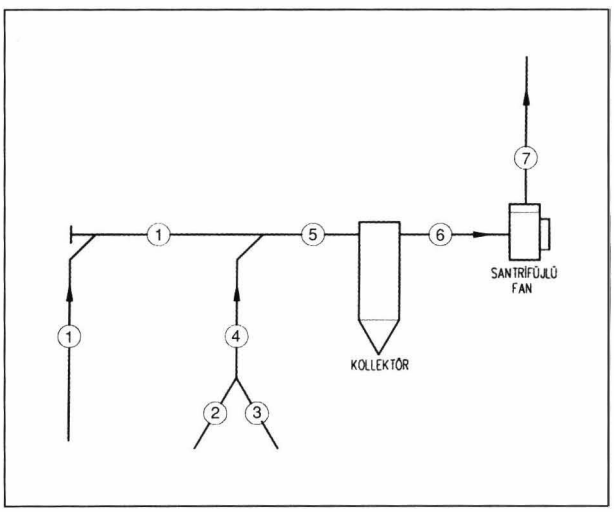
Bu amaçla bu hatta hız = 8 m/s ve özgül basınç kaybı = 1,7 Pa/m seçilmiştir. Bu kanal içi sese karşı izole edilmiştir. Yine *Tablo 3.312.*'de verilen hesaplara göre bu durumda WX bölümünde,

Sürtünme basınç kaybı	=	20 Pa
45° açılı hat birleşme kaybı	=	-11 Pa
(Statik basınç kazancı)		
Girişte keskin kesit daralma	=	9 Pa
Menfez kaybı =		20 Pa
Toplam =		38 Pa

WT hattındaki 95 Pa düşüme karşılık WX bölümünde 38 Pa basınç düşümü olmaktadır. Aradaki 95 - 38 = 57 Pa ayar damperiyle düşürülecektir. Buna göre damperin kayıp katsayısı,

$C = \Delta P_t / P_v = 57/30,4 = 1,88$ olmalıdır.

Ek 2'den damperin set değerinin 23° mertebesinde olması gerektiği anlaşılmaktadır. Hattaki damper bu değere ayarlanırsa her iki koldaki basınç düşümleri eşitlenecektir.



Şekil 3.314. BÖLÜM NUMARALARI İLE SİSTEM ŞEMASI

Kanal Bölümü	Hesap Hava Debisi	Gerekli Taşıma Hızı	Kanal Çapı	Kanaldaki Hız
	L/s	m/s	mm	m/s
1	850	20	224	21,6
2,3	290 (herbiri)	23	125	23,6
4	580	23	180	22,8
5	1430	23	280	23,2

Tablo 3.315. HIZLAR VE KANAL ÇAPLARI

Deneme No.	1 No.lu Kanal Çapı	ΔP_1	ΔP_{2+3+4}	ΔP_1 ile ΔP_{2+3+4} arasındaki fark
	mm	Pa	Pa	Pa
1	224	411	794	-383
2	200	762	850	-88
3	180	1320	712	+609

Tablo 3.316. HESAP SONUÇLARI

b. Statik Geri Kazanma Yöntemi

Statik geri kazanma yönteminin amacı her kanal ayrılma noktası çıkışında statik basıncı aynı tutmaktır.

Bunun için daha önce verilen (1) denklemi düzenlenirse ve yükseklik etkisi ihmal edilirse,

$$P_1 - P_2 = \Delta P - [\rho . V_1^2/2 - r.V_2^2/2] \quad (7)$$

elde edilir. Statik geri kazanma yönteminin tarifinden 1 ve 2 noktalarındaki statik basıncın aynı olması gerekmektedir.

Buna göre: $\Delta P = \rho.V_1^2/2 - \rho.V_2^2/2$ (8)

ifadesi elde edilir. Burada ΔP, 1 no.lu ayrım noktası girişinden, 2 no.lu ayrım noktası girişine kadar olan toplam basınç kayıplarını göstermektedir. Bu kayıpların, 1 ve 2 noktalarındaki hız basınçları arasındaki farkla karşılanması gerekmektedir. Dolayısı ile fandan çıkış ağızlarına doğru ilerledikçe bu yöntemde hızlar düşecektir. 1 ve 2 noktası arasındaki ΔP basınç kaybı V_2 hızına bağlı olduğundan (8) no'lu denklemin çözümü deneme yanılma ile gerçekleştirilebilir. Öncelikle V_2 hızı tahmin edilecek, sonra bu hızla 1-2 arası kanal boyutlandırılarak ve basınç kayıpları hesaplanarak (8) denkleminde yerine konulacaktır. Denklemin sağlanmaması halinde yeni V_2 tahmini ile yeniden deneme hesabı yapılacaktır.

Denklemin sağlanması halinde bu bölüm boyutlandırılmış ve basınç kayıpları belirlenmiş olur ve bir sonraki bölüme geçilir.

Sistemin hesabına fan çıkışındaki ana kanalla başlanır. Bu bölüm için maksimum bir hız seçilir. *Şekil 3.301*'deki taralı alan bu amaçla kullanılabilir. İlk ana kanal seçilen hıza göre boyutlandırılıp basınç kayıpları hesaplandıktan sonra diğer bölümler hep yukarıda sözü edildiği gibi iteratif bir yöntemle hesaplanır. Bu nedenle statik geri kazanma yöntemi daha çok bilgisayar ile hesap yapmak için uygundur. Bu yöntemin elle hesap yaparak uygulanması zor ve zaman alıcıdır. Burada yöntemin uygulanışının anlaşılması açısından basit örnek bir çözüm üzerinde durulacaktır.

Örnek:

Şekil 3.319'da yüksek basınçta bir kanal sistemi görülmektedir. Yuvarlak kesitli hazır kanallardan ve hazır bağlantı bileşenlerindan oluşan sistemde V.A.V. kutuları kullanılmıştır.

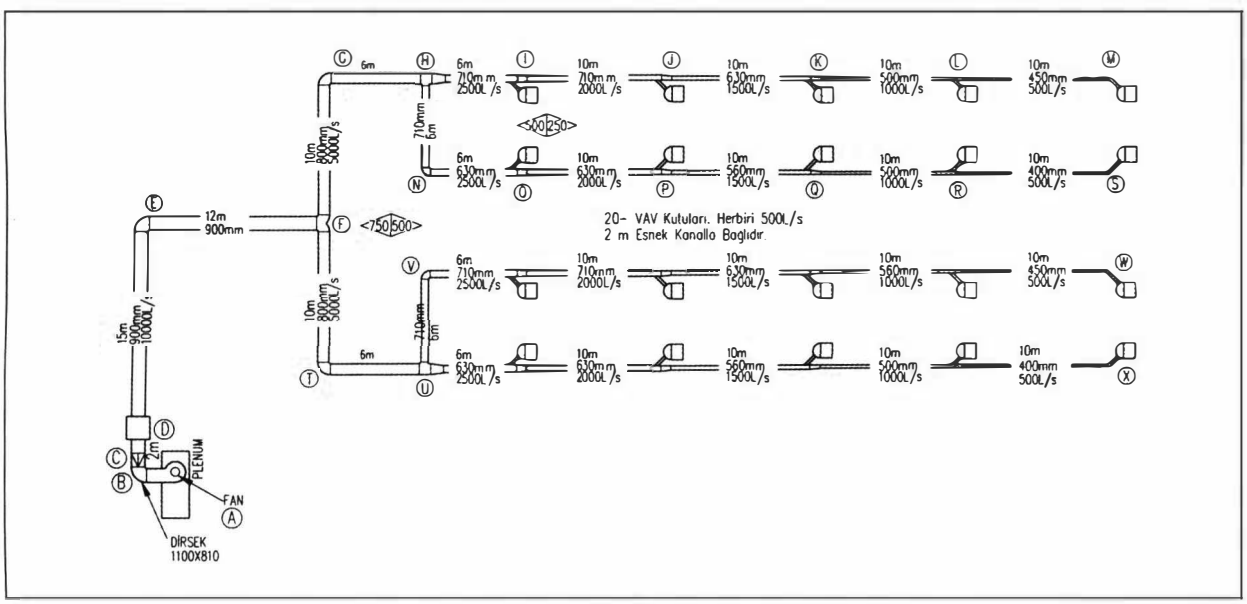
Sistemin simetrik olması gözönüne alınarak sadece bir taraf hesaplanacaktır. Yapılan hesaplar *Tablo 3.320*'de verilmiştir. Kanal sisteminin başlangıcında mümkün olduğu kadar yüksek bir hız seçilecek ve öncelikle en fazla direncin olduğu C-S hattı hesaplanacaktır.

Kanal Bölümü	Kanal Elemanı	Hava Debisi	Kanal Ebatları	Hız	Hız Basıncı	Kanal Uzunluğu	Fittings Direnç Katsayısı	Kanal Basınç Kaybı	Toplam Basınç Kaybı	Bölüm Basınç Kaybı
		L/s		m/s	Pa	m.		Pa/m	Pa	Pa
1	Kanal fittings	860 860	ø200 mm	27,4 27,4	- 451	7,0 -	- 1,12	40 -	280 505	785
2.3	Kanal fittings	290 290	ø 125 mm	23,6 23,6	- 336	2,7 -	- 1,06	54 -	146 356	502
4	Kanal fittings	580 580	ø 180 mm	22,8 22,8	- 313	3,84 -	- 0,51	32 -	123 160	283
5	Kanal fittings	1.440 1.440	ø 280 mm	23,4 23,4	- 329	2,7 -	- 0,22	20 -	54 72	126
-	Kollektör fabrik	1.440	-	-	-	-	-	-	750	750
6	Kanal fittings	1.440 1.440	ø 355 mm	14,5 14,5	- 127	3,7 -	- 0,00	6 -	22 000	22
7	Kanal fittings	1.440 1.440	ø 355 mm	14,5 14,5	- 127	8,5 -	- 2,03	6 -	51 258	309

Tablo 3.317. BÖLÜMLERDEKİ TOPLAM BASINÇ KAYBI

Kanal Bölümü	Fitting Numarası	Fitting Tipi	İlgili Tablo No:	Parametreler	Kayıp Katsayısı, C
1	1	Davlumbaz	-	Davlumbaz açıklığı 0,9 x 1.2 m	0,25
	2	Dirsek		90°, 7 parçalı r/D = 2,5	0,11
	4	Kapaklı çatal (45°) 45° dirsekle		Ab/Ac = 1	0,64
	5	Çatal (30°) düz kol		Qs/Qc = 0,60 As/Ac = 0,51 Ab/Ac = 0,413	0,12
				TOPLAM	1,12
2,3	6	Davlumbaz	-	Üretici firma bilgileri	0,40
	7	Dirsek	-	90° 3 parçalı r/D = 1,5	0,34
	8	Simetrik çatal 60°	-	Qb/Qc = 0,5 Ab/Ac = 0,482	0,32
				TOPLAM	1,06
4	9	Dirsek	-	90°, 7 parçalı r/D = 2,5	0,11
	10	Dirsek	-	60° 3 parçalı r/D = 1,5	0,19
	5	Çatal (30°) kol ayrılma	-	Qb/Qc = 0,4 As/Ac = 0,510 Ab/Ac = 0,413	0,21
				TOPLAM	0,51
5	11	Çıkış, konik difüzörle bağlantı	-	600 mm L = 2,14 A1/A0 = 16	0,22
6	12	Giriş, çan ağzı bağlantı	-	r/D1 = 0,20	0
7	13	Difüzör, fan çıkışı	-	Fan çıkışı 260x310 mm A0/A1=1.563 L=460mm	0.39
	14	Kapaklı çatal (45°) 45° dirsekle	-	Ab/Ac = 1	0,64
	15	Şapka	-	De/D = 1	1,0
				TOPLAM	2,03

Tablo 3.318. ENDÜSTRİYEL EGZOZ UYGULAMASI KAYIP KATSAYILARI HESAP ÖZETİ



Şekil 3.319. HAVA KANAL SİSTEMİ BOYUTLANDIRMASI

– Plenum

Kanal sistemi boyutlandırılmadan önce plenumdaki kayıplar hesaplanmalıdır. Fan üreticisi kataloglarından, fan çıkış ağzı 1.100 x 810 mm ve çıkış hızı 11 m/s olarak belirlenmiştir. Çıkışta bulunan B dirseğinde yaratılan "Sistem Etkisi" yardımı ile hesaplanabilir.
Eşdeğer çap = 1.065 mm olup, Burada,

Etkin kanal yüzdesi =

$$\frac{\text{Düz kanal uzunluğu x 100}}{\text{(Hız/5 (en az 2,5) x Eşdeğer Çap)}}$$

$$= \frac{(660 \times 100)}{(2{,}5 \times 1.065)} = \%24{,}8 = \sim \%25$$

Üfleme alanı oranı = 0,6

değerleri ile, *Tablo 3.304-B*'den sistem etki eğrisi olarak R-S bulunur. Bu değerle ve 11 m/s hız değeri ile *Şekil 3.305*'den sistem etkisi (veya basınç kaybı 72 Pa) bulunur. Bu değer *Tablo 3.320*'de 1. satıra işlenir.
B noktasındaki dirsek için kayıp katsayısı C = 0,15 olup, (R/W = 1,5 ve H/W = 1.100/810 = 1,36 değerleri ile), dinamik basınç, P_v = 76 Pa (11 m/s hız için) değeri ile kayıp,
ΔP = 0,15 x 76 = 11,4 = ~ 11 Pa bulunur.
Bu değerler 2. satıra işlenir.

– CF Bölümü

Bu yuvarlak kanal sistemi için kullanılacak kanal çapları standart olup, *Tablo 3.280*'de verilmiştir. 10.000 l/s debi taşıyan ana kanal için *Şekil 3.301* yardımı ile,
Çap = Ø 900 mm, Hız = 16 m/s, Özgül kayıp = 2,4 Pa/m
seçilmiştir.
Bu bölümde, sürtünme kaybı
= 27 x 2,4 = 64,8 = ~ 65 Pa
C noktasındaki geçiş için,
C = 0,05 (A_1/A = 1,4; θ = 20°; Ek 2)
Hız = 16 m/s; Hız basıncı = 154 Pa
Basınç kaybı = 0,05 x 154 = ~ 8 Pa
D noktasındaki ses yutucuda basınç kaybı = 65 Pa (Katalogdan)
E noktasındaki hazır dirsek için,
(BFU 90° - 900, Debi = 10.000 l/s)
Basınç kaybı = 30 Pa
CF bölümündeki toplam basınç kaybı
= 65 + 8 + 65 + 30 = 168 Pa.

– FH Bölümü

Bu bölümün başlangıcı F'deki pantalon ayrılmanın girişi, sonu ise H'daki kanal ayrımı girişidir.
Bölge başlangıcında,
Ø 900, V_1 = 16 m/s, P_{V1} = 154 Pa değerindedir.
Bölge boyunca, Ø 800, V_2 = 10 m/s, P_{V2} = 60 Pa değerindedir.
(Bölge boyundaki çap ve hız değeri deneme yanılma yöntemi ile bulunmuştur. Burada denemeler verilmeyecek, sonunda bulunan en uygun standart çap değeri ve hız verilecektir.)
Kullanılabilecek statik basınç geri kazanımı,
P_{V1} - P_{V2} = 154 - 60 = 94 Pa
Bu değerler 7. ve daha sonraki satırlarda uygun kolonlara işlendikten sonra basınç kayıpları sıra ile hesaplanır.
FH boyunca sürtünme kaybı,
Ø 800 mm, Hız = 10 m/s, Debi = 5.000 l/s, Özgül kayıp = 1,1 Pa/m
ΔPs = 1,1 x 16 = ~ 18 Pa
F noktasında 45° açılı pantalon parça,
C = 0,37 (*Ek 3.4*'den V_{1b}/Vc = 10/16 = 0,625)
ΔP = 0,37 x 154 = ~ 57 Pa
F noktasında 45° açılı hazır dirsek
(BFU 45°-800, Debi=500 l/s) Basınç kaybı=8 Pa
G noktasında 90° hazır dirsek
(BFU 90° - 800, Debi = 500 l/s) ΔP = 14 Pa
Bu bölümdeki toplam kayıp = 96 Pa olup, yaklaşık olarak 94 Pa kazanç değerine eşittir.
Buna göre çap seçimi uygundur.

– HO Bölümü

Bölge başlangıcı H'daki kanal ayrımı girişi, sonu ise O'daki kanal ayrımı girişidir.
Bölge başlangıcında
Ø 800 mm, V_1 = 10 m/s, P_{V1} = 60 Pa
Bölge boyunca Ø 710 mm, V2 = 6 m/s, PV2 = 21,7 Pa
P_{V1} - P_{V2} = 38,3 Pa
Sürtünme kaybı, özgül kayıp = 0,48 Pa/m,
ΔP_s = 12 x 0,48 = ~ 5 Pa
H noktasında kanal ayrımı (*Ek 3.4*. V_b / V_c = 0,6, q = 45°)
C = 0,51, ΔP = 0,51 x 60 = ~ 31 Pa
H noktasında damper (Ek 2. q = 0)
C = 0,20, ΔP = 0,20 x 21,7 = ~ 4 Pa
N noktasında 90° hazır dirsek
(BFU 90° - 710, Debi = 2.500 l/s) ΔP = 5 Pa
Bu bölümdeki toplam kayıp = 45 Pa olup, kazanç değeri 38 Pa'a yaklaşık eşittir. Çap seçimi uygundur.

– OP Bölümü

Bölge başlangıcında
Ø 710 mm, V_1 = 6 m/s, P_{V1} = 21,7 Pa
Bölge boyunca
Ø 710 mm, V_2 = 5 m/s, P_{V2} = 15,1 Pa
P_{V1} - P_{V2} = ~ 7 Pa
Sürtünme kaybı,
Özgül kayıp = 0,35 Pa/m, ΔP_s = 0,35 x 10 = 4 Pa
O noktasında kanal ayrımı düz kısmı, C = 0,01
ΔP = 0,01 x 21,7 = ~ 0 (Kayıp yok)
Toplam kayıp 4 Pa, statik basınç kazancı 7 Pa olup, çap seçimi uygundur.

– PQ Bölümü

Bölge başlangıcında
Ø 710 mm, V_1 = 5 m/s, P_{V1} = 15,1 Pa
Bölge boyunca
Ø 630 mm, V_2 = 4,5 m/s, P_{V2} = 12,3 Pa
P_{V1} - P_{V2} = ~ 3 Pa

No.	Bölüm	Eleman	Özelliği Niteliği	Debi	Özgül Sürtünme	Hız	Hız Basıncı	Kayıp Katsayısı	Kanal Boyutu	Eleman Kaybı	Bölüm Toplam Kaybı	Statik Basınç Kazanımı	Net Toplam Basınç Gereksinimi
				L/s	Pa/m	m/s	Pa		mm.	Pa	Pa	Pa	Pa
1	Plenum	A	Sistem etkisi	10.000	-	11,0	-	-	1.100x810	72	-	-	-
2	Plenum	B	Dirsek	10.000	-	11,2	76	0,15	1.100x810	11	83	-	83
3	CF	CF	27 m.	10.000	2,4	16	-	-	ø900	65	-	-	-
4	CF	C	Geçiş	10.000	-	16	154	0,05	1.100x810	8	-	-	-
5	CF	D	Ses yutucu	10.000	-	-	-	-	ø900	65	-	-	-
6	CF	E	90° dirsek	10.000	-	-	-	-	ø900	30	168	-	168
7	FH	FH	16 m.	5.000	2,4	10	60	-	ø900	18	-	-	-
8	FH	F	Pantalon	10.000/ 5.000	-	16	154	0,37	ø900/800	57	-	-	-
9	FH	F	45° dirsek	5.000	-	-	-	-	ø800	7	-	-	-
10	FH	G	90° dirsek	5.000	-	-	-	-	ø800	14	96	94	2
11	HO	HO	12 m.	2.500	0,48	6	21,7	-	ø710	5	-	-	-
12	HO	H	Kol ayrılma	5.000/ 2.500	-	10	60	0,51	ø800/710	31	-	-	-
13	HO	H	Damper	2.500	-	6	21,7	0,20	ø710	4	-	-	-
14	HO	N	90° dirsek	2.500	-	-	-	-	ø710	5	45	38,3	7
15	OP	OP	10 m.	2.000	0,35	5	15,1	-	ø710	4	-	-	-
16	OP	O	Geçiş ayrılma	2.500/ 2.000	-	6	21,7	0,01	ø710	0	4	7	-3
17	PQ	PQ	10 m.	1.500	0,32	4,5	12,3	-	ø630	3	-	-	-
18	PQ	P	Geçiş ayrılma	2.000/ 1.500	-	5	15,1	0,01	ø710	0	-	-	-
19	PQ	P	Redüksiyon	1.500	-	-	-	-	ø710/630	1	4	3	1
20	QR	QR	10 m.	1.000	0,3	4,5	12,3	-	ø560	3	-	-	-
21	QR	Q	Geçiş ayrılma	1.500/ 1.000	-	4,5	12,3	0,01	ø630	0	-	-	-
22	QR	Q	Redüksiyon	1.000	-	-	-	-	ø630/560	1	4	3	1
23	RS	RS	10 m.	500	0,27	3,2	6,2	-	ø450	2,7	-	-	-
24	RS	R	Ayrılma	1.000/ 500	-	4	9,6	0,01	ø560	0	-	-	-
25	RS	R	Redüksiyon	500	-	-	-	-	ø560/450	0,7	-	-	-
26	RS	S	45° dirsek	500	-	3,2	6,2	0,15	450	0,9	-	-	-
27	RS	S	Esnek kanal 2m.	500	0,27	3,2	6,2	-	450	0,5	5	3.4	1,6
28	RS	S	VAV KUTUSU	500	-	-	-	-	-	140	-	-	140
29													-
30													-
31													400

Tablo 3.320. STATİK GERİ KAZANMA YÖNTEMİ ÖRNEK HESAP TABLOSU

Özgül kayıp = 0,32 Pa/m,
Sürtünme kaybı = 10 x 0,32 = ~ 3 Pa
P noktasında kanal ayrımı düz geçiş, C = 0,01,
ΔP = 0,01 x 15,1 = ~ 0
P noktasında redüksiyon (RCLU - 710 - 630, 1.500 l/s)
ΔP = 1 Pa
Toplam kayıp 4 Pa, Statik basınç kazancı 3 Pa olup, çap seçimi uygundur.

– QR Bölümü

Bölge başlangıcında
Ø 630 mm, V_1 = 4,5 m/s, PV1 = 12,3 Pa
Bölge boyunca
Ø 560 mm, V_2 = 4 m/s, P_{V2} = 9,6 Pa
$P_{V1} - P_{V2}$ = ~ 3 Pa
Özgül kayıp = 0,3 Sürtünme kaybı = 10 x 0,3 = Pa
Yukarıdakine benzer şekilde,
P noktasındaki kayıplar,
ΔP = 0,01 x 12,3 = ~ 0
ΔP = 1 Pa (Redüksiyon)
Toplam kayıp 4 Pa, Statik basınç kazancı 3 Pa olup, çap seçimi uygundur.

– RS Bölümü

Bölge başlangıcında
Ø 560 mm, V_1 = 4 m/s, P_{V1} = 9,6 Pa
Bölge boyunca Ø 450 mm, V_2 = 3,2 m/s, P_{V2} = 6,2 Pa
$P_{V1} - P_{V2}$ = ~ 3,4 Pa
Özgül kayıp = 0,27 Pa/m,
Sürtünme kaybı = 10 x 0,27 = 2,7 Pa
R noktasında ΔP = 0,01 x 9,6 = 0,1 Pa
ΔP = 0,7 Pa (Redüksiyon)
S noktasında ΔP = 0,15 x 6,2 = 0,9 Pa (45° dirsek)
ΔP = 2 x 0,27 = 0,5 Pa (Esnek kanalda sürtünme)
Toplam kayıp 5 Pa, statik basınç kazancı 3,4 Pa olup, çap seçimi uygundur.

– V.A.V. Kutusu

Üretici firma kataloğundan V.A.V. kutusu için gerekli olan basınç 140 Pa okunarak ilgili satıra işlenmiştir.

– Fan Basıncı

Statik geri kazanma yönteminin sonucu olarak fanın karşılayacağı toplam basınç, V.A.V. kutusu, plenum ve kanal sisteminin ilk bölümü olan CF'deki kayıpların toplamından oluşur.
Buna göre; Fan basıncı = 83 + 168 + 140 = 391 Pa bulunur.

– HM Hattı

Bu hat için hesap tekrar edilirse aşağıdaki standart çap değerleri bulunabilir.

HI Bölümü: Ø 630 mm
IJ Bölümü: Ø 630 mm
JK Bölümü: Ø 560 mm
KL Bölümü: Ø 500 mm
LM Bölümü: Ø 400 mm

Bu hat için hesaplar verilmemiştir.

3.7.4.18. Fanlı Isıtma/Soğutma Cihazlarına Yönelik Kanal Tasarımı

Fanlı ısıtma/soğutma cihazlarının içerisinde bulunan fanların teknik özellikleri, kanal tasarımında dikkate alınmalıdır. Ana amaç HVAC cihazı içerisinde bulunan fanın uyumlu çalışabileceği bir kanal sisteminin tasarlanmasıdır. Bu amaca ulaşmak için, sistemdeki akış direnci (statik basınç düşümü cinsinden) fanın cihaz dışı statik basınç değeriyle istenen hava debisinde uyuşmalıdır.
Bu kavram *Şekil 3.321'*de açıklanmaktadır. Bu durumda fan 5 mmSS dirence karşı çalışırken yaklaşık 1.700 m^3/h hava debisi sağlayabilmektedir. Bu nedenle, kabul edilebilir bir kanal tasarımı, debi 1.700 m^3/h olduğunda direnci 5 mmSS olan sistemi temel almalıdır.

a. Basınç Düşümü ve Özgül Basınç Düşümü

Basınç düşümü, bir kanal sistemi içerisindeki herhangi iki nokta arasında meydana gelen toplam basınç kaybını ifade eder. Örneğin, *Şekil 3.321'*de gösterilen 91 m uzunluğundaki kanalda meydana gelen basınç kaybı 5 mmSS değerindedir.
Özgül basınç düşümü bir kanal sistemi içerisinde yer alan ve aralarında 1m mesafe olan iki nokta arasında meydana gelen basınç kaybıdır. Örneğin, *Şekil 3.321'*de verilen kanal için özgül basınç düşümü 0,055 mmSS/m'dir. Bu değer aşağıdaki gibi hesaplanır:

FR=PD/TEU
FR: Özgül basınç düşümü [mmSS/m]
PD: Basınç kaybı [mmSS]
TEU: Toplam eşdeğer uzunluk [m]

Özgül basınç düşümü bilindiğine göre kanal ölçüleri bir sürtünme tablosu veya hava kanalı cetveli yardımıyla bulunabilir. Tasarım özgül basınç düşümü 0,055 mmSS/m ve istenen hava debisi 1.700 m^3/h olduğunda, kanal çapı 380 mm olmalıdır.

b. Eşdeğer Uzunluk

Kanallar düz bölümler ve bağlantı bileşenlerinden oluşmaktadır; her iki bileşende de bir basınç kaybı olmaktadır. Bu nedenle, bir kanal sistemindeki toplam basınç kaybı düz kanallarda ve her bağlantı noktasında meydana gelen basınç kayıplarının toplamıdır.
Bazen bir bağlantı parçasında meydana gelen basınç düşümü, çok uzun düz bir kanaldaki düşüm ile aynı mertebede olabilmektedir. Örneğin, bir bağlantı parçası 18 m uzunluğundaki düz bir kanalla aynı değerde bir direnç oluşturabilmektedir. Bu durumda, bu bağlantı parçası için '18 m eşdeğer uzunluğa sahiptir' denilebilir. Bağlantı parçasında eşdeğer uzunluğun kullanılması, basınç düşümlerini tanımlamak için iyi bir yöntemdir. Çünkü bu şekilde, bu değerler kolaylıkla düz kanal parçalarının uzunluklarına eklenebilir.
Örneğin, *Şekil 3.21'*deki kanal sistemine eşdeğer uzunluğu 24 m olan birkaç ek yapılabilir (*Şekil 3.322*). Bu durumda, fan performansı ve hava debisi aynı kalırken, kanal uzunluğu 24 m artmıştır (TEU=115 m). Kanal

daha uzun olduğundan, direnç artacaktır ve daha büyük bir kanala ihtiyaç olacaktır. Bu örnekte kanaldaki özgül basınç düşümü,

FR = 5 / 115 = 0,044 mmSS/m

değerindedir. Özgül basınç düşümü bilindiğine göre, kanal ölçüsü bir sürtünme tablosu ya da hava kanalı cetveli yardımıyla bulunabilir. Metal sacdan imal edilecek ve 1.700 m³/h debiyi sağlayacak ve tasarım özgül basınç düşümü 0,044 mmSS/m olan kanalın çapı yaklaşık 400 mm olmalıdır.

c. Dönüş Kanallı Sistemler

Sisteme kanallı bir dönüş hattı eklendiğinde (*Şekil 3.323*), sistem basma kanalı tarafında daha az bir basınca sahip olacaktır, çünkü fanın sağladığı basınç havayı dönüş kanalında hareket ettirmek için de kullanılacaktır.

Gerçekte bu sistem öncekilerden farklı bir sistem değildir. Yalnızca 30 m'lik bir eşdeğer uzunluğa sahip bir dönüş kanalı eklenmiştir. Fan performansı ve istenen hava debisi aynı kalırken, bu durumda kanal uzunluğu 146 m'ye çıkmaktadır. Toplam eşdeğer uzunluk daha fazla olduğundan daha büyük bir direnç söz konusudur ve bu da daha büyük kanal çapını gerektirmektedir. Ölçülendirme hesapları 146 m'ye göre yapıldığında, tasarım özgül basınç düşümü 0,034 mmSS/m olacaktır.

FR = 5 / 146 = 0,034 mmSS/m

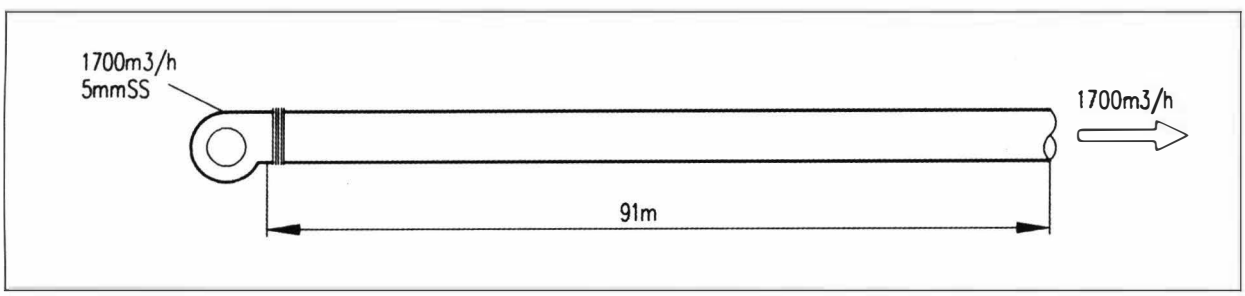
Özgül basınç düşümü bilindiğine göre, sistemin iki tarafına da uygulayabiliriz. Bu durumda, hava kanalı cetveli metal sacdan imal edilmiş ve 1.700 m³/h debiyi verebilen ve 0,034 mmSS/m tasarım özgül basınç düşümüne sahip olan kanalın çapının 430 mm olması gerektiğini göstermektedir.

d. Branşmanlar

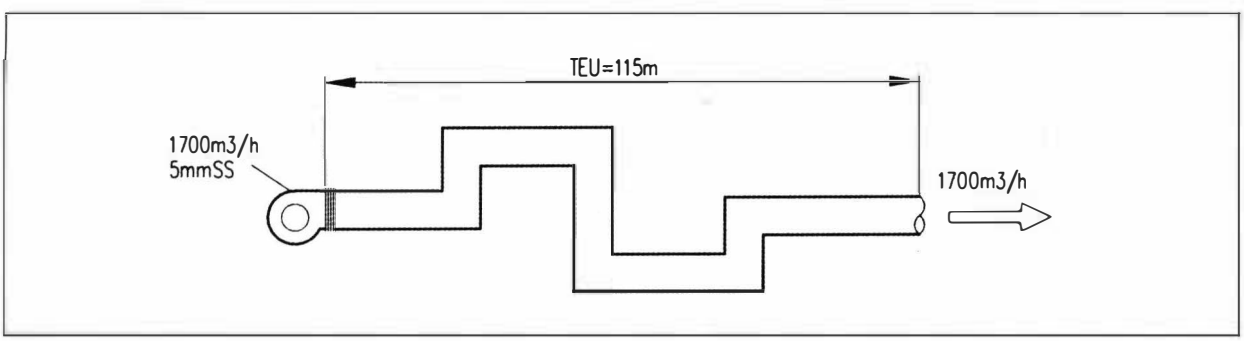
Basma kanalının birden fazla üfleme noktası varsa, dönüş kanalının da birden fazla emiş noktası vardır. Örneğin, *Şekil 3.324* üç tane üfleme noktası ve iki tane emiş noktası bulunan bir sistemi göstermektedir. Bu durumda, sistemde birkaç tane eşdeğer uzunluk vardır.

Temelde, bu sistemin tasarımını bir önceki sistem için uygulanan yöntemle yapmak mümkündür. Bu durumda, kabul edilebilir bir tasarım için en yüksek eşdeğer uzunluğa sahip kanalla, yani basma tarafında 115 m ve dönüş tarafında 30 m ile çalışmalıyız. Fan en uzak basma noktasında yeterli miktarda hava sağlayabiliyor ve en uzak noktasından yeterli miktarda hava çekebiliyorsa, kesinlikle diğer noktalardaki ihtiyaçları da karşılayacaktır. Yukarıda gösterildiği gibi hesaplar 146 m uzunluk üzerine yapılırsa, tasarım özgül basınç düşümü 0,034 mmSS/m olmaktadır. Bu oran ana hatları ve branşmanları ölçülendirmekte kullanılabilir. Bu değeri kullanarak hava kanalı cetvelinin yardımıyla kanal ölçüleri bulunabilir (*Tablo 3.325*).

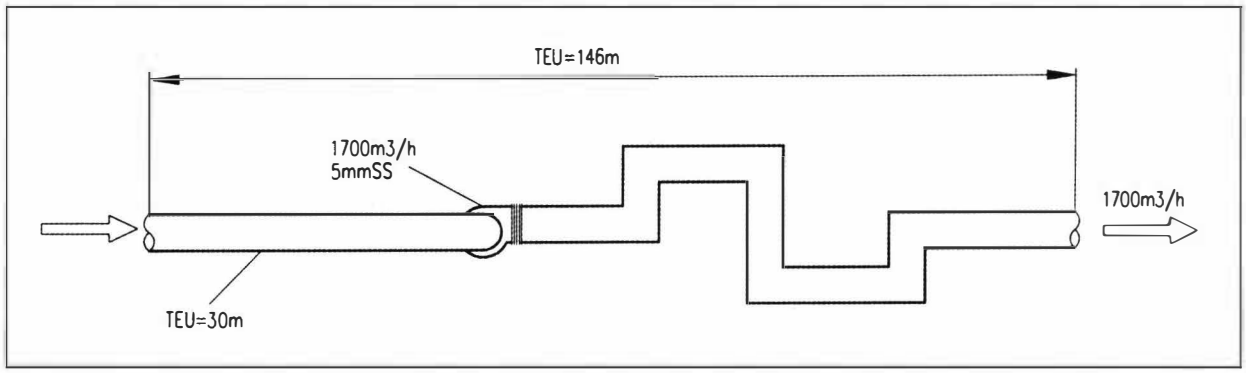
Tablo 3.325'de verilen kanal ölçüleri mükemmel dengelenmiş bir sistemi garanti etmez. Bütün ölçüler en kötü durumdaki özgül basınç düşümüne göre belirlendiğinde, en uzun kanallardaki ölçüler uygun olurken, diğer hatlardaki ölçülendirme aynı doğrulukta olmayabilir. Bunun sonucunda kısa kanallarda gerekenden fazla hava üflenmesi/emilmesi meydana gelecektir. Bu durumu düzeltmek için branşmanların başına dengeleyici damperler monte edilmelidir. Damperler ayarlandığında her kanalın toplam eşdeğer uzunluğu aynı olacaktır ve istenilen hava debisi sağlanacaktır.



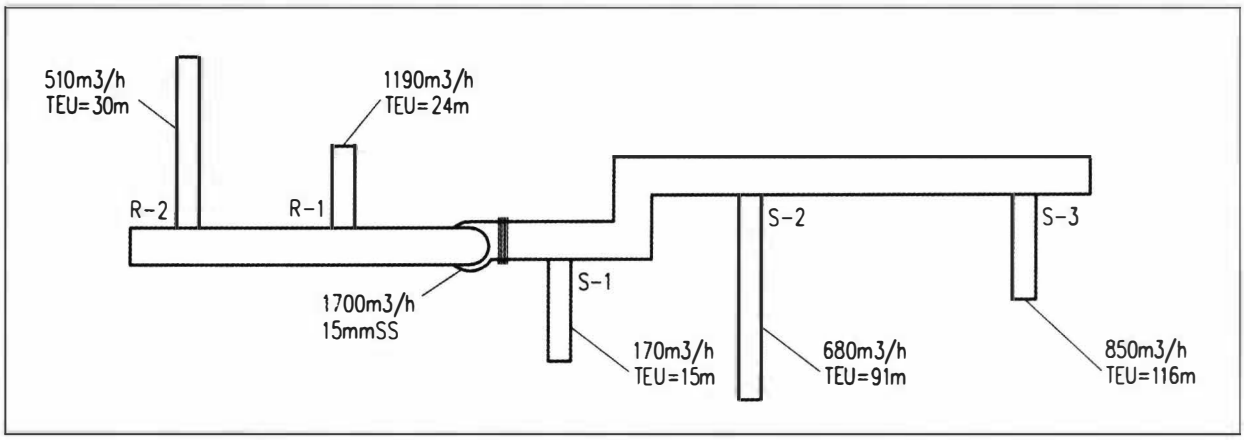
Şekil 3.21. EVSEL KANAL TASARIMI



Şekil 3.322. EŞDEĞER UZUNLUK



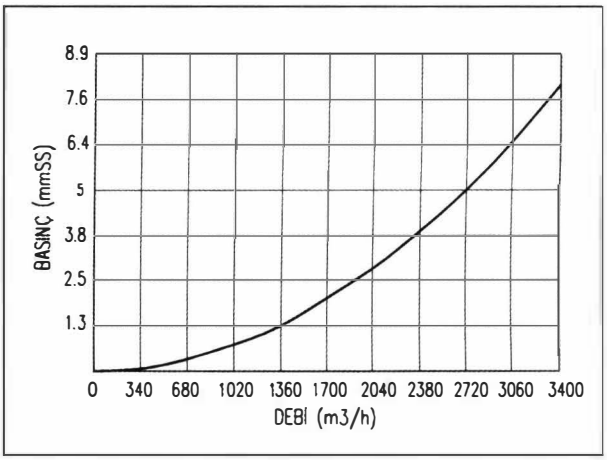
Şekil 3.323. DÖNÜŞ KANALLI SİSTEM



Şekil 3.324. BİRDEN FAZLA SAYIDA ÜFLEME NOKTASI HALİ

Ana Hatlar	Debi [m³/h]	FR [mmSS/m]	Çap [mm]
Fandan S-1'e	1.700	0,034	430
S-1'den S-2'ye	1.530	0,034	400
S-2'den S-3'e	850	0,034	330
Fandan R-1'e	1.700	0,034	430
R-1'den R-2'ye	510	0,034	280
Branşmanlar	**Debi [m³/h]**	**FR [mmSS/m]**	**Çap [mm]**
S-1	170	0,034	180
S-2	680	0,034	300
S-3	850	0,034	330
R-1	1.190	0,034	380
R-2	510	0,034	280

Tablo 3.325. HAVA KANALI ÖLÇÜLERİ



Şekil 3.326. SERPANTİNDEKİ BASINÇ DÜŞÜMÜ

e. Sistem Bileşenlerinde Meydana Gelen Basınç Kayıpları

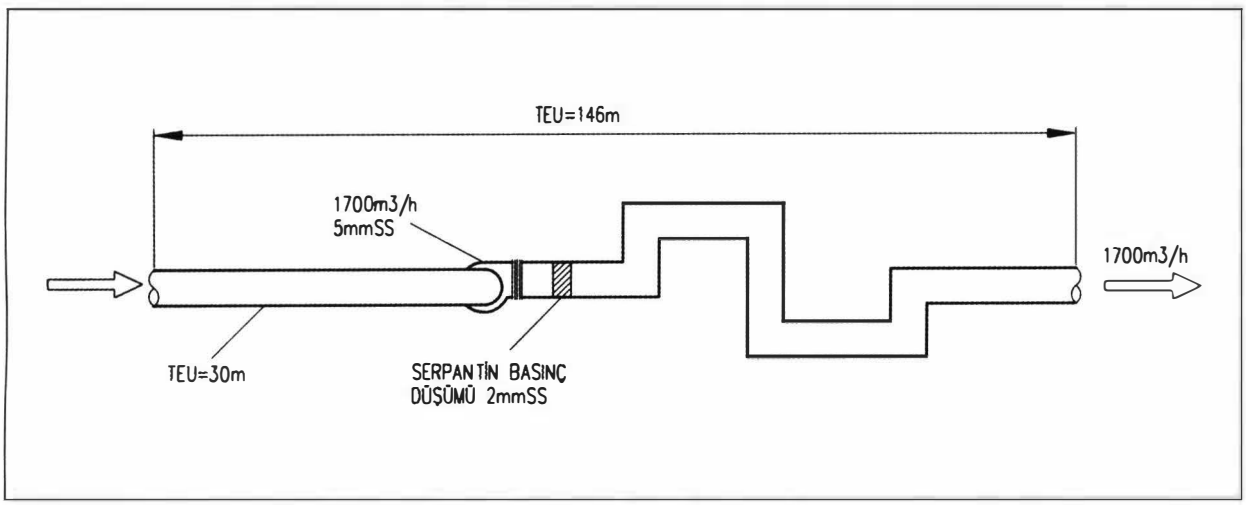
Hava kanalı üzerine monte edilmiş her bileşen (örn. filtre, serpantin, damper, anemostat veya menfez) ek bir direnç oluşturacaktır. Oluşan basınç kaybı hava debisine bağlıdır. *Şekil 3.326* bir elektrikli ısıtıcının debiye bağlı yaratacağı direnci göstermektedir. Artan hava debisi ile beraber basınç kaybının da hızla artacağına dikkat edilmelidir. Bu tip bileşenlerde meydana gelen basınç kayıpları çok önemlidir. Çünkü bu kayıplar hava kanalı içerisinde hava hareketini sağlayan fanın sağladığı cihaz dışı statik basınç değerini azaltmaktadır. Bu nedenle sistemde kullanılan ısıtma/soğutma cihazlarının fan basıncına bağlı olarak tüm sistem bileşenlerinin

yarattığı ek basınç kaybını karşılamak amacıyla kanal ölçülerinin daha büyük tasarlanması gerekmektedir.
Bu kavram *Şekil 3.327*'de gösterilmektedir. Bu durumda, 5 mmSS dirence karşı fanın sağladığı debi 1.700 m^3/h, ancak serpantinde meydana gelen basınç kaybı 2 mmSS olmaktadır. Bu nedenle, kabul edilebilir kanal ölçüsü 3 mmSS dirençte 1.700 m^3/h hava debisini taşıyabilmelidir. 3 mmSS değerini baz alırsak özgül basınç düşümü 0,02 mmSS/m ve kanal çapı 470 mm olmaktadır. Bir serpantin monte edilmeseydi kanal hesabı 5 mmSS basınç kaybına göre yapılacaktı ve sonuçta 0,034 mmSS/m özgül basınç düşümü ve 420 mm kanal çapı ortaya çıkacaktı.

f. Hız Sınırları

Eğer yeterli hava miktarı tek tasarım kriteri olsaydı, kanal içinde akan havanın hızı ihmal edilmiş olurdu. Ancak hesaplar bu şekilde yapılamamaktadır. Çünkü yüksek hızla beraber türbülanslı akış, sınırların çok üstünde bir akış sesi yaratabilir. Bu yüzden de özgül basınç düşümünü sağlayan bir kanal seçtikten sonra hızlar *Tablo 3.328*'de verilen değerleri aşmayacak şekilde kanal boyutları gözden geçirilir.

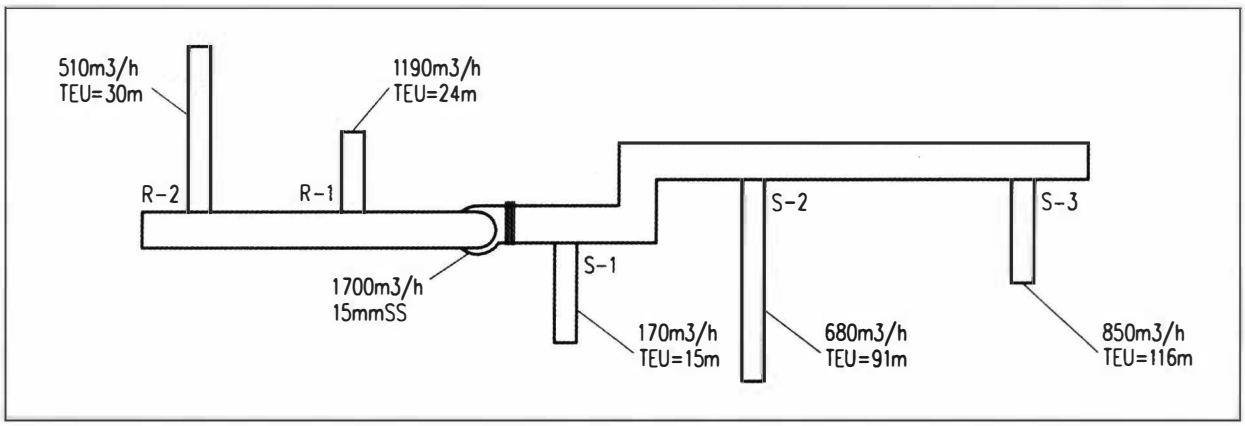
Hız için tasarım değerine ulaşıldıktan sonra bir sürtünme tablosu veya hava kanalı cetveli yardımıyla istenen hız değerine uyan bir kanal ebadı belirlenmelidir. Örneğin, 1.700 m^3/h'lik bir debi ve 4,6 m/s'lik izin verilen en yüksek hız için, 370 mm çapında bir kanala ihtiyaç vardır.
Şekil 3.329'da hız sınırlarının son kanal ölçülerini nasıl etkilediği gösterilmektedir. Bu durumda, sistemde nispeten daha yüksek bir basınçta 1.700 m^3/h debi sağlayan bir fan kullanılmaktadır. Şekil, fanın cihaz dışı statik basıncının 15 mmSS olduğunu göstermektedir ve toplam eşdeğer uzunluğun 146 m olduğu görülmektedir. Böylece özgül basınç düşümü 0,1 mmSS/m olmaktadır. Kanallar, hız değerleri *Tablo 3.328*.'de tavsiye edilen değerlerden fazla olmadığı sürece bu orana göre ölçülendirilebilir.
Tablo 3.330 yukarıda anlatılan hesapları özetlemektedir. Bu örnekte debi için tasarlanan çoğu kanal çapı, hız sınırı şartlarını (*Tablo 3.328*) sağlamak için, küçük seçilmiştir. Bu durumda tasarım çapı hız sınırı şartına uygun olarak seçilecektir.
Debi şartını sağlayan çap ve hız sınır şartını sağlayan



Şekil 3.327. ISITICI SERPANTİNLİ KANAL SİSTEMİ

Tavsiye Edilen Hızlar [m/s]								
	Basma Kanalı				Dönüş Kanalı			
	Tavsiye Edilen		Maksimum		Tavsiye Edilen		Maksimum	
	Rijit	Esnek	Rijit	Esnek	Rijit	Esnek	Rijit	Esnek
Ana Hatlar	3,6	3,1	4,6	3,6	3,1	3,1	3,6	3,6
Branşmanlar	3,1	3,1	4,6	3,6	2	2	3,6	3,6
Atış Menfezi	Atış İçin Ölçülendirin		3,6		-		-	
Emiş Menfezi	-		-		-		2,5	
Filtre Menfezi	-		-		-		1,5	

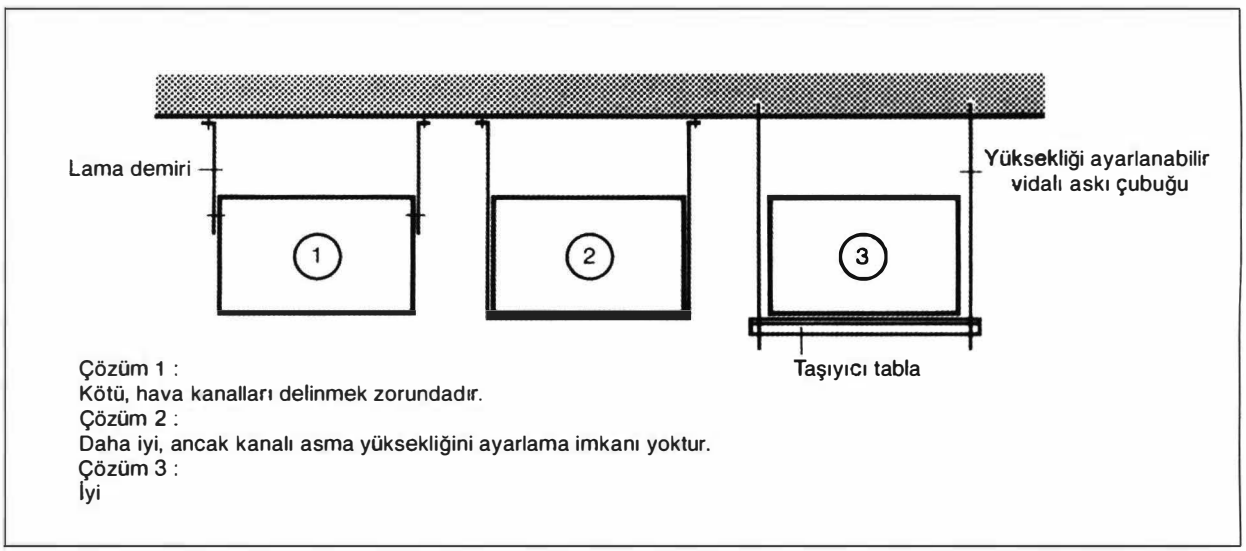
Tablo 3.328. EVSEL KANALLARDA TAVSİYE EDİLEN HIZ DEĞERLERİ



Şekil 3.329. HIZ SINIRLARININ KANAL ÖLÇÜLERİNE ETKİSİ

Ana Hat	Debi [m³/h]	FR [mmSS/m]	Debi için Çap [mm]	Hız [m/s]	Tasarım Hızı [m/s]	Hız için Çap [mm]	Tasarım Çapı [mm]
Fandan S-1'e	1.700	0,1	340	5,3	4,6	370	380
S-1'den S-2'ye	1.530	0,1	330	5,1	4,6	350	360
S-2'den S-3'e	850	0,1	260	4,5	4,6	260	280
Fandan R-1'e	1.700	0,1	340	5,3	3,6	420	430
R-1'den R-2'ye	510	0,1	220	4,0	3,6	230	230
Branşmanlar	**Debi [m³/h]**	**FR [mmSS/m]**	**Debi için Çap [mm]**	**Hız [m/s]**	**Tasarım Hızı [m/s]**	**Hız için Çap [mm]**	**Tasarım Çapı [mm]**
S-1	170	0,1	140	3,0	4,6	110	150
S-2	680	0,1	240	4,3	4,6	230	250
S-3	850	0,1	260	4,5	4,6	260	280
R-1	1.190	0,1	300	4,9	3,0	380	380
R-2	510	0,1	220	4,0	3,0	240	250

Tablo3.330. EVSEL KANALLARDA TAVSİYE EDİLEN HIZ DEĞERLERİ



Şekil3.331. HAVA KANALLARININ FARKLI ASMA ŞEKİLLERİ

çap farklı olabilir. Kanal tasarım çapı her zaman iki değer arasında en büyük olanıdır. (Büyük çap hız şartı ile belirlendiyse, kanal sadece debi şartını sağlayan küçük çaplı bir kanaldan daha az direnç gösterecektir. Daha az direnç olduğundan hava debisi istenenden daha yüksek olacaktır. Bu nedenle, istenen debileri elde etmek için dengeleyici damperler monte edilmeli ve ayarlanmalıdır.)

3.7.4.19. HAVA KANALLARI UYGULAMA ALTERNATİFLERİ

Yataydaki kanal uygulamalarında, kanallar kat tavanlarına asılarak monte edilirler. Genelde bu kanallar asma tavan içinde gizlenmektedirler. Bilgi işlem odaları gibi, yükseltilmiş döşeme kullanılan özel odalarda, kanallar döşeme içine de yerleştirilebilirler. Döşemesi toprağa oturan yerlerde yataydaki kanallar döşeme betonun altına veya içine yerleştirilebilir. Havalandırma kanallarının bir kat döşemesine yerleştirilmesi ancak çok küçük kapasite ve ölçülerde mümkündür. Dikey kanallar, şaftlar içinde toplanarak uygulanabilir. Merkezi dikey dağıtımda, kanallar genellikle taşıyıcı veya kör dikmelerden götürülürler.

a. Yatay Kanal Uygulamaları

• Kat Tavanına Montaj

Havalandırma kanalları köşebent demirinden askılar üzerine monte edilirler ve bu askılar vidalı somunlar ile tavana sabitlenir. (*Şekil 3.331*). Böylece somunlar ile oynanarak kanalların asma yüksekliği ayarlanabilir. Vidaların tavana sabitlenmesinde zincir veya dübel kullanılabilir. Küçük ve hafif kanallarda kendi boyunca kayabilen, kendiliğinden tutan yaylar kullanılabilir. Titreşimle ses taşınmasını engellemek için tavana sabitleme esnasında ses yutucu bileşenler kullanılabilir. Bu bileşenler metal bir gövde içinde sert plastik muflardan oluşurlar ve betonlanabilirler veya dübel ile monte edilebilirler.

Kanalların duvarlara taşıtılması da mümkündür. Bunun için konsol kullanılır.

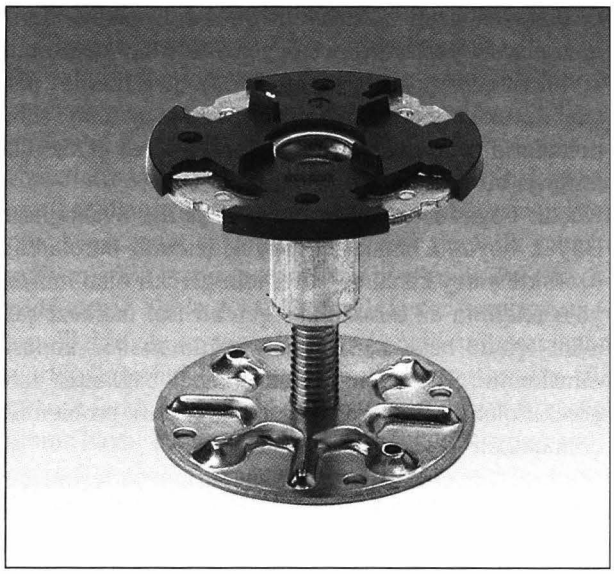
• Yükseltilmiş Döşeme Uygulaması

Bilgi işlem vs. gibi özel odalarda yükseltilmiş döşeme gerekli olabilir. Yükseltilmiş döşemeler ile istenilen noktalarda telefon, elektrik, bilgisayar gibi hatların çıkışlarının alınabilmesi ve tesisata kolay ulaşım imkanı yaratılır. Taşıyıcı tabana döşeme alt konstrüksiyonu yapılması gerekir. Kaba taban ile döşeme arasında boşluk bırakılır ve kanalların buradan geçmesi sağlanır. Kaldırılabilen taban plakaları ile hatlara ve kanallara kolayca ulaşılır. *Şekil 3.333* ve *Şekil 3.334*'de yükseltilmiş döşemelerde konstrüktif yapı örneklerini göstermektedir.

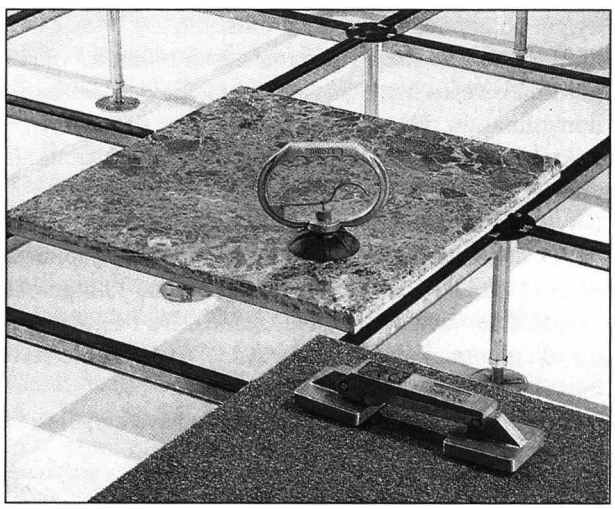
b. Dikey Kanal Uygulamaları

• Şaftlarda Montaj

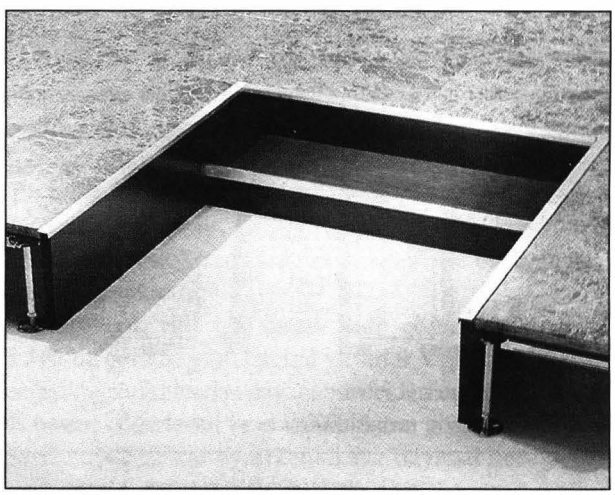
Dikey kanal uygulamalarında şaftlar kullanılacaksa, bu şaftlar mümkün olduğunca sınırlı alanda kullanılmalıdır. Bina çekirdeğinde şaftın en uygun yerleri, taşıyı-



Şekil 3.332. TAŞIYICI AYAK ÖRNEĞİ



Şekil 3.333. YÜKSELTİLMİŞ DÖŞEME KONSTRÜKSİYONU



Şekil 3.334. BİTMİŞ YÜKSELTİLMİŞ DÖŞEME

cı olmayan uzun kenarlardır. Şaftların, çekirdeklerin iç zonlarına yerleştirilmeleri genelde yatay dağıtımda zorluklar getirmektedir (*Şekil 3.335*). Şaftlar kolay ulaşılabilecek yerlerde olmalıdır. Bu sebepten dolayı sabit noktaların geçiş noktalarından geçilebilecek şaft kullanımı iyi bir çözümdür.

Küçük boyutlu binalarda merkezi şaftlar avantajlıdır. Büyük boyutlu binalarda (büyük hacimli bürolarda), özellikle yatay kanal dağıtımı için gerekli olan montaj yüksekliğinin az bırakılması gerekli ise, merkezi şaft alanı içinde hava kanallarının yığılması söz konusu olmaktadır. Şaftın içinde yatay kanal bağlantısı için gerekli olan boşluklarda, çoğunlukla statik problemler çıkmaktadır. (*Şekil 3.336* ve *Şekil 3.337*)

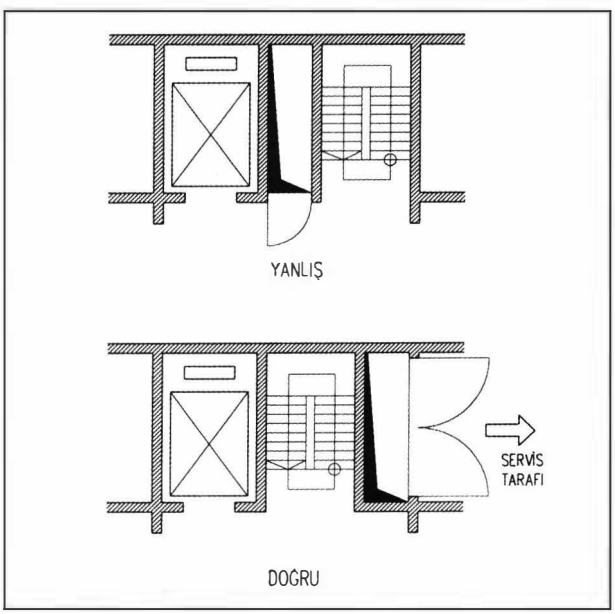
Merkezi şaft, emiş ve üfleme kanallarının yerleşimi için iki veya üçe bölünürse, yatay kanal sistemi kesişmeden yerleştirilebilir ve montaj yüksekliği azaltılabilir.

Hava kanallarının şaft duvarlarına montajı için bağlama rayları kullanılır. Tesisat montajı sırasında şaft içinde çalışabilmek için gerekli iskele veya kalas koymaya uygun önlem betonarmede alınmalıdır.

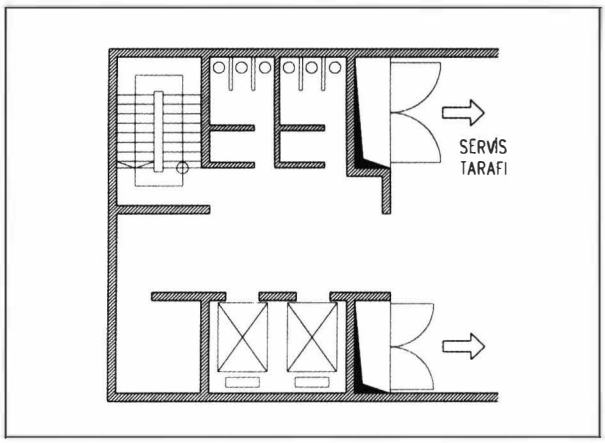
Şaftlar kendi başlarına yangını kesici bölümler olarak görülmeli ve en azından yangın engelleyici kapılar ile donatılmalıdır. Hava kanallarının yatay dağıtım geçiş noktalarında yangın koruma damperleri kullanılmalıdır.

Bir şaft için gerekli olan alan hesaplanırken, içinde bulunacak kanalların toplam kesitine, ilerde yapılacak olası eklemeler için ve şaft içinde montaj için gerekli olacak alan ilave edilir (*Şekil 3.338*). Bu boş alan çok küçük tutulmamalıdır. *Tablo 3.339*'da şaftlarda hava kanalları için yer ihtiyacı verilmiştir.

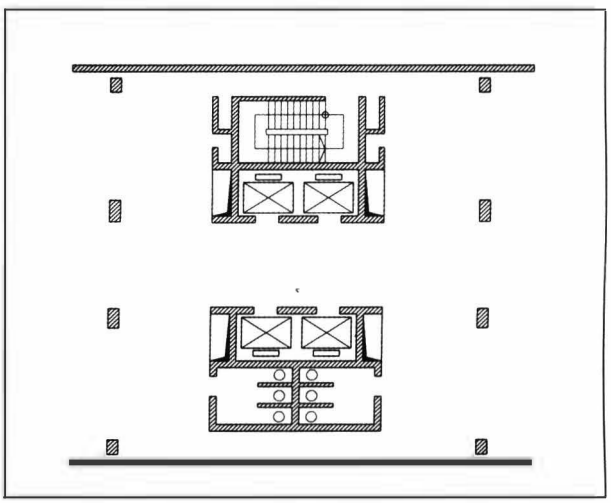
Su taşıyan boruları da aynı şaft içinde hava kanalları ile beraber monte etmek mümkündür. Burada dikkat edilmesi gereken husus, su borularının hava kanallarının önünde ikinci sırada olmasının engellenmesidir (*Şekil 3.340*). Sonradan yapılacak müdahaleler esnasında mutlaka zorlukların çıkacağı unutulmamalıdır. Daha büyük tesislerde su taşıyan borular için sıhhi tesisat şaftı yapılarak su boruları ile hava kanallarının istenmeyen kesişmeleri engellenebilir.



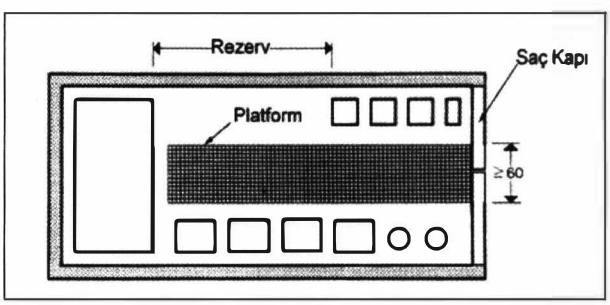
Şekil 3.335. ÇEKİRDEK ŞAFTLARIN YERLEŞİMİ



Şekil 3.336. 5 KATLI BİR İŞYERİ BİNASININ ÇEKİRDEĞİ



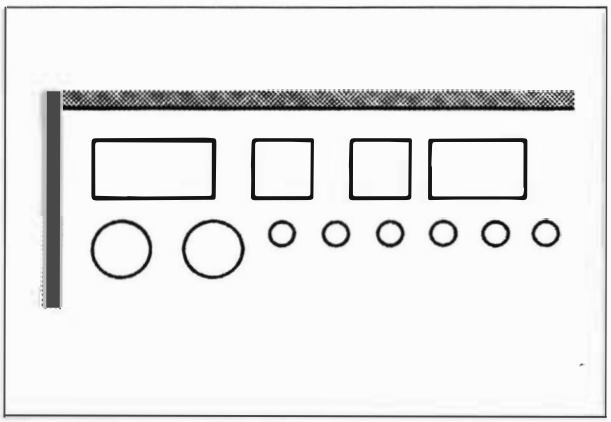
Şekil 3.337. 18 KATLI YÜKSEK BÜRO BİNASININ ÇEKİRDEĞİ



Şekil 3.338 HAVA KANALLARI TOPLAMA ŞAFT KESİM ŞEMASI

Debi m³/h	Tek Kanallı Tesisat		İki Kanallı Tesisat Yüksek Hız m²
	Yüksek Hız m²	Düşük Hız m²	
10.000	0,9	1,1	1,4
25.000	1,6	2,0	2,5
50.000	2,9	3,7	4,5
75.000	4,1	5,4	6,5
100.000	5,3	7,0	8,5
150.000	7,8	10,4	12,0

Tablo 3.339. ŞAFTLARDA HAVA HATLARININ YER İHTİYACI



Şekil 3.340. HAVA KANALLARINDAN ÖNCE BORU HATLARININ YANLIŞ YERLEŞİMİ

Şaft içindeki kanallara ve borulara ulaşmak için kapaklar değil, kapılar bırakılmalıdır. Bu şaft kapıları açıldığında şafttaki kanallara rahatça ulaşabilmektedir
Cihaz çıkışında kanal düzenlemesi *Şekil 3,341* ve *Şekil 3.342*'de cihazın bulunduğu mekanik odadan ana kanal çıkışında uygulamada karşılaşılan doğru ve yanlış uygulamalar gösterilmiştir. Perde beton nedeniyle oluşan yanlış uygulamada ana kanal bir U yapmaktadır. Bu basınç kayıplarına ve ses oluşumuna neden olduğu gibi yer kaybı meydana gelmektedir. Perde duvar kaydırılarak ulaşılan doğru uygulamada ana kanalın düz çıkması sağlanmıştır.

3.7.4.20. KANAL SİSTEMLERİNDE EKONOMİ

Yatırım maliyetini azaltmak için uygulamada denenmiş pratik öneriler aşağıdaki gibi sayılabilir:

- Mümkün olduğu kadar az sayıda bağlantı parçaları kullanın.
- Hava kaçaklarını önleyin. Bu amaçla hazır kanallar kullanmayı tercih edin.
- Yuvarlak kanal kullanımı, özellikle esnek kanallar tavsiye edilir.
- Dikdörtgen kanal kullanıyorsanız, kenarların 1:3 oranını aşınamasına özen gösterilmelidir.

Bu yaklaşımla, yatırım maliyetlerine etki eden önemli parametreler aşağıda sıra ile incelenecektir.

a. Kanal Kenar Oranı

Kanalların yuvarlak veya dikdörtgen olması ve dikdörtgen kanallarda bir kenar uzunluğunun diğerine oranı olan kenar oranı değerinin değişmesi gerek ilk yatırım maliyetlerini, gerekse enerji maliyetlerini önemli ölçüde artırır. *Tablo 3.343*'de farklı kenar oranlarına sahip dikdörtgen ve yuvarlak düz kanal için hesaplanan ağırlık değerleri verilmiştir. Bu karşılaştırmada söz konusu farklı boyuttaki kanalların aynı debiyi aynı sürtünme kaybı ile taşıması esas alınmıştır. Buradan açıkça görülmektedir ki artan kenar oranları birim kanal uzunluğundaki ağırlığı önemli ölçüde artırmaktadır. Hiç kuşkusuz artan kanal ağırlığı ile birlikte kanalın yatırım maliyeti ve işçilik maliyeti de artacaktır. Ancak bağlantı parçaları ile birlikte farklı kanal sistemleri kullanıldığında, yatırım maliyeti kullanılan malzemeye göre ve seçilen kanal tipine göre değişir. Genel bir fikir vermesi açısından SMACNA'ya göre kenar oranı ile göreceli yatırım maliyeti değişimi *Şekil 3.334*'de verilmiştir.

b. Basınç Sınıflandırılması

SMACNA yayınlarında kanal tasarımcısının kanalda geçerli basınç değerlerini vermesi gerektiği vurgulanır. Kanal sistemi üzerinde geçerli çalışma basınç grubu verilmelidir. Böylece et kalınlıklarını bu basınca göre belirlemek mümkün olacaktır. Bununla kanal maliyetleri de azaltılabilir.

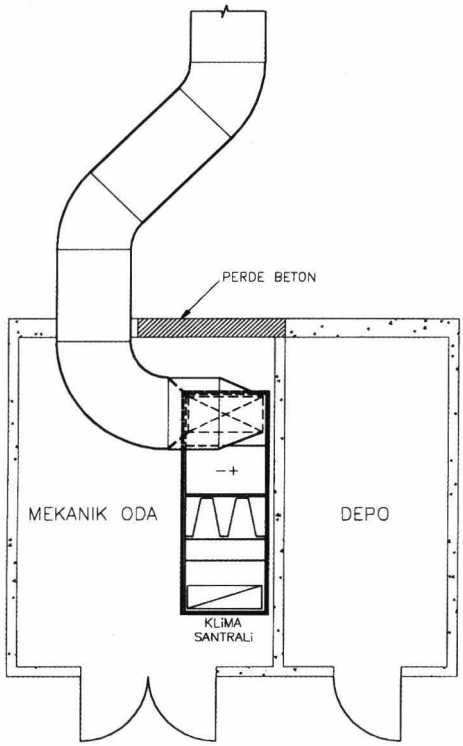
Kanal maliyeti yerel işçilik fiyatları, malzeme fiyatları, uygulama pratiği, ekipman gibi birçok faktöre bağlı olduğundan; her durum için geçerli maliyet verileri sunmak imkânsızdır. Bu nedenle göreceli maliyet kavramı daha çok geçerlidir. En alt basınç sınıfı esas alınmak suretiyle *Tablo 3.345*'de farklı basınç grupları için göreceli maliyet oranları verilmiştir.

Bu tabloda galvanizli sac ve SMACNA Standartlarına göre minimum sızdırmazlık şartlarını sağlayan kanal kalitesi esas alınmıştır. Bu tablonun değerlendirilmesi tasarımcıya basıncın etkisini takdir etme imkânı verecektir. Dikdörtgen kesitli kanallarda sağlanması gerekli et kalınlıkları da verilmiştir.

Yuvarlak kanallarda doğal formundan dolayı basınca dayanım çok iyidir. Ayrıca spiral yuvarlak kanallarda helisel kenet noktasında 4 katlı yapı ilave bir mukavemet getirmektedir.

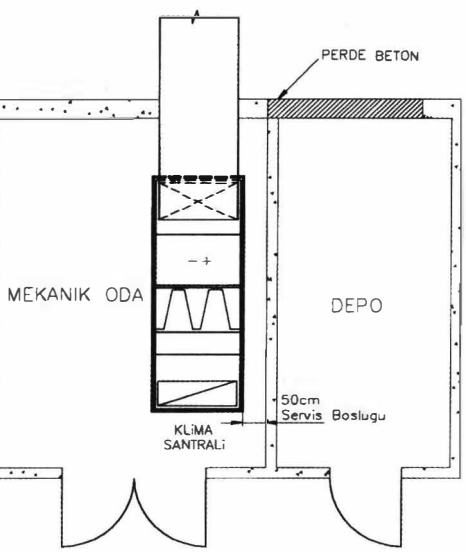
Böylece çok rijit bir sistem elde edilmektedir. *Şekil 3.346*'da görülen grafik spiral yuvarlak kanalların yapısal değişikliğe uğramadan dayanabilecekleri en yüksek negatif basınç değerlerini ve et kalınlıklarını göstermektedir.

Şekil 3.347'de ise aynı kanalların dayanabileceği pozitif basınç değerleri verilmiştir. Doğal olarak pozitif basınca dayanım çok daha fazladır.



a. Hava dağıtımında basınç kayıpları fazla
b. Enerji tüketimi fazla
c. Sesli çalışma
d. Hava kanalı maliyeti fazla
e. estetik kötü
f. Yer kaybı fazla
g. Servis olanağı sınırlı

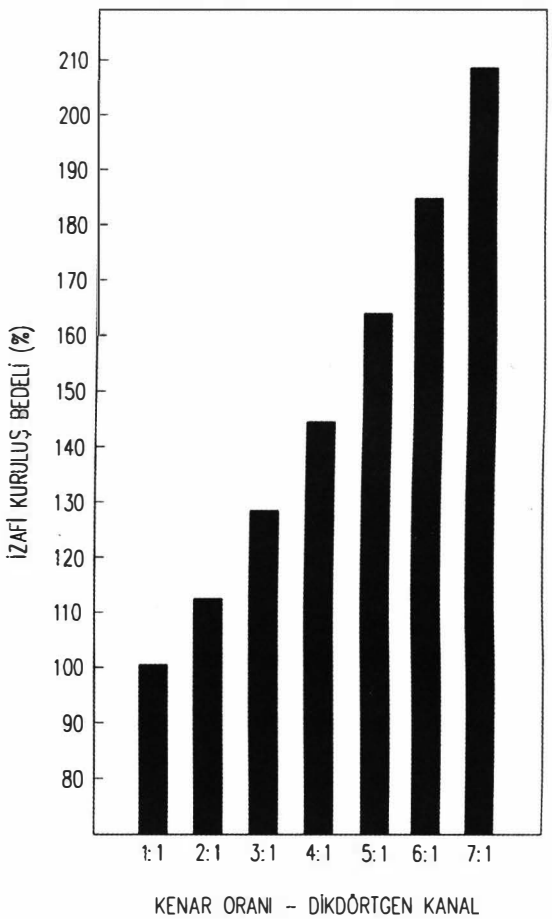
Şekil 3.341. ANA KANAL DÜZENLEMESİNDE YANLIŞ UYGULAMA



Şekil 3.342. ANA KANAL DÜZENLEMESİNDE DOĞRU UYGULAMA

Kanal boyutu mm	Kanal alanı m²	Kenar oranı -	Sac et kalınlığı mm	Ağırlık kg/m
ø600	0,28	-	0,55	8,35
550x550	0,30	1/1	0,55	9,73
750x400	0,30	1,9/1	0,55	10,71
1100x300	0,33	3,7/1	0,85	19,21
1500x250	0,38	6/1	1,00	28,28
2000x200	0,40	10/1	1,31	46,29

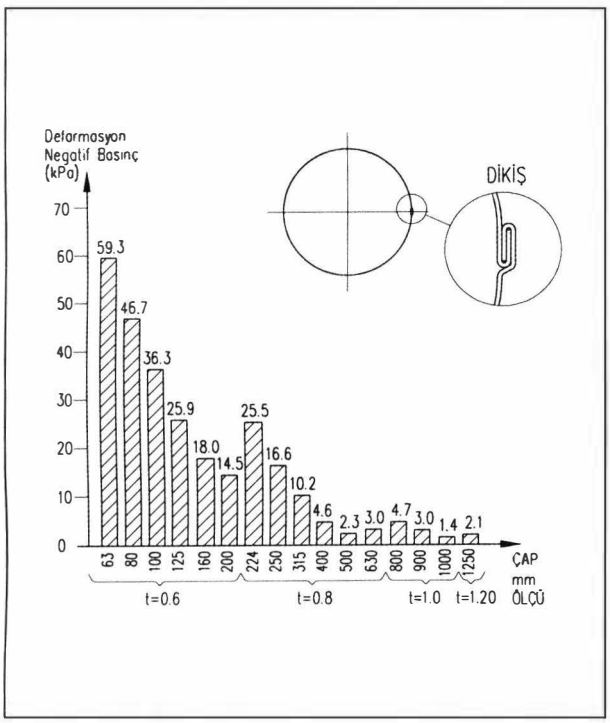
Tablo 3.343. KENAR ORANI ETKİSİ
(Aynı debi ve sürtünme kaybı için)



Şekil3.344. GÖRECELİ KURULUŞ BEDELİ - KENAR ORANI

Kanal basınç sınıfı	Maliyet oranı
0 - 125	1,00
125 - 250	1,05
250 - 500	1,15
500 - 750	1,40
750 - 1.000	1,50
1.000 - 1.500	1,60
1.500 - 2.500	1,80

Tablo 3.345. GÖRECELİ KANAL MALİYETLERİ

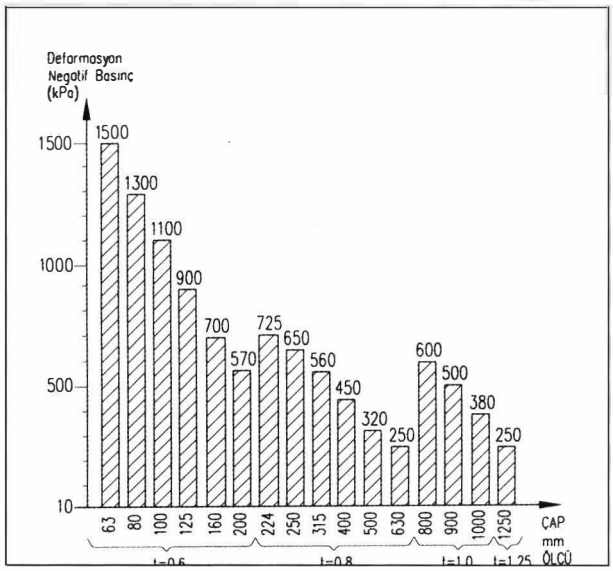


Şekil 3.346. YUVARLAK SPİRAL KANAL NEGATİF BASINÇ DAYANIMI VE ET KALINLIĞI

c. Bağlantı Parçası Maliyetleri

İlgili bölümde çeşitli bağlantı parçalarının kayıp katsayıları verilmiştir. Tasarımcı buradan en uygun bağlantı parçasını seçebilir. Ancak en küçük kayıp katsayısını veren bağlantı parçası en pahalı olanı olabilir. Yüksek kenar oranlı bir bağlantı parçası imal etmek, kare kesitli bir bağlantı parçasından biraz daha pahalı fakat yuvarlak bağlantı parçası imal etmekten daha ucuzdur.

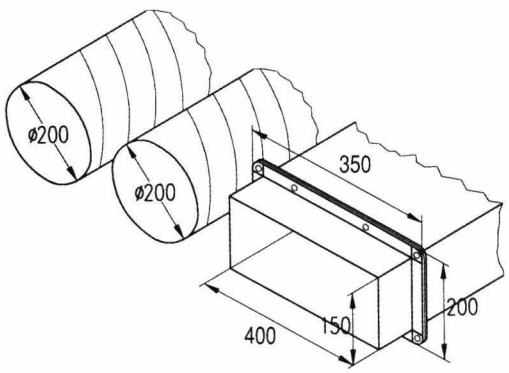
Ancak daha önce tartışılan konular burada da geçerlidir. Günümüzde bağlantı parçaları, fabrikalarda, makinelerde üretilmekte ve işçilik maliyetleri düşürülmektedir. Elle üretimde ise işçilik maliyeti, aynı kesitli ve aynı uzunlukta düz kanal maliyetinin 4-8 misli olabilmektedir. Eğer yönlendirici kanallar kullanılırsa bu oran çok daha fazla olacaktır.



Şekil 3.347. SPİRAL KANALLAR POZİTİF BASINÇ DAYANIMI

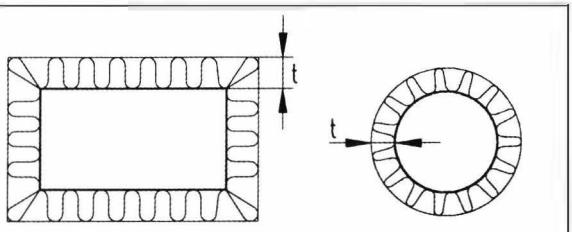
3.7.4.21. Yuvarlak Kanalların Montaj ve Yatırım Açısından İncelenmesi

- Yuvarlak kanallar sınırlı sayıda standardize edilmiş bileşenlerden ve belirli sayıda standart boyuttan oluşur.
- Kanalların ve bağlantı bileşenlerinin üretimi tamamen otomatik ve seri olarak sistematik bir şekilde yapılmaktadır. Endüstriyel kalite kontrolu mümkündür.
- Yuvarlak kanalların montaj süresi, benzer bir dikdörtgen kanalın yaklaşık üçte biri kadar olabilmektedir.
- İzolasyon malzemesinin maliyetleri daha düşüktür. Çünkü;



Geniş dikdörtgen kanallar, fazladan yer gereksinmeden birkaç yuvarlak kanal ile değiştirilebilirler. Tek geniş kanal yerine 2 yuvarlak kanal kullanılması halinde maliyet daha düşüktür. Daha iyi akış kontrolu ve daha basit dengeleme mümkün olur.

Şekil 3.348. DİKTDÖRTGEN KANALLA İKİ YUVARLAK KANAL EŞDEĞERLİĞİ



Yuvarlak kanallarda daha ince yangın izolasyonu kullanımına izin verir.

Şekil 3.349. İZOLASYON KALINLIĞI TANIMI

Yuvarlak	Dikdörtgen
30	40
30	40
50	70
50	70
100	140
100	120

Tablo 3.350. İZOLASYON KALINLIKLARI (mm)

- Uygulanması daha kolaydır.
- Daha küçük çevre uzunluğu dolayısı ile daha az izolasyon malzemesi kullanılır. Örneğin; Ø 500 mm yuvarlak kanalın çevresi, 400 x 400 mm dikdörtgen kanaldan %13 daha azdır. İzolasyon için bu oranda az malzeme kullanılır.

• Gerek yangından koruma için gerekse ısıl izolasyon için yuvarlak kanallarda daha ince izolasyon kullanılabilir. *Şekil 3.349* ve *Tablo 3.350*'de kanalların dıştan yangına karşı izolasyon değerleri ve karşılaştırılmaları verilmiştir.

• Gerekli kanal mesnet ve askılarının sayısı ve boyutları yuvarlak kanallarda daha azdır. Askılar arası mesafe dikdörtgen kanalda 2,5 m iken bu değer yuvarlak kanalda 3m değerine çıkar. Böylece bu malzemeden %20 tasarruf söz konusudur.

• *Şekil 3.351* ve *3.352*'de ise aynı büyük salona birkaç menfezden hava beslenen iki eşdeğer kanal sistemi verilmiştir. *Şekil 3.351*'de dikdörtgen kesitli kanallarla çözüm ve *Şekil 3.352*'de yuvarlak kanallarla çözüm görülmektedir. Buna göre şekillerin altında verilen tabloda toplam basınç düşümünün daha az olduğu görülmektedir.

a. Yer İhtiyacı

Kanal boyutlandırmasında en kısıtlayıcı faktörlerden biri mimari koşullardır. Mimari koşullar dolayısıyla dikdörtgen kesitli ve kenar oranı yüksek kanallar kullanmak zorunda kalınabilir. Ancak sanılanın aksine yuvarlak kanallar, bütün faktörler göz önüne alındığında, birçok durumda dikdörtgen kanallardan daha fazla yer kaplamazlar.

Birçok dikdörtgen kesitli kanal birleşimi için 4 civatalı flanşlı bağlantı sistemi uygulanır ki, bu sistem kanal boyutlarına *Şekil 3.354*'de görüldüğü gibi 40-80 mm ilave getirir.

Ayrıca bu kaymalı bağlantı çubukları kanalın bütün genişliğini kapsadığından, kanalın her iki tarafında aynı boyutta bir boşluğa gereksinim duyulur. Eğer *Şekil 3.355*'de görüldüğü gibi koridor üstünde asma tavan içi gibi kısıtlı hacimler söz konusu ise, kanallara sadece bir taraftan yaklaşmak mümkündür ki, bu içe bakan bağlantılar için önemli problemler yaratır. Bu sadece işçilik maliyetini arttırmaz, aynı zamanda kanalın hava sızdırmazlığını da etkiler.

b. Basınç Düşümü

Yuvarlak kanallardaki basınç düşümü, hacimsel olarak eşdeğer dikdörtgen kesitli kanala göre daha azdır. Basınç düşümündeki bu azalma, yuvarlak kanallardaki akım çizgilerinin uygunluğuna, bağlantı bileşenleri ile kanalın uyumlu birleşmesine, hava sızdırmazlık karakterine ve kanal ana hatları ve bağlantı parçalarının düzgün işlenmiş yüzeylerine bağlıdır. Basınç düşümündeki bu azalma, daha verimli veya küçük fan seçimine imkân tanıdığı gibi işletme ve enerji giderlerinde azalma yaratır.

c. Sızdırmazlık

Bir havalandırma sisteminde sızıntıların en aza indirgenmesi ve cihazlarda şartlandırılan havanın sadece tasarlanan çıkışlardan istenilen hacimlere verilmesinin büyük önemi vardır.

Kaçaklar birleşme noktalarının sayısı ve bu birleşmelerin sızdırmazlık kalitesi ile ilişkilidir.

• Her düz kanal parçası tek parça metal sacdan oluşur ve en yüksek sızdırmazlık standartını sağlar.

• Yuvarlak kanallar çok daha az sayıda sızıntı olabilecek kanal birleşim noktasına sahiptir. Yuvarlak kanalların tipik uzunluğu 3-6 m iken düz dikdörtgen kanalların tipik uzunluğu 1-1,5 m değerlerindedir.

d. Kanalların İç Temizliği

İç hava kalitesinin sağlanması ile ilgili çalışmalar göstermiştir ki; sistemin yetersiz kalmasında ve hasta bina sendromunda kanalların temizliği büyük önem taşımaktadır. Besleme ve dönüş kanallarında toplanan toz, mantar vs. gibi kirleticilerin hastalık oluşumuna büyük katkıları vardır. Bu nedenle özellikle besleme kanallarının içinin temizlenmesi gereği, bazı batı ülkelerinde örneğin İsveç'te bina yönetmeliklerine dahil edilmiştir. Kanal içi temizliği için çeşitli temizlik yöntemleri ve cihazları geliştirilmiştir. Bu cihazların standart çapları ve uygun geometrisi nedeniyle yuvarlak kanallara uygulanması daha kolay ve daha ucuz olmaktadır.

3.7.4.22. Yuvarlak Hava Kanalı Sistemleri

a. Esnek Yuvarlak Kanallar

Kanallı cihazlar ile tasarlanan her türlü ısıtma-soğutma-havalandırma tesisatında ana hatlardan anemostatlara, (anemostat , menfez ve lineer difüzörler) her türlü bağlantıda esnek hava kanallarını kullanmak mümkündür. Bu sayede ilk yatırım, işletim, ses seviyesi azatılmış, hızlı ve kolay bir montaj sağlanmış ve sisteme esneklik kazandırılmış olur. Tüm sistem, her anemostata ayrı bir hat (veya iki anemostata bir hat) tasarlamak suretiyle esnek hava kanalı kullanılarak tasarlanabilir.

- **İlk yatırım maliyeti :**

– İzoleli ve izolesiz sac hava kanalları ile karşılaştırıldığında fiyatı çok daha ucuzdur. Ayrıca dirsek kullanılmaya ihtiyaç olmadığı için (kıvrılarak dirsek oluşturulur.), bağlantı parçası maliyeti de çok düşüktür.

– Kullanılmayan, artan malzeme başka yerlerde değerlendirilebilir.

- **İşçilik maliyetine etkisi:**

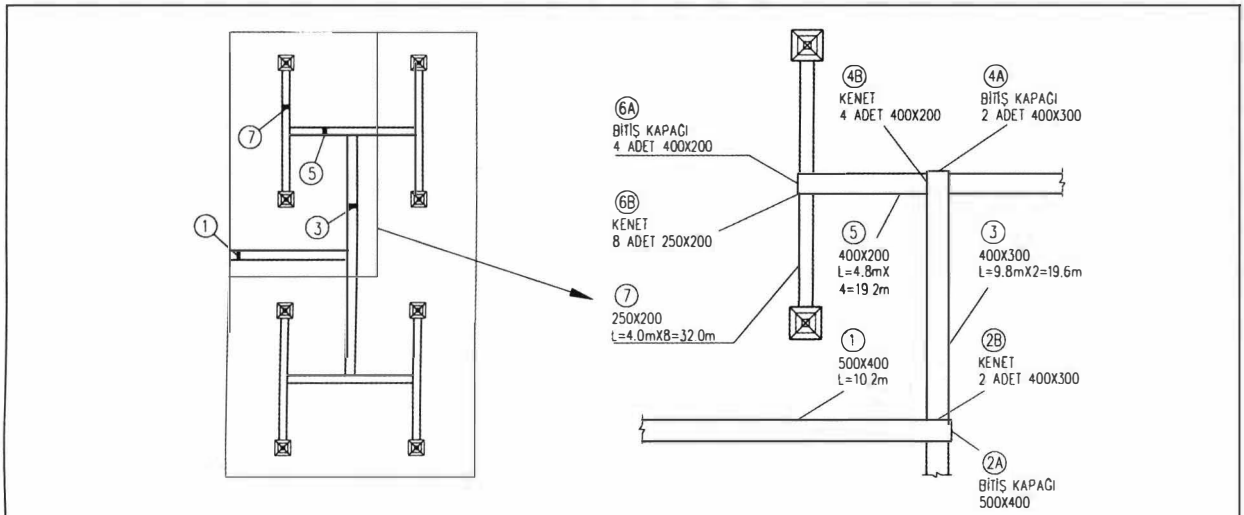
Montajı herhangi bir kanala ve o kanala ait bağlantı parçalarının montajına göre daha kolay ve hızlı olduğu için işçilik maliyetini düşürür. Kısa sürede montaj, bazen en önemli avantaj olarak da değerlendirilebilir.

- **Ses seviyesine etkisi:**

Diğer hava kanalı sistemlerinde ses (gürültü) önlemi için susturucular kullanılır ve akustik izolasyon yapılır. Esnek hava kanallarının ses kırıcı özelliği olduğu için, ayrıca akustik izolasyon vb. maliyetler oluşmaz.

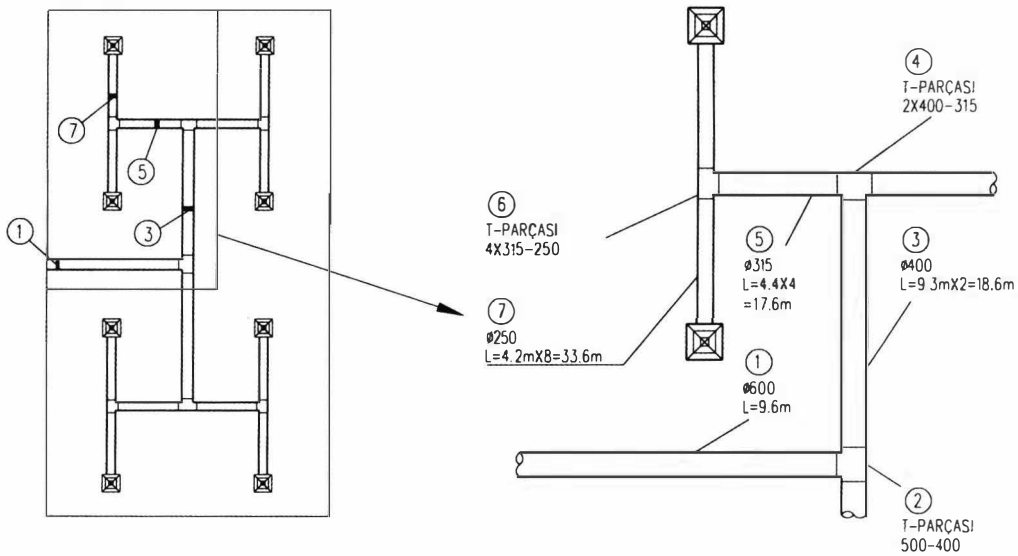
- **Sistem esnekliğine etkisi:**

Herhangi bir kanal sisteminin uygulama aşamasında, kanallar üzerindeki bağlantı ağızlarının uygulayıcı tarafından yanlış açılması veya bu bağlantı ağızlarının açılmasından sonra binanın mimarisinde ve projesinde bir değişiklik olması çok sık rastlanan durumlardır. Eğer sistemdeki ana kanallardan anemostatlara olan bağlantılar esnek hava kanalları ile yapılmadıysa bağlantı ağzı açılan kanallar ilave kanal veya parçalar ile projenin yeni haline uydurulmalıdır. Ayrıca önceki projeye göre üretilmiş olan malzemeleri başka bir hat için kullanmak kolay olmamaktadır. Bunların tümü maliyeti ve montaj süresini artırıcı etkenlerdir.



No.	Kanal Debisi (L/s)	Kanal Çapı (mm x mm)	Hava Hızı (m/s)	Kanal Uzunluğu (m)	Adedi	Basınç	
						Düşümü Pa/m	Toplam (Pa)
1	2.400	500x400	12,0	10,2	1	2,8	28,0
2A	-	500x400	-	-	1	-	-
2B	2.400/1.200	500x400/400x300	12,0/10,0	-	2	-	45,0
3	1.200	400x300x	10,0	9,8 x 2 = 19,6	2	2,8	27,4
4A	-	400x300x	-	-	2	-	-
4B	1.200/600	400x300/400x200	10,0/7,5	-	4	-	36,0
5	600	400x200	7,5	4,8 x 4 = 19,2	4	2,5	12,0
6A	-	400x200	-	-	4	-	-
6B	600/300	400x200/250x200	7,5/6,0	-	8	-	9,0
7	300	250x200	6,0	4,0 x 8 = 32,0	8	2,0	8,0

Şekil 3.351. DİKDÖRTGEN KANAL TESİSATI

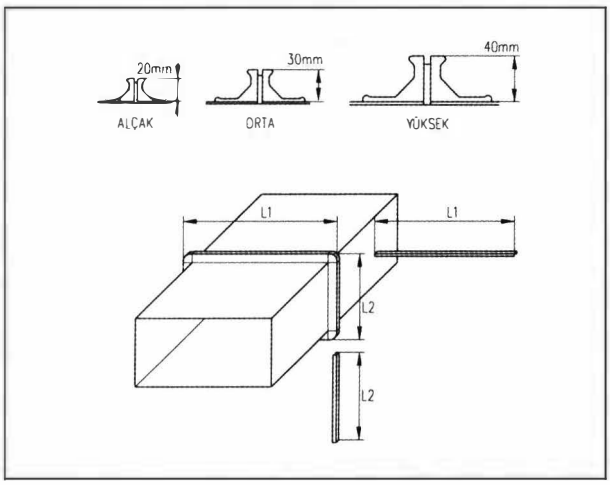


No.	Kanal Debisi (L/s)	Kanal Çapı (mm)	Hava Hızı (m/s)	Kanal Uzunluğu (m)	Adedi	Basınç	
						Düşümü Pa/m	Toplam (Pa)
1	2.400	ø 500	12,2	9,6	1	2,2	21,1
2	2.400/1.200	ø 500/ø 400	12,2/9,5	-	1	-	44,0
3	1.200	ø400	9,5	9,3 x 2 = 18,6	2	1,9	45,0
4	1.200/600	ø400/ø 315	9,5/7,7	-	2	-	27,4
5	600	ø 315	7,7	4,4 x 4 = 17,6	4	1,9	8,4
6	600/300	ø 315/ø 250	7,7/6,1	-	4	-	21,0
7	300	ø 250	6,1	4,2 x 8 = 33,6	8	1,6	6,7

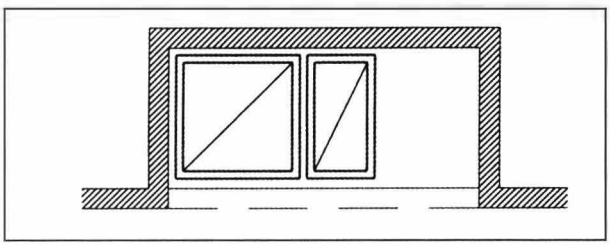
Şekil 3.352. YUVARLAK KANAL (VE FITTINGS) TESİSATI

Kanal	Çevre	Kalınlık (mm)			İzolasyon Malzemesi Hacmi (l/m kanal)			Yaklaşık İzolasyon Bedeli (bedel/metre kanal)		
		Yangın Sınıfı			Yangın Sınıfı			Yangın Sınıfı		
		A 15	A 30	A 60	A 15	A 30	A 60	A 15	A 30	A 60
Dairesel Kanal ø 250	,785	30	50	100	24	39	78			
Bağıntı dairesel / dikdörtgen	,87	,75	,71	,71	,67	,62	,62	,92	,85	,60
Dikdörtgen Kanal 250x200	.900	40	70	140	36	63	126			

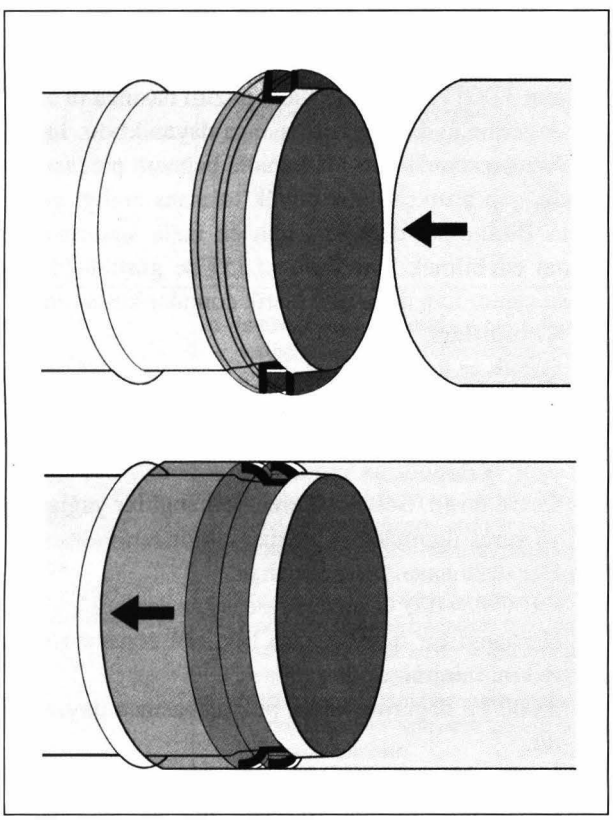
Şekil 3.353. DIŞTAN YANGIN İZOLELİ KANALLAR - DAİRESEL VE DİKDÖRTGEN KESİTLİ KANALLARIN KARŞILAŞTIRILMASI (Alüminyum folyo kaplı cam yünü)



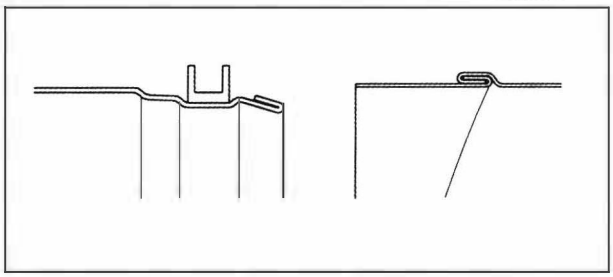
Şekil 3.354. FLANŞLI BAĞLANTI YER KAYBI



Şekil 3.355. KISITLI HACİMDE KANALA TEK TARAFTAN YAKLAŞILABİLİR.



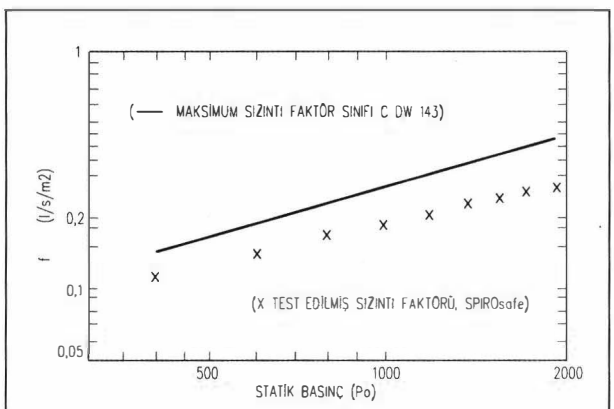
Şekil 3.358. SIZDIRMAZ YUVARLAK HAVA KANALI ÇALIŞMA ŞEKLİ



Şekil 3.356. SIZDIRMAZLIK CONTASI

TİPİ	7	9	11	14	20	30
ÇAPI	63 - 180	200 - 180	300 - 500	560 - 900	1000 - 1400	1500 - 1600
TOLERANS ARALIĞI	0,7 - 0,9	0,7 - 2,3	0,7 - 2,9	0,7 - 3,8	0,7 - 0,6	0,7 - 6,6

Şekil 3.357. KANAL ÇAPINA GÖRE GEREKLİ CONTA TİPİ



Toplam Basınç	Toplam Sistem Sızıntısı	Birim Yüzeyden Sızıntı	C Sınıfı Max. Sızıntı Miktarı	C Sınıfı Sızıntıya Göre SPIRO Değerleri
Pa	**(L/s)**	**L/s.m²**	**L/s.m²**	**%**
400	3,11	0,112	0,147	76,2
600	3,94	0,140	0,192	72,9
800	4,61	0,165	0,231	71,4
1000	5,16	0,184	0,267	68,9
1200	5,69	0,202	0,301	67,1
1400	6,19	0,222	0,333	66,7
1600	6,58	0,236	0,363	65,0
1800	6,94	0,249	0,392	63,5
2000	7,36	0,262	0,420	62,4

Şekil 3.359. SIZDIRMAZ YUVARLAK HAVA KANALI TEST SONUÇLARI

• **Özellikleri**

- 508 mm çapa kadar standart olarak üretilirler.
- İç yüzeyi Alüminyum folyodan yapılan hava kanallarında (alüminyum folyo yapıştırma olduğu için) hava kaçağı riski yüksektir ve dayanım zayıftır. Esnek hava kanalları monoblok (tek parçalı) imal edilirler ve hava kaçağı oluşmaz.
- Kanallar izoleli ve izolesiz olarak üretilirler.
- İzolesiz kanallar özel polyester malzemeden imal edilmiştir.
- İzoleli kanalların iç çeperi özel polyesterden imal edilmiş olup, dış alüminyum koruma kılıfı ile arasında 3 cm camyünü izolasyon bulunmaktadır. İzolasyonun dış yüzeyi de alüminyum folyo ile bütünüyle kaplanmıştır.
- Esnek hava kanalları -30°C ile +120°C arasında sıcaklığa dayanıklıdır.
- Kanallar -148°C'de alev almadan, yanmadan erimeye başlarlar. Erime sonucunda da zehirli gaz oluşmaz.
- Tüm klima ve havalandırma tesisatlarında güvenle kullanılırlar.

• **Esnek Kanallarda Ses Sönümü**

Kanal içinde ilerleyen ses üç şekilde azalır;

- Ses, esnek kanal cidarında sönümlenir. Bunun için cidarın, ses enerjisini absorbe edecek bir özellikte olması gerekir.
- Yansımalarla geri kaynağa döndürülür. Özellikle bunun için kanal cidarının düz olmaması gerekir.
- Kanal cidarını geçerek kanal dışına yayılır. Böylece kanal içinde ilerleyen ses azalır. Bunun için cidarın ince ve kütlesinin az olması gerekir.

Kanal dışında izolasyon tabakası yoksa, plastik film cidarında yutulma çok azdır. Ancak yüksek frekanslı sesler cidardaki plastik deformasyon ve esnekliği sağlayan metal tel ile birlikte bir miktar sesi geri yansıtır ve ses kırıcı özellik yaratırlar.

Plastik ince filmden oluşan kanal cidarında, kanal girişinde kanal içindeki mevcut olan ses enerjisinin büyük kısmı cidardan geçerek kanal dışındaki ortama yayılır. Eğer kanal dışında izolasyon tabakası varsa (25mm'den az olmamalıdır), cidardan geçen sesin önemli bir kısmı bu tabakada yutulur.Yutucu etkinin artması için izolasyonun üstü mümkün olduğunca sert bir folyo ile kaplanmalıdır.

• **Avantajları**

- Çok kısa sürede montaj imkanı.
- Düşük basınç kayıpları.
- Çelik tel örgüsü sayesinde ezilme durumunda eski formuna döner, deforme olmaz.
- Gergin halini koruyarak iç direnci minimumda tutar.
- Az bağlantı noktası ile mükemmel sızdırmazlık.
- Pislik tutmama özelliği ile steril hava dağılımı.
- Ses (gürültü) kırıcı özelliği.
- Düşük maliyet.

b. Sızdırmaz Yuvarlak Kanal

Sızdırmaz spiral dikişli yuvarlak kanallar, fabrikada yerine oturtulmuş EPDM lastiğinden mamul çift contalı bağlantı parçaları ve bunların hızlı birleşimidir. Çift sızdırmazlık contası sıkı ve güvenilir bir birleşme temin eder ve bu birleşme sıcaklık dalgalanmalarından etkilenmez.

Kanallar 100 mm çaptan 1.500 mm çapa kadar geniş bir aralıkta imal edilmektedir.

Bu kanallar genellikle B (ve C) sınıfı sızdırmazlık ve sıkılık sağlar.

Yüksek kaliteli ve etkin olarak fabrikada oluşturulmuş conta sistemi, montajın hızlı ve kolay olmasını sağlamaktadır.

• **Konstrüksiyon**

Sızdırmazlık contası homojen lastikten U profil oluşturacak şekilde tasarım edilmiştir. Lastik conta bağlantı parçalarının sonundaki bir yuvaya yerleştirilir ve çelik bir bant ile güvenli bir biçimde tespit edilir.

Kıvrılmış uçlu imal edildiğinde, 100 mm den 1.500 mm ye kadar C sınıfı sızdırmazlık sağlar.

• **Birleşim Prensibi**

Çift conta boruya sıkıca oturur. Bağlantı parçası kanal ile birleştiğinde, U şekilli conta uçları sıkışır. Conta iç esnekliği nedeniyle pozitif basınca ve şişme nedeniyle de negatif basınca karşı dayanıklıdır.

Sistem 3.000 Pa değerine kadar pozitif basınca ve 5.000 Pa değerine kadar negatif basınca dayanıklıdır. İngiliz ve Avrupa standartlarında kanalla bağlantı parçası arasında, çap arttıkça daha büyük tolerans aralığı geçerlidir. Bütün çap değerleri için en fazla sızdırmazlığı temin edebilmek için *Tablo 3.357'*de görüldüğü gibi artan çaplar için daha ağır lastik contalar kullanılır.

• **Avantajları**

- Çabuk ve kolay montaj.
- Fabrikada yerleştirilmiş stabil conta.
- Ayarlanabilir. Hiçbir sızma riski olmaksızın ince ayar ve döndürme yapılabilir.
- Çevre dostu. Solvent içeren herhangi bir yağlayıcıya gerek duymadan birbirine takılır.
- Her türlü hava şartında çalışır.
- -30°C ile+100°C arasında sıcaklığa dayanıklıdır.
- Herhangi bir tahribat olsa bile çift conta sızdırma riskini minimize eder.
- 3.000 Pa değerine kadar pozitif basınca dayanıklıdır.
- İçten ve dıştan üretim kontrolu yapılmıştır.
- Estetik tasarımı nedeniyle özellikle açıktan geçen iç mekan tesisatlarında avantajlıdır.
- Sızdırmazlığı üretici tarafından garanti edilmiştir.

Karşılaştırma kriteri	Sızdırmaz Çift Contalı Yuvarlak Hava Kanalı	Esnek Yuvarlak Hava Kanalı	Dikdörtgen Hava Kanalı (flanşlı - kenetli - sürgülü tip hava kanalları)
Sızdırmazlık	**a-** Yuvarlak hava kanalları istenilen boyda yapılabilir. Özel imalat dışında 3-6 m olarak satın alınabilir. Eksiz olarak uzun boylarda hava kanalı montajı yapılabilmesi için, sızdırmazlık için ayrıca avantaj sağlar. **b-** Düz hava kanalları ve fittingslerin ek yerlerinde çift conta ile ideal sızdırmazlık sağlanır. **c-** Yuvarlak hava kanalları ve fittingsler fabrikasyon imalat oldukları için, sızdırmazlıkla ilgili (imalattan sonra) kalite kontrolüne tabi tutulurlar. **d-** Hava kanallarının ve bağlantı parçalarının tasarımı hatalı montaj yapılmasına izin vermez. Hava kanalları, bağlantı parçalarına ve manşonlara geçme yolu ile bağlanır. Vidalama ve benzeri işlem olmadığı için, montaj sıfır hata ile gerçekleşir. **e-** Fabrikada monte edilmiş olan çift contalı sızdırmazlık bileziği, önceden oluşturulmuş yuvada alüminyum çinko bant ile sabitlenir. **f-** Eurovent C sınıfı sızdırmazlık şartları sağlanmıştır. C sınıfı B sınıfından üç, A sınıfından dokuz kat daha sızdırmazdır.	**a-** Esnek yuvarlak hava kanalları ~8 m boyunda teslim edilir. Ek ihtiyacı en az olan hava k nalı tipidir. **b-** Birleştirme için manşon, ayrımlar için "T" parçalar sızdırmaz (çift contalı) bağlantı parçaları ile yapılır. Birleşim yerlerindeki bağlantı parçaları ve kelepçeler, hava kaçağı olmayacak şekilde dikkatli yapılmalıdır. **c-** Esnek hava kanalı monoblok olarak imal edildiği için hava kaçağı riski sıfırdır. **d-** Manşon ve bağlantı parçaları montajında kelepçe kullanılır ve kelepçeler alt noktadan kolayca tek vida veya cıvata ile bağlanır. İşçilikten kaynaklanabilecek hava kaçağı riski çok düşüktür.	**a-** Dikdörtgen kanallarının tipik uzunluğu 1-1,5 m'dir. Dolayısıyla hava kaçaklarına yol açabilecek birleştirme yüzeyleri daha çoktur. **b1-** Flanşlı tip hava kanallarında conta ile sızdırmazlık sağlanır. Ancak sızdırmaz hale getirilmesi gereken çevre uzunluğu daha fazladır. **b2-** Dikdörtgen kenetli kanallarının ek yerleri ve kenetlerinin macunlanması sızdırmayı büyük oranda azaltır. **c1-** Flanşlı hava kanalları genellikle fabrikasyon olarak yapılır. **c2-** Kenetli hava kanalları şantiye imalatı olduğu için , uzunlamasına ek yerlerindeki sızdırmazlık kalitesi (silikon kullanılması durumunda da) sınırlıdır. **d1-** Flanşlı hava kanallarının montajı da (uygulayıcının contayı oturtması , tüm cıvataları dengeli ve yeterince sıkması işlemleri) hata yapmaya müsaittir. Şantiyelerde uygulayıcılara cıvataları (özellikle tavana yakın olan cıvataları) kolayca monte edip , sıkılaştıracakları mesafe (asma tavan kotlarının sınırlı olması nedeniyle) genellikle verilememektedir. Sonuçta sızdırmazlık kalitesi, kanal sistemindeki tüm cıvataların ne kadar doğru sıkıldığına, ek yerlerinin ne kadar iyi birleştirildiğine göre değişir. **d2-** Sızdırmazlık, kenetli hava kanallarında da kenetlerin (özellikle üst tarafta tavana yakın kenetlerin) ne kadar iyi macunlanıp kapatıldığına bağlıdır. Flanşlı hava kanallarının zor montaj koşulları kenetli hava kanalları için de geçerlidir. Asma tavan içine monte edilen hava kanallarında üst kısımdaki kenetler genellikle iyi kapatılamadığı için aşırı hava kaçakları oluşmaktadır. **d3-** Sürgülü tip hava kanalları ise hava kaçağı oranı en fazla olan hava kanalı tipidir.
Hava kanallarındaki Hava Kaçaklarının (Sızdırmanın) Maliyeti	**a-** Isıtılmış veya soğutulmuş hava asma tavan içine veya bina tavan kotundaki hava kanallarından dışarıya sızdığında , egzost hava kanallarından kısa devre yaparak (kullanılamadan) dışarıya atılır veya yararlanılmadan klima santralına geri döner. **b-** Ortamda istenilen derecede ve homojen sıcaklık dağılımı sağlanamaz. İç hava kalitesi yeterince iyi olmaz, konfor şartları oluşmaz veya yeterince iyi olmaz. **c-** Isıtılan havanın, yakıt maliyeti, sıcak su pompalama maliyeti, klima cihazının ve aspiratörlerin fan motorlarının elektrik maliyeti vardır. **d-** Soğutulmuş havanın ise, kompresörün elektrik maliyeti, soğutulmuş suyun pompalama maliyeti, klima cihazının ve aspiratörlerin elektrik maliyeti vardır. **e-** Hava kanallarındaki hava kaçakları; klasik sistemlerde %20' ler mertebesinde olup , bazı kötü uygulamalarda %30'lara varan hava kaçakları saptanmıştır. **f-** %20 hava kaçağı olan bir sistemde , cihazların performanslarından daha az yararlanıldığı için; cihazların toplam satın alma bedelinin %20'lere varan tutarı fazla yatırım maliyeti oluşturur. **g-** Asma tavan içine sızan soğutulmuş hava asma tavan yüzeyinde yoğuşmaya neden olabilir. Yoğuşmanın az veya çok olması sonucunda da malzeme ömrü kısalır , boya daha çabuk bozulur , mantar ve bakteri oluşumu için ortam hazırlanmış olur. **h-** Egzost kanallarındaki hava kaçağı sonucunda yeterli egzost sağlanamayacağı için , koku oluşabilir, iç hava kalitesi bozulabilir. **i-** Hava kanallarındaki kaçakların yukarıda belirtilen sakıncaları sonucunda görünmeyen (borulardaki gibi su kaçağı olsaydı görünürdü) , hissedilen veya hissedilmeyen maliyetler veya konfor bozuklukları oluşabilir		

Tablo 3.360. YUVARLAK-FLEXIBLE-DİKDÖRTGEN HAVA KANALLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Karşılaştırma kriteri	Sızdırmaz Çift Contalı Yuvarlak Hava Kanalı	Esnek Yuvarlak Hava Kanalı	Dikdörtgen Hava Kanalı
Montaj süresi ve kolaylığı Klasik Hava kanalları ile imalat ve montaj süresi 100 gün ise yaklaşık karşılaştırma süreleri :	**a-** Yuvarlak hava kanalları ve bağlantı parçaları genellikle stoktan teslim edilir. **b-** Şantiyede montaj süresi kısadır. Montaj kanal ve bağlantı parçalarının birbirine geçirilmesi ile çok süratli ve kolayca yapılmaktadır. **c-** Şantiyede artan parçalar başka islerde veya yerlerde genellikle kullanılabilir. **d-** Şaft içine montaj kolaydır. Dikdörtgen kesitli hava kanallarına göre daha hafif ve mukavim oldukları için; daha az sayıda kelepçe kullanılarak montaj yapılır. **e-** İmalat ve montaj süresi 25-30 gün (izolasyon dahil)	**a-** Esnek hava kanalları ve fittingsleri stoktan teslim edilir. **b-** Montaj süresi çok kısadır ve kolaydır. Montaj esnek hava kanalını gerip , saplanacağı yere sabitlemek sureti ile yapılır. Asma tavanın taşıyıcı konstrüksiyonu bittikten sonra kanal bağlantısı yapılabilir ve böylece hava kanallarının hasar görme riski de önlenmiş olur. **c-** Şantiyede artan parçalar başka islerde veya yerlerde rahatlıkla kullanılabilir. **d-** Şaft içine montaj kolaydır. En büyük çap 508 mm' dir. **e-** İmalat ve montaj süresi 15- 20 gün (izolasyon dahil)	**a-** Sipariş üzerine özel imalat yapılır. **b-** Montaj süresi fazla ve montajı zordur. **c-** Şantiye de artan parçaların başka işlerde ve yerlerde kullanılabilme olasılığı çok azdır. **d1-** Şaft içine montaj, şaftın dört tarafı da açıksa kolaydır. Bir veya iki tarafı kapalı olan şaftlarda montaj oldukça zordur ve iyi yapılmadığı için hava kaçakları oluşabilir. **d2-** Ağırlıkları daha fazladır. Tavana montaj için daha fazla sayıda ve daha sık askı parçası gerekir. **e-** İmalat ve montaj süresi 100 gün (izolasyon dahil)
İlk yatırım maliyeti (Malzeme+işçilik maliyeti)	**a-** İlk yatırım maliyeti daha pahalıdır. **b-** Hava kanallarındaki kaçakların maliyeti dikkate alındığında ilk yatırım maliyet farkını birkaç ayda amorti edebilir. **c-** Montaj süresi , artan hava kanallarının başka yerlerde kullanılabilme imkanları da dikkate alındığında daha doğru ve ekonomik seçim olduğu görülebilir.	**a-** İlk yatırım maliyeti en azdır. Dirsek vb. bağlantı parçaları da kullanılmadığı için (Esnek kanal kıvrılarak kendiliğinden dirsek oluşur); Maliyet daha da ucuzdur. **b-** Hava kaçağı riski yoktur. ayrıca 8 m. uzunlukta tek parça montaj yapılabilir. **c-** Artan malzemeler bir başka yerde rahatlıkla kullanılabilir. **d-** Montaj süresi çok kısa olduğu için zamandan da büyük ekonomi sağlanır.	**a-** Kenetli hava kanalları flanşlı hava kanallarından daha ucuzdur. **b-** Flanşlı hava kanallarının toplam maliyeti , yuvarlak sızdırmaz contalı hava kanallarıyla aynı veya yakındır.
İşçilik maliyeti ve Taşıma kolaylığı	**a-** Kenetli hava kanalları flanşlı hava kanallarından daha ucuzdur. **b-** Flanşlı hava kanallarının toplam maliyeti, yuvarlak sızdırmaz contalı hava kanallarıyla aynı veya yakındır.	**a-** İşçilik maliyeti çok azdır. b- 8 m' lik hava kanalları 1 m uzunluktaki paket-ler içinde sevkedilir. **c-** Nakliye, taşıma ve depolama çok kolay ve ekonomiktir. **d-** Çok hafif malzeme olduğu için, bir kişi kolaylıkla birkaç paketi taşıyabilir.	**a-** İşçilik maliyeti daha fazladır. b- Fabrika imalatı hava kanallarının nakliye ve taşıma maliyeti diğerlerinden fazladır. **c-** Şantiyede imalat yapılırsa, sadece galvanizli sacın nakliye maliyeti vardır. **d-** Şantiye içinde taşıma maliyeti (parça sayısı daha fazla olduğu için) en fazladır. Ancak şantiye içi taşıma bedeli toplam maliyet içinde çok küçük bir orandır

Tablo 3.360. YUVARLAK-FLEXIBLE-DİKDÖRTGEN HAVA KANALLARININ KARŞILAŞTIRILMASI *(devam)*

Karşılaştırma kriteri	Sızdırmaz Çift Contalı Yuvarlak Hava Kanalı	Esnek Yuvarlak Hava Kanalı	Dikdörtgen Hava Kanalı
Isı İzolasyonu Maliyeti	**a-** Isı izolasyonu montajdan sonra (yuvarlak yüzey nedeniyle) kolayca yapılır. **b-** İstenirse hava kanalları ve fittingsler fabrikada izoleli olarak imal edilip , sevkedilebilirler. **c-** Yuvarlak hava kanalının çevresi , dikdörtgen hava kanalının çevresine oranla daha küçüktür. Bu nedenle yuvarlak hava kanalları için daha az izolasyon malzemesi gerekir. Bu da ilk yatırım maliyetini düşürür. **d-** İzolasyon işçiliği dikdörtgen kanala göre azdır.	**a-** İzoleli ve izolesiz tipleri vardır. **b-** Camyünü ve alüminyum folyo kaplı imal edilmiş olarak 8 mt boyunda satın alınabilir. İstenilen boyda kesilip kullanılabilir. **c-** Isı izolasyonlu olarak satın alınabildigi için, şantiyede izolasyon için işçilik gerekmez.	**a-** İzolasyon ve kaplaması şantiyede yapılır. **b-** Asma tavan içine yapılan hava kanalı montajlarında ısı izolasyonu genelde iyi yapılamaz ve ısı köprüleri oluşabilir. İçinden soğutulmuş hava geçen hava kanallarında kötü yapılmış ısı yalıtımları sonucunda yoğuşma ve enerji kayıpları oluşabilir. **c-** Daha fazla izolasyon malzemesi kullanıldığı için ilk yatırım maliyeti daha fazladır. **d-** İzolasyon işçiliği daha zor ve daha pahalıdır. İzolasyon yapılırken flanş çıkıntılarının açıkta kalmaması için özel bir uğraş ve zaman kaybı söz konusudur.
Artan hava kanallarının tekrar kullanılabilme olanağı	Proje veya güzergah değişiklikleri sonucunda artan hava kanalları başka işlerde kullanılabilir.	Proje veya güzergah değişiklikleri sonucunda artan hava kanalları başka işlerde kullanılabilir	Artan hava kanallarının başka işlerde kullanılabilme olanağı çok azdır. Genellikle değerlendirilemez ve kilo ile hurdaya satılır
Kullanım Yerleri Mimari ve Estetik	**a-** 1.500 mm çapa kadar imal edilirler. **b-** Asma tavan içine kolayca monte edilir. **c-** Akustik asma tavanların askıları arasında 60 cm mesafe vardır. Yuvarlak hava kanalları kullanıldığında daha küçük çapta, daha fazla sayıda hava kanalı kullanılması kuruluş maliyetini bir miktar artırsa da pratik çözüm olabilir. **d-** Asma tavan olmayan yerlerde daha dekoratif görünüm sağlar. ayrıca istenilen renkte boyanarak da kullanılabilir. **e-** Modern binalardaki asma tavansız (açıkta döşenmiş hava kanalları) uygulamaları, sızdırmaz hava kanallarının estetik tasarımları ve gizli sızdırmazlık sayesinde çok kolaydır. Her parçanın estetik tasarımı sızdırmaz kanal sistemlerinin modern binalarda dekorun bir parçası olarak kullanılmasını sağlar. **f-** Spor salonları , büyük fuar alanları, seralar , fabrikalar vb. yerlerde taşıyıcı çatı makasları arasından kolayca monte edildikleri için avantajlıdır	**a-** 350 mm çapa kadar imal edilirler. **b-** Esnek hava kanalları açıkta döşemeye müsait değildir. Asma tavan içine monte edilirler. **c-** Asma tavan içinde birden fazla sayıda kullanılabilir. **d-** Asma tavan olmayan yerlerde kullanışlı değildir. **e-** Esnek hava kanallarının; galvaniz saçtan yapılan yuvarlak hava kanallarının yerine her koşulda kullanılması söz konusu değildir. Kanal sisteminin iç dekorasyonun bir parçası olarak kullanılmadığı yerlerde tercih edilmektedir. Yüksek basınçlı sistemlerde 150 mmSS basınca kadar kullanılabilir. (Test basıncı 250 mmSS) **f-** Esnek hava kanalları -30°C kadar düşük sıcaklıklarda ve +120°C kadar yüksek sıcaklıklarda kullanılacak şekilde imal edilirler. sıcaklık 148°C ulaştığında erir ve zehirli bir gaz çıkartmaz, alev taşımaz. Isıtma, soğutma ve havalandırma uygulamalarında güvenle kullanılır.	**a-** Her boyutta imal edilirler. **b-** Dikdörtgen hava kanalları genellikle asma tavan içine monte edilirler. **c-** Eni fazla olan dikdörtgen hava kanallarının altına daha büyük köşebent veya profiller monte edilerek, ayni zamanda asma tavan da bu profillere bazı yerlerde taşıtılabilir. Pratik görünse de (asma tavanda zaman zaman sarkmalar oluşabildiği için) pek fazla benimsenmeyen bir çözümdür. **d-** Asma tavan olmayan yerlerde estetik çok önemli değilse kullanılabilirler. **e-** Garaj , atölye , fabrika vb. dekorasyon gerektirmeyen yerlerde açıkta da monte edilirler. **f-** Dikdörtgen şaft bırakılan yerlerde montaj daha az yer kaybedilerek gerçekleştirilebilir

Tablo 3.360. YUVARLAK-FLEXIBLE-DİKDÖRTGEN HAVA KANALLARININ KARŞILAŞTIRILMASI *(devam)*

Karşılaştırma kriteri	Sızdırmaz Çift Contalı Yuvarlak Hava Kanalı	Esnek Yuvarlak Hava Kanalı	Dikdörtgen Hava Kanalı
Standardizasyon	Yuvarlak kanalları standartlara uygun çap ve boylarda üretilirler. Stok listesinde yer alan malzemelerin iade olanağı da vardır.	Standart üretimi vardır. Kutu halinde stok edilirler. Kullanılmamış ve hırpalanmamış her çaptaki malzemenin iade olanağı vardır.	Standart üretim yoktur ve malzeme iadesi genellikle kabul edilmez.
Kayıp Alan (yer ihtiyacı)	**a-** Projeye göre değişir. Dikdörtgen hava kanallarına göre genellikle daha az yere ihtiyaç duyulur. **b-** Daha küçük çapta , birden fazla hava kanalı kullanılarak, daha az kayıp alan veya daha küçük asma tavan boşluğu ve esneklik sağlanabilir.	**a-** Projeye göre değişir. **b-** Daha küçük çapta , birden fazla hava kanalı kullanılarak, daha az kayıp alan veya daha küçük asma tavan boşluğuna ihtiyaç duyulur ve esneklik sağlanabilir. **c-** Uygulama zorluğu olan yerlerde özellikle asma tavan arası kiriş altı ve diğer gizli yapı ve tesisat kesişimlerinde esnek yapıları sayesinde kolay ve düşük basınç kaybı ile geçiş imkanı sağlarlar.	Dikdörtgen hava kanallarının asma tavan içinde veya düşey şaftlarda daha az yere ihtiyaç gösterdiği düşünülür. Oysa, dikdörtgen hava kanallarının her kenarına en az (2,5 cm+2,5 cm)=5 cm flanş veya köşebent çerçeve payı eklendiğinde (izoleli veya izolesiz hava kanallarında da) daha fazla yere ihtiyaç olduğu görülür. Kenetlerin kapatılması veya flanşlı hava kanallarında cıvataların sıkılması için gerekli boşluklar da dikkate alındığında, yer ihtiyacı bazen çok daha fazla olabilir.
Basınç Düşümü	Yuvarlak kanallardaki basınç düşümü,hacimsel olarak eşdeğer dikdörtgen kesitli kanala göre önemli ölçüde azdır. Basınç düşümündeki bu azalma, yuvarlak kanaldaki akım çizgilerinin uzunluğuna, bağlantı elemanları ile kanalın uyumlu birleşmesine, hava sızdırma karakterine, kanal ve bağlantı parçalarının düzgün işlenmiş yüzeylerine bağlıdır. Bağlantı parçaları da basınç düşümünün en az olacağı şekilde dizayn edilmiştir.	Esnek hava kanalları tam açık kullanıldığında, basınç düşümü pratik olarak yuvarlak hava kanalları ile aynı veya çok yakındır. Düzgün iç yüzeyleri ile istenilen uzunluklarda rahatlıkla kullanılabilir. Dirsek ve benzeri bağlantı parçalarına gerek kalmadığından esnek hava kanallı sistemler çok düşük basınç düşümlerine sahiptirler. Eskiden alüminyum levhadan yapılan, iç ve dış yüzeyleri girintili hava kanalları, esnek hava kanalları olarak bilinirdi. Bu tip hava kanalları girintili - çıkıntılı yüzeyleri nedeniyle, aşırı direnç ve ses kaynağı oluşturur. Ayrıca pislik toplamaya müsait oldukları için de ağlıklı bir kullanım oluşturmazlar. Sonuç olarak bu tip hava kanallarının (alüminyum levhadan yapılmış olan) 4-5 metre uzunluktan daha fazla kullanılmaları istenmez.	Yuvarlak hava kanalına göre biraz daha fazladır. şantiye de yapılan imalatlarda; dirsek ve ayrılma parçalarındaki radyuslar , imalatı yapan ustanın tecrübesine göre imal edilir. Basınç düşümü genelde bu parçalarda daha yüksek değerlerde oluşur.
Ses izolasyonu (Akustik İzolasyon)	**a-** Hava kanallarının içine akustik izolasyon yapılması ile ses (gürültü) azaltılabilir. **b-** Fabrikada imal edilmiş susturucular kullanılabilir.	Esnek hava kanallarının ses kırıcı özelliği vardır. Kanal içindeki ses; iç cidarda, izolasyon malzemesinde ve dıştaki alüminyum folyo içinde (sesin karakteristiğine bağlı olarak) büyük oranda sönümlenir.	**a-** Hava kanallarının içine akustik izolasyon yapılması ile ses (gürültü) azaltılabilir **b-** Fabrikada imal edilmiş susturucular kullanılabilir
SONUÇ : Kullanma yerine ve ihtiyacınıza uygun hava kanalını siz seçeceksiniz. Ancak hava kanalının tipi ne olursa olsun, mutlaka sızdırmazlık için özen gösterilmelidir.			

Tablo 3.360. YUVARLAK-FLEXIBLE-DİKDÖRTGEN HAVA KANALLARININ KARŞILAŞTIRILMASI *(devam)*

• **Sızdırmazlık Sınıfı Testleri**

Sızdırmaz yuvarlak hava kanalı sistemi ile donatılmış bütün kanal ve bağlantı parçaları C sınıfına ulaşan sızdırmazlık sınıfı tip onay sertifikasına sahiptir. Sızdırmazlık faktörü (veya özel sızma) l/sm^2 biriminde olup, kanal sisteminin m^2 yüzeyi başına l/s olarak meydana gelen sızma veya kaçağı ifade eder.

Tablo 3.360'da yuvarlak esnek kanallarla, dikdörtgen rijit kanallar ve yuvarlak sızdırmaz kanalların karşılaştırması verilmiştir. .

3.7.4.23 Kanallardaki Hava Kaçaklarının Maliyeti

Kanal sistemlerindeki kaçaklar yolu ile kaybedilen enerji önemli boyutlardadır. Özellikle temiz oda uygulamalarında, bazı endüstriyel uygulamalarda ve nem alma uygulamalarında kanallardaki hava kaçakları enerji kaybı dışında özel öneme sahiptir. Burada özel olarak sızdırmazlık istenen haller dışında, genel havalandırma ve klima uygulamalarında sızdırmazlık dolayısı ile oluşan enerji maliyeti üzerinde durulacaktır. Sadece havalandırma yapılması durumunda hava kaçaklarının enerji maliyeti fan enerji tüketiminde ortaya çıkmaktadır. Kaçak ne kadar fazla ise bu oranda fan gücü boşa harcanmış olacaktır.

Klima kanallarında ise kaçak hava; aynı zamanda soğutma ve ısıtma enerjisi kaybı anlamına gelmektedir. Dolayısı ile klima sistemlerinde hem fanda, hem de soğutma (veya ısıtma) grubunda enerji boşa harcanması söz konusudur. Şartlandırılan hacimlerden geçen kanallardaki sızma, yine iklimlendirilen mahale olacağından, bir kayıp oluşturmayacağı ileri sürülebilir. Ancak bu halde bile sızan hava istenilen fonksiyonu yerine getirmeyecek, menfezlerden hedef bölgeye üflenemeyecektir. Bu tartışma konusu dışında bırakılırsa, en kötü durum besleme ve emiş kanallarının beraber geçtikleri asma tavan içinde ve düşey tesisat şaftlarındaki kayıplardır. Burada şartlandırılmış havanın doğrudan kısa devre olması söz konusudur.

Burada amaç sızıntının ekonomik maliyeti olduğu için ve vurgulanmak istenen olayın boyutları olduğundan, besleme kanallarından sızan havanın egzoz sistemine kısa devre olduğu kabul edilmiş ve tamamen kayıp olarak değerlendirilmiştir.

a. Kanal Sistemlerinde Sızıntı Miktarı

Kanallardaki sızıntı miktarı pek çok faktöre bağlıdır. İyi yapılmamış kanallarda sızıntı miktarı gönderilen havanın %30'u mertebelerine çıkabilmektedir. Sızdırmazlık uygulanmış ve uygulanmamış çok çeşitli kanallardaki testler sonucu ASHRAE ve SMACNA kanal kaçaklarını sınıflandırmışlardır.

Tablo 3.292'de iyi bir kanal işçiliği ve sızdırmazlık uygulaması yapıldığında çeşitli tip kanallarda elde edilebilecek sızdırmazlık sınıfları verilmiştir. Buna göre yuvarlak ve contalı (Sızdırmazlık uygulanmış) kanallarda sızdırmazlık sınıfı CL = 3 iken, dikdörtgen contasız kanallarda sızdırmazlık sınıfı CL = 48 olmaktadır.

Burada bu iki kanal tipi karşılaştırılacaktır. Bunlardan biri Türkiye'de prefabrik olarak üretilen kaliteli hava kanalını, diğeri ise genel olarak uygulanan, yerinde iyi bir işçilikle yapılan konvansiyonel kanalı temsil etmektedir.

Tablo 3.292'de verilen test verileri kanalların menfezlere, difüzörlere ve panjurlara bağlantılarını içermemektedir. Ekipmanların kapaklarından ve çerçevelerinden olan kayıplar ve kontrol kutularındaki sızıntılar da bu değerlerin dışındadır. Bu çalışmadaki hesaplarda da bu kayıplar dikkate alınmayacaktır. Bu biçimdeki kayıplar %2-5 gibi önemli değerlere varabilir.

Tablo 3.361'de fanın beslediği havanın yüzdesi olarak kaçak değerleri verilmiştir. Parametre olarak sızdırmazlık sınıfı, m kanal yüzeyi başına beslenen hava debisi (l/s. m^2) ve statik basınç alınmıştır. Bu tabloya göre örneğin sızdırmazlık sınıfı 48 olan bir kanal sisteminde içerideki ortalama basınç 250 Pa değerinde ise (250 Pa kanal girişi ve sonu basınçlarının ortalamasıdır), hava debisine (veya kanal uzunluğuna) göre sızıntı yüzdesi %24 ile %9,6 arasında değişmektedir.

Uzun bir kanal sisteminde büyük değer, kısa bir kanal sisteminde küçük değer geçerlidir. Örneğin; 20.000 m^3/h hava besleme debisi olan dikdörtgen kesitli bir kanal sisteminde; toplam kanal yüzeyi 555 m^2 ise kaçak oranı toplam debinin %24'ü, kanal yüzeyi 222 m^2 ise kaçak toplam debinin %9,6'sı olacaktır.

b. Enerji Kaybının Belirlenmesi

Enerji kaybının belirlenmesi için öncelikle birim hava debisi (1 m^3/h) başına gerekli ortalama fan gücü, soğutma ve ısıtma maliyetleri belirlenmelidir.

Birim hava için gerekli fan gücü, fanın büyüklüğüne ve çalışma noktasına bağlıdır. Referans olarak 6 m^3/s hava debisinde 0,77 verim noktasında çalışan gerçek bir fan ele alınmıştır. Gerekli fan gücü 7,76 kW değerindedir. %10 aktarma ve motor kaybı alınabileceği katalogda belirtilmiştir. Buna göre gerçek kullanılan motor gücü 8,5 kW olmaktadır. Bu değerlerle 1 m^3/s hava kaçağı için, Wp = 1,42 kW güç harcanmaktadır. Hesaplarda kullanılacak değer bu olacaktır. Isıtma ve soğutma gücü için İstanbul şartları esas alınacaktır. Toplam havanın %20'si dış hava kabul edilerek ve 10 °C sıcaklık farkı ile üfleme yapıldığı göz önüne alınarak 1 m^3/s hava için santralda 21 kW ısıtma gücü hesaplanmıştır.

Sistem ortalama yıllık verimini %70 kabul ederek, yakıt enerjisi cinsinden gerekli ısıtma gücü 30 kW bulunur. O halde 1 m^3/s hava debisi için özgül ısı enerjisi kullanımı, q_1 = 30 kW değerindedir. Aynı şekilde soğutma gücü için psikometrik diyagram yardımı ile hesap yapılırsa santralda gerekli güç 1 m^3/s hava için yaklaşık 20 kW bulunur. Soğutma sisteminde dağıtma kayıpları

%10; soğutma tesir katsayısı 4,2; kompresör ortalama yıllık verimi %60 ve pompa, soğutma kulesi gibi yardımcı organlarda harcanan enerji kompresör enerjisinin %20'si kabul edilirse, 1 m^3/s hava için soğutmada kullanılan elektrik enerjisi, V_s = 10,5 kW alınacaktır.

c. Sızdırmanın Yıllık Yaklaşık Maliyeti

Tablo 3.361'de verilen çeşitli kanal sistemleri için kaçak yüzdelerinden bazıları seçilerek, enerji kaybı cinsinden yeni bir tablo oluşturulmuştur. Buna göre hazırlanan *Tablo 3.362*'de örnek olarak 6 m^3/s hava debisi esas alınmıştır. Ayrıca bunun klima havası olduğu düşünülerek hem fan elektrik gücü hem de klima elektrik gücü hesaba katılmıştır. Buradan ortaya çıkan rakamlardan hava sızıntılarının yıllık maliyetlerinin çok büyük değerlere ulaştığı görülmektedir.

Hava sızıntısının maliyeti açısından bir fikir vermek üzere, elektrik fiyatı 0,2 USD/kWh alınarak bir hesap yapılmıştır. Yıllık 4.000 saat çalışma esası ile, iyi bir prefabrik kanal ile orta kalite, yerinde yapılan kanalın kaçak maliyeti arasındaki fark, (6 m^3/s debi, 600 m^2 kanal ve 500 Pa basınç halinde)

Yıllık pik yükte fark = 20.000 USD

Yıllık ortalama yükte fark = 10.000 USD

Yaklaşık olarak ortaya çıkmaktadır.

Hava kaçaklarının gerçek maliyeti, hesaplanan değerden çok daha fazla çıkmaktadır. Bu nedenle, hava kanallarının kalitesi ve sızdırmazlık detaylarına gereken önem verilmelidir.

Sızdırmazlık Sınıfı CL	Ortalama Kanal Yüzeyi Başına Debi	Statik Basınç				
		125	250	500	750	1000
-	L/sm²	Pa				
48	10	15	24	38	49	59
	12,7	12	19	30	39	47
	15	10	16	25	33	39
	20	7,7	12	19	25	30
	25	6,1	9,6	15	20	24
3	10	1,0	1,5	2,4	3,1	3,7
	12,7	0,8	1,2	1,9	2,4	3,0
	15	0,6	1,0	1,6	2,0	2,5
	20	0,5	0,8	1,3	1,6	2,0
	25	0,4	0,6	0,9	1,2	1,5

Tablo 3.361. HAVA DEBİSİNİN YÜZDESİ OLARAK SIZINTI MİKTARI

Yıllık Çalışma	Sızdırmazlık	Hava Debisi	Kanal Yüzeyi	Statik Basınç			
				500 Pa		1000 Pa	
Saati (h)		m³/h	m²	Pik yükte	Ortalama	Pik yükte	Ortalama
2000	48	6	600	54.400	27.200	84.400	42.200
			240	21.400	10.700	34.400	17.200
	3	6	600	3.400	1.700	5.200	2.600
			240	1.200	600	2.200	1.100
4000	48	6	600	108.800	54.400	168.800	84.400
			240	42.800	21.400	68.800	34.400
	3	6	600	6.800	3.400	10.400	5.200
			240	2.400	1.200	4.400	2.200
6000	48	6	600	163.200	81.600	253.200	126.600
			240	64.200	32.100	103.200	51.600
	3	6	600	10.200	5.100	15.600	7.800
			240	3.600	1.800	6.600	3.300

Tablo3.362. HAVA KAÇAKLARI DOLAYISI İLE YILLIK PİK VE ORTALAMA ELEKTRİK ENERJİSİ KAYIPLARI (kWh)

3.8. VRV SİSTEMLER

Tek bir dış üniteye (veya dış ünite grubuna) tek bir bakır boru hattı ile bağlanabilen çok sayıda iç ünite ile tüm bağımsız mekanlarda ısıtma ve/veya soğutma ve kısmi havalandırma yaparak istenilen iklim koşullarını sorunsuz sağlayan üstün bir klima teknolojisidir. VRV, İngilizce Variable Refrigerant Volume kelimelerinin (Değişken Soğutucu Akışkan Debisi) kısaltmasıdır.

Son yıllarda enerji tasarrufunun, konforun, işletme maliyetlerinin ve hassas kontrolün ön plana çıkmasıyla VRV sistemler HVAC sektöründe önemli bir yer almıştır. Modüler, kompakt ve esnek yapıları ile çok katlı binalardan tek bir villaya kadar tüm yapılarda esnek uygulama imkanı sunmaktadır. Bu sistemler tek bir gidiş ve dönüş bakır boru hattı ile birden çok iç üniteyi çalıştırabilen sistemlerdir. Bu özellik, VRV sistemler ile Multi Sistemleri birbirinden ayıran en temel özelliktir. Yıllar boyunca VRV sistemleri büyük gelişmeler göstermiştir

Günümüzde 6 seri VRV sistem bulunmaktadır. Bu seriler;

- Sadece Soğutma (Cooling Only): Sistem sadece soğutma amaçlı kullanıma imkan verir.
- Isıtma + Soğutma (Heat Pump): Sistem hem ısıtma hem de soğutma amaçlı kullanılabilir. Ancak bu seriler soğutmada çalıştırılırken tüm iç üniteler soğutma modunda çalışmak zorundadır. Herhangi bir iç üniteyi ısıtma modunda çalıştırmak mümkün olmaz. Aynı durum ısıtma modunda iken de geçerlidir.
- Isı Geri Kazanımlı (Heat Recovery): Sistem aynı anda hem ısıtma hem de soğutma amaçlı kullanıma imkan verir.
- Su Soğutmalı VRV Isıtma + Soğutma (Water Cooled Heat Pump): Heat pump VRV'den farkı, ısının hava soğutmalı kondenser ile dışarı atılmayıp, su soğutmalı kondenser yoluyla dışarı atılmasıdır. Sistem hem ısıtma hem de soğutma amaçlı kullanılabilir. Bu seriler de heat pump VRV sistemler gibi soğutmada çalıştırılırken tüm iç üniteler soğutma modunda çalışmak zorundadır. Aynı durum ısıtma modunda iken de geçerlidir.
- Su Soğutmalı Toprak kaynaklı VRV Isıtma + Soğutma (Ground Source Water Cooled Heat Pump): Su soğutmalı VRV' den farkı toprak kaynaklı suyu kondenser ısısını dışarı atmak için kullanmasıdır. Sistem hem ısıtma hem de soğutma amaçlı kullanılabilir. Bu seriler de heat pump mantığındadır, sistem soğutmada çalıştırılırken tüm iç üniteler soğutma modunda çalışmak zorundadır. Aynı durum ısıtma modunda iken de geçerlidir.
- Su Soğutmalı VRV Isı Geri Kazanımlı (Water Cooled Heat Recovery): Heat recovery VRV'den farkı ısının hava soğutmalı kondenser ile dışarı atılmayıp, su soğutmalı kondenser yoluyla dışarı atılmasıdır. Sistem aynı anda hem ısıtma hem de soğutma amaçlı kullanıma imkan verir. Sistemin ısı geri kazanımlı hale dönmesi için yön değiştirme kutularının ilave edilmesi yeterli olacaktır.

3.8.1. VRV SİSTEMİN ORTAYA ÇIKARILMASI VE GELİŞTİRİLMESİNDEKİ TEMEL NEDENLER

- Birebir split ünitelerin bir iç ve bir dış ünitesi bulunmaktaydı. Bu nedenle klima uygulaması yapılan mahallerde özellikle dış ünitelerin monte edileceği yerler temel sorunların başında geliyordu. Genellikle çok sayıda klima cihazı kullanılan uygulamalarda "dış ünite kirliliği" aşılamaz bir sorun olarak uygulamacıların karşısına çıkmaktaydı.
- Split uygulamalarda kullanılan cihazların bakır borulama mesafeleri genellikle 15 metre ile sınırlı olduğu için dış üniteleri uzak mesafelere taşımak imkansızdı.
- Projelerde çok sayıda dış ünite kullanılmak zorunda kalındığı için dış ünitelerin işgal ettiği yer oldukça fazlaydı.
- Dış ünitenin yukarı veya aşağıya konulması gereken durumlarda (Örn. Yüksek Bloklar) VRV dışındaki tüm sistemler uzun kot farkı uygulamalarına izin vermemekteydi.
- Birebir veya multi-split uygulamalarında her bir iç üniteye dış üniteden ayrı ayrı bakır boru hattı çekilmesi gerekiyordu. Bu durum hem bakır borunun çekilmesi için gerekli olan alanın artmasına hem de yüksek montaj maliyetlerine neden oluyordu. Ayrıca multi cihazlarda uzun bakır borulama da yapılamıyordu.

Split sistemler genellikle on-off (dur-kalk) çalıştığı için enerji tüketimleri yüksek oluyordu. VRV sistemlerin geliştirilmesiyle;

- Bir tek dış üniteden 16 iç üniteye, 1 dış ünite grubundan ise 64 iç üniteye kadar cihaz bağlanabilmiştir.
- Tek bir boru hattı üzerinden tüm iç üniteler kolayca çalıştırılabilmektedir.
- Çok küçük dış ünite ölçüleri ile yüksek verimlere ulaşılmış, minimum yer kaybı sağlanabilmiştir.
- Toplamda 1.000 metre (1 km) bakır boru hattının tek bir sistemden çekilebilme avantajı ile her türlü uygulamada istenilen her yere dış ünite ve iç ünite montajı kolaylıkla yapılabilmiştir.
- Kritik devrede 165 metre bakır boru mesafesine ve 90 metrenin üzerinde kot farkı uygulamalarına ulaşılabildiği için dış üniteler terasa, çatıya, bahçeye veya bina altına gizlenebilmiş, dış ünite kirliliğinden tamamen kurtulma imkanı sağlanmıştır.

VRV sistemlerin enerji tüketimleri aşağıdaki nedenlerden dolayı oldukça düşük seviyelere indirilmiş, buna karşın verimleri önemli ölçüde artmıştır;

- Çok hassas elektronik kontrollerin ve hassas soğutucu akışkan kontrollerinin geliştirilmesi,
- Inverter teknolojisi ve sıralı standart kompresörler,
- Yeni nesil soğutucu akışkanlarla ve yeni nesil kompresör teknolojileri ile küçük kondenser yüzeyleri elde edilip çok yüksek verimlere ulaşılması

		VRV I. Jenerasyon	VRV II. Jenerasyon	VRV III. Jenerasyon
Soğutucu Akışkan		R 22 ve R 407C	R 410A	R 410A Sistemdeki gaz hacmi I.Jenerasyona göre %40 daha az
COP	Soğutma	2,67	3,78	4,03
	Isıtma	2,92	4,13	4,27
En Büyük Kapasiteli Dış Ünite		10 HP (96.000 Btu/h)	16 HP (153.600 Btu/h)	18 HP (172.800 Btu/h)
Maksimum Sistem Kapasitesi		10 HP (96.000 Btu/h)	16 HP x 3 = 48 HP (460.800 Btu/h)	18 HP x 3 = 54 HP (518.400 Btu/h)
Kapasite Kontrol Aralığı		%15 ... %100	%3 ... %100	%3 ... % 100
Maksimum Kot Farkı	Dış Ünite Yukarıda (m)	50	50	90
	Dış Ünite Aşağıda (m)	40	40	90
Toplam Borulama Uzunluğu (m)		-	500	1.000
Eşdeğer Boru Uzunluğu (m)		125	175	190
Gerçek Boru Uzunluğu (m)		100	150	165
İlk Branşmandan Sonraki Maksimum Boru Uzunluğu (m)		40	40	90
Bir Dış Ünite Grubuna Bağlanabilen Maksimum İç Ünite Sayısı		16	40	64
Dış Ünite Ölçüleri (cm) (10 HP için)		128 x 144 x 69	90 x 160 x 76	93 x 157 x 76
Otomatik Gaz Şarjı		-	-	Var
Dış Ünite Fan Motoru		Speed controlled AC	Speed controlled AC	Inverter DC
Dış Ünite Ses Seviyesi dB(A)		57	57	45'e kadar* *Gece sessiz modunda
Kondenser Fanı Cihaz Dışı Statik Basıncı (Pa)		50	60	80

Tablo 3.363. VRV SİSTEMLERİNİN GELİŞİMİ



Şekil 3.364. CEPHEDEKİ DIŞ ÜNİTELERİN OLUŞTURDUĞU GÖRÜNTÜ KİRLİLİĞİ

3.8.2. VRV SİSTEMDE KULLANILAN İÇ ÜNİTE TİPLERİ

VRV sistemlerde her türlü ihtiyaca ve mekana uygun iç ünite tipleri bulunmaktadır. İç ünite kapasiteleri üretici ve modellere göre 2,2-28 kW arasında değişmektedir.

3.8.3. VRV SİSTEM TESİSAT LİMİTLERİ, ÇALIŞMA SICAKLIK ARALIKLARI, TESİSATTA KULLANILAN BAKIR BORULAR

Dış üniteler, soğutma modunda dış ortam sıcaklığı +43°C ile -5°C arasında, ısıtma modunda ise -20°C ile +16°C arasında çalışabilmektedir. Dış ünite kapasite seçimleri yapılırken dış ortam sıcaklığına göre kapasite kontrolü yapılmalıdır. Dış üniteler dış ortama konulabildiği gibi aynı zamanda dış ünite atış ağzına kanal uygulaması yapılarak iç ortamlara da rahatlıkla konulabilmektedir. VRV tesisatında deokside edilmiş %99 saflıkta dikişsiz bakır borular kullanılır. Tesisatta kullanılan bakır boruların çapları kapasiteye göre üretici firma kataloglarından tayin edilmeli, proje tasarımı ve montajı buna göre yapılmalıdır. Bakır borular (sıvı ve gaz hattı) yoğuşmayı önlemek için en az 9-13 mm (hatta 25 mm) kalınlığında kauçuk esaslı izolasyon malzemesi ile izole edilmelidir. VRV sistemin en büyük avantajlarından biri olan uzun tesisat (bakır borulama) mesafesi 190 m (eşdeğer borulama mesafesi) ve toplam borulama uzunluğu 1.000 m'dir.

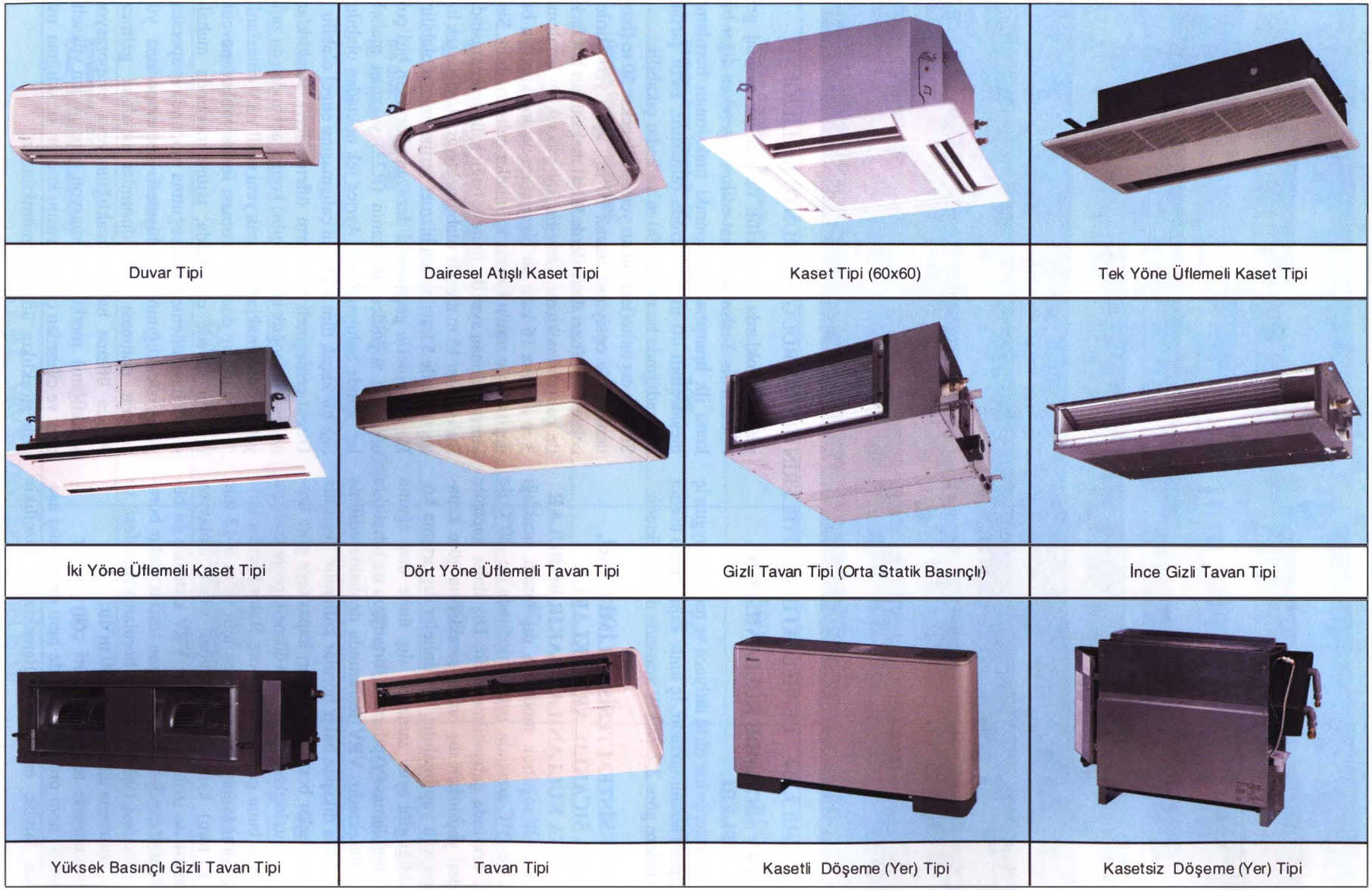
VRV sisteminde tesisat limitleri çok geniştir.

Bu özellik, hem proje safhasında hem de montaj aşamasında büyük esneklik sağlamaktadır. Özellikle yüksek bloklarda bu özellik önemli bir avantaj getirmektedir. Tesisatta dikkat edilmesi gereken diğer bir konu ilk branşmandan sonraki maksimum borulama mesafesinin 40 m'nin altında olmasıdır. Belli şartlar sağlandığında bu mesafe 90 m'ye kadar çıkabilir.

Sistem; dış ünite(ler) yukarı yerleştirilecekse 50 m (bazı üreticilerde opsiyonel olarak 90 m), aşağı yerleştirilecekse 40 m (bazı üreticilerde 90m) maksimum kot farkı ile çalışabilmektedir. Örneğin kat yüksekliği ortalama 3 m alınırsa 16 katlı bir binanın en üstüne konulan bir dış ünite ile zemin kattaki iç üniteler çalıştırılabilir. Sistemde bulunan aynı dış üniteye bağlı iç üniteler arasında maksimum 15 m mesafe olabilmektedir. Böylece tek bir dış ünite ile 5 kata birden hizmet verme imkanı olabilir.

Bu sistemlerin geçmişteki dezavantajlarından biri çok miktarda soğutucu akışkanın (R22) yaşanan mahaller içinde bulunmasıydı. Ayrıca tek noktadan olabilecek bir kaçak tüm sistemin çalışmasına engel olabilir.

Direkt genleşmeli cihazların üfleme hava sıcaklıkları nedeniyle (soğuk üfleme gibi) konfor açısından da zafiyetleri bulunmaktadır. Ancak yeni nesil VRV cihazlarda "Hot Start" ve donma koruması fonksiyonları mevcuttur. Bu sayede cihazlarda, ısıtma modunda mahale soğuk hava üfleme ya da soğutma modunda evaporatör yüzey sıcaklığının aşırı düşmesi ve evaporatör yüzeyinin donması gibi durumlar meydana gelmez. Ayrıca üfleme havası sıcaklığını (veya evaporasyon sıcaklığını) merkezi otomasyon sisteminden yükseltmek ve cihazdan çıkış havasını konfor sıcaklığına uygun sıcaklıkta üflemek mümkündür.



Şekil 3.365. VRV SİSTEMDE KULLANILAN İÇ ÜNİTE TİPLERİ

Sistem Tipi	Minimum / Maksimum				Modeller
	Kapasite	İç - Dış Ünite Arası Borulama	Toplam Borulama	İç - Dış Ünite Arası Kot Farkı (Dış Ünite Yukarıda)	
	Btu/h	metre	metre	metre	
VRV III - Heat Pump / Sadece Soğutma	48.000 - 518.400	165	1.000	50(90*)	"600 x 600 Dört Yöne Üflemeli Kaset, Dört Yöne Üflemeli Kaset, İki yöne Üflemeli Kaset, Tek Yöne Üflemeli Kaset, Mini Gizli Tavan, İnce Gizli Tavan, Gizli Tavan Tipi Orta St. Basınçlı, Gizli Tavan Tipi Yüksek St.Basınçlı, Duvar Tipi, Asılı Tavan Tipi, Dört Yöne Üflemeli Asılı Tavan, Kasetli Döşeme, Gizli Döşeme"
VRV III - Isı Geri Kazanımlı	48.000 - 172.800	150	1.000	50	
VRV WIII - Su Soğutmalı VRV Heat Pump	76.800 - 288.000	120	300	50	
VRV WIII - Su Soğutmalı VRV Isı Geri Kazınımlı	76.800 - 288.000	120	300	50	
Mini VRV Heat Pump	38.000 - 57.600	150	300	50	

Tablo 3.366. VRV SİSTEMLERİ TESİSAT LİMİTLERİ

3.8.4. VRV SİSTEMLERİN ÇALIŞMA PRENSİBİ

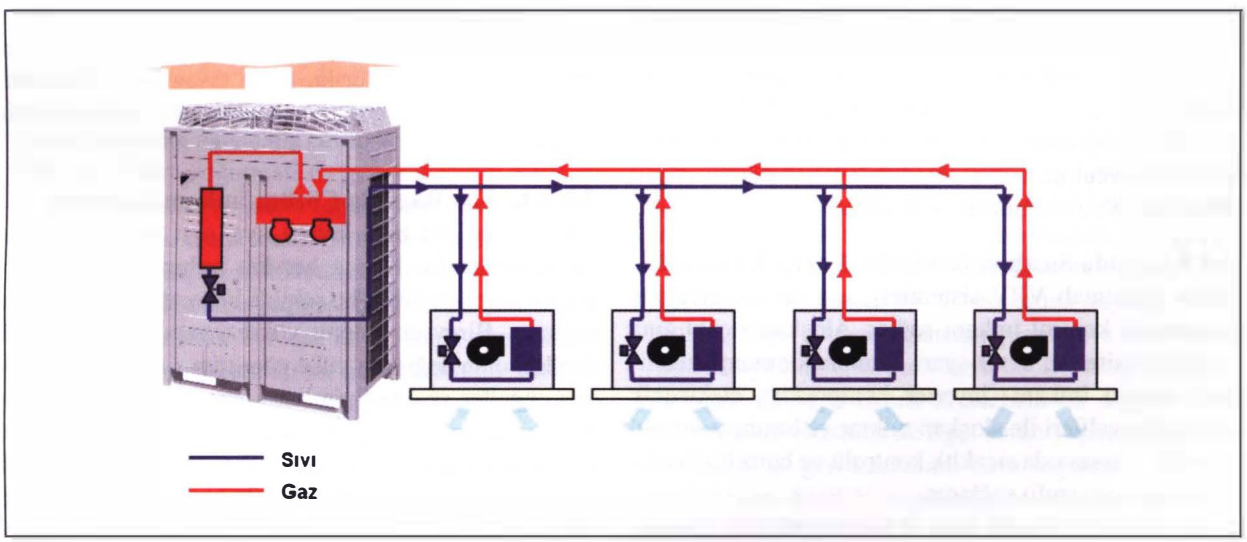
Şekil 3.367'de tipik bir VRV sistemin (Heat pump veya Sadece Soğutma) tek bir dış ünite modülünden ve iç ünitelerden oluşan sistem şeması görülmektedir. Sistemdeki ana ve yan ekipmanlar:

- Dış ünite (ler)
- İç üniteler
- Bakır boru tesisatı
- Branşman kitleri
- Kumandalar

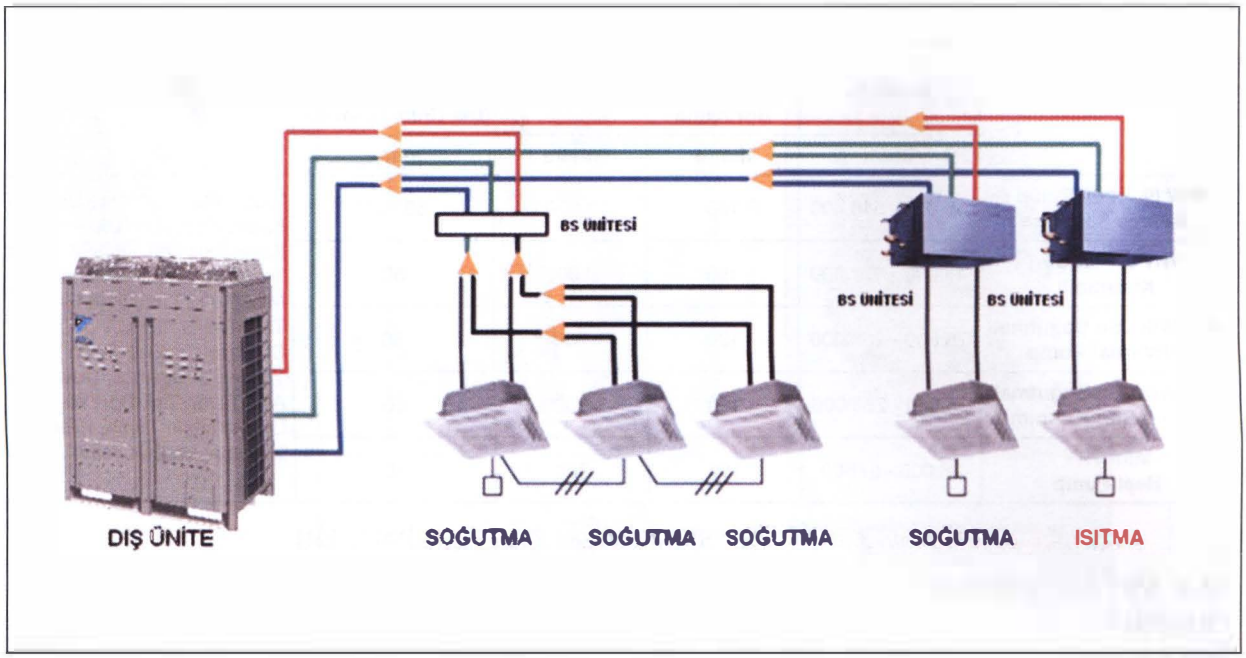
Sistemin temel çalışma prensibi bilinen soğutma çevriminden çok farklı değildir.

Soğutma çevriminde olduğu gibi iç ortamdan soğutucu akışkan tarafından alınan ısının dışarı atılmasına yarayan bir kondenser (VRV dış ünite), bu kondenserin içinde akışkanı basınçlandırmaya yarayan kompresör/kompresörler, iç ortamdan akışkanın üzerine ısı alarak buharlaşmasını sağlayan evaporatörler (İç Üniteler), iç ünitenin içinde hassas akış debisini ve basıncını ayarlayan akış kontrol elemanları bulunmaktadır. Soğutucu akışkan olarak kullanılan yüksek verimli R410A gazının buharlaşma ve yoğuşma özelliğinden faydalanılarak soğutma işlemi gerçekleştirilir. VRV sistemi, heat pump ve sadece soğutma için iki borulu (sıvı hattı ve gaz hattı) olup, ısı geri kazanımlı sistemlerde (heat recovery) ise üç boruludur (sıvı hattı, gaz emiş hattı, gaz basma hattı).

Isı Geri Kazanımlı (heat recovery) VRV sistemler, standart VRV sistemlere göre boru tesisatı ve çalışma prensibi açısından bazı farklılıklara sahiptir. Bu farklılıklardan en önemlisi gaz ve likit hatları ile birlikte üçüncü bir bakır boru hattı çekilmesi gerekliliğidir. Çekilen bu ilave bakır boru hattı sayesinde her bir iç ünite birbirinden bağımsız olarak ve aynı anda ısıtma ya da soğutma yapabilmektedir. Soğutucu akışkanın yönü BS Üniteleri (akışkan yön değiştirme kutuları) aracılığıyla soğutma veya ısıtma moduna göre değiştirilir. Bu sayede ısıtma amaçlı çalışan iç üniteler soğutmadaki kondenser göre-



Şekil 3.367. VRV SİSTEM ÇALIŞMA ŞEMASI



Şekil 3.368. ISI GERİ KAZANIMLI VRV SİSTEM ŞEMASI

vini üstlenirken diğer soğutmada çalışan iç üniteler evaporatör görevine devam ederler. Bu sayede kullanıcılar, dilediği anda sistemin tamamından bağımsız olarak iç üniteyi ısıtma yada soğutma modunda çalıştırabilir.
VRV sistemlerin bağlantı elemanları (jointler), kontrol ve kumanda sistemi, diğer sistemlere göre farkları, sistem tasarımı, projelendirme, merkezi sistem uygulamaları, sistem uygulama alanları, VRV sistem uygulanmış proje örnekleri ve bunun gibi diğer tüm sistem detayları *YÜKSEK YAPILARDA TESİSAT kitabı bölüm 6.2.6*'da daha detaylı şekilde anlatılmaktadır.

3.8.5. HAVA SOĞUTMALI VRV SİSTEMLER

Hava soğutmalı VRV sistemleri tek bir dış üniteye (veya dış ünite grubuna) tek bir bakır boru hattı ile bağlanabilen çok sayıda iç ünite ile tüm bağımsız mekanlarda ısıtma ve/veya soğutma ve kısmi havalandırma yaparak istenilen iklim koşullarını sorunsuz sağla- yan sistemlerdir. Hava soğutmalı VRV sistemler Yalnız soğutma, ısıtma+soğutma, ısı geri kazanımlı olarak mevcuttur. Hava soğutmalı VRV sistem çeşitli kriterlere göre aşağıda anlatılmaktadır.

3.8.5.1. Oda Sıcaklık Kontrolü, Enerji Ekonomisi

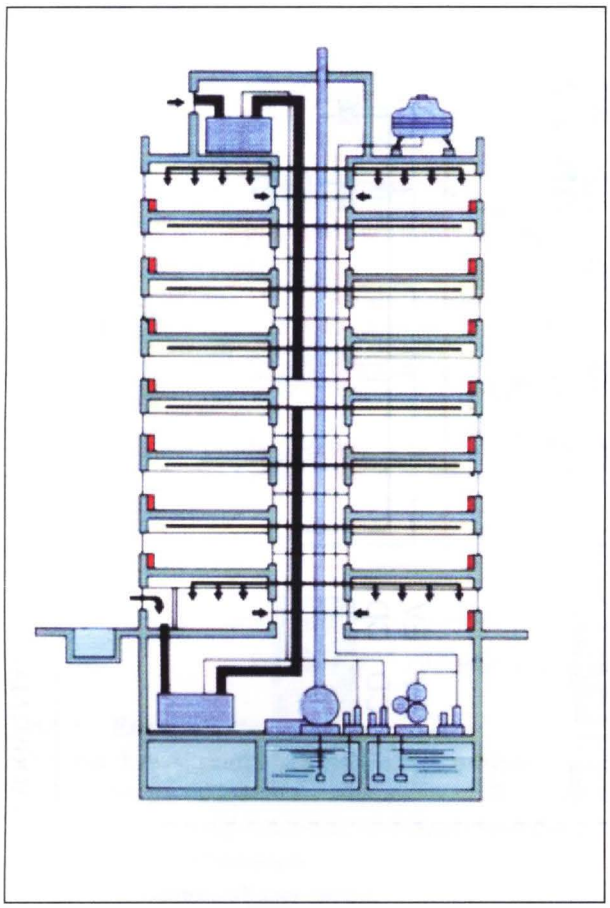
Hava soğutmalı VRV sistemleri, son derece gelişmiş elektronik kontrol imkanı sağlar. Akışkan sıcaklığına bağlı iç ünite fan devir ayarı, kompresör enerji tüketimi kontrolü imkanı (inverter kompresör), elektronik genleşme valfleri ile akışkan miktar ve basınç kontrolü olanağı, hassas oda sıcaklık kontrolü ve buna bağlı olarak enerji tasarrufu sağlanır.
Oda sıcaklık kontrolü bazı ürünlerde ±0,5°C hassasiyetle sağlanabilir.

3.8.5.2. Minimum Yer İhtiyacı

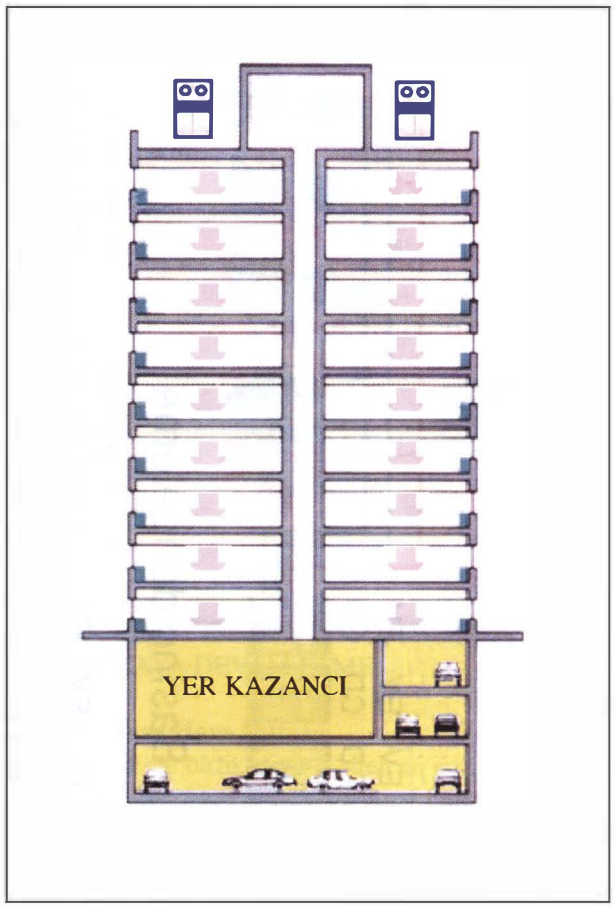
VRV sistem dış üniteleri hem küçük ebatta olması hem de ısıtma ve soğutmayı aynı sistemle yapabilme imkanı ile merkezi sistemde yer alan kazan, soğutma grupları gibi cihazlara olan ihtiyacı ortadan kaldırır.
Bu sayede merkezi sistemde bu cihazlar için ayrılan yer, depo, garaj gibi çeşitli amaçlarla kullanılabilir. Ayrıca yeni nesil soğutucu akışkanlar sayesinde önceki serilere göre daha az soğutucu akışkan ile aynı ısıtma-soğutma kapasitesi sağlanabilir. Bu sayede daha küçük çapta borular ile enerji taşınır, mekanik tesisat şaftları daha küçük, asma tavan yükseklikleri daha az olur. Birim zamanda 1 kg soğutucu akışkan ile taşınan ısı miktarı, suya göre yaklaşık 11 kat daha fazladır. Başka bir deyişle aynı ısı kapasitesine sahip bir sistem elde etmek için soğutucu akışkanın 11 katı kadar miktarda suyu sisteme taşımak gerekir. Bu değer mekanik tesisat şaftlarını, asma tavan yüksekliklerini değişik sistemlere göre karşılaştırmak için önemli bir veridir.

3.8.5.3. Kat Bazında Çözüm İmkanı, Zonlama

VRV sistem ile bina katları ayrı ayrı dış üniteler ile şartlandırılabilir. Kısaca her kat birbirinden bağımsız olarak iklimlendirilir, bu şekilde bireysel çözüm imkanı sağlanır. Bireysel sistem, yüksek yapıların en büyük özelliği olan değişken yüke göre tüm sistemin çalışmasını engeller ve enerjinin boşa harcanmamasını sağlar. Bu yapılarda bir cephede ısıtma ihtiyacı gerekirken, başka bir cephede soğutma ihtiyacı doğabilir. Heat pump VRV sistem kullanılarak bina düşeyde 2 ayrı zona ayrılarak bir cephede ısıtma ihtiyacı karşılanırken, diğer cephede soğutma ihtiyacı karşılanabilir.



Şekil 3.369. MERKEZİ SİSTEMDEKİ YER İHTİYACI



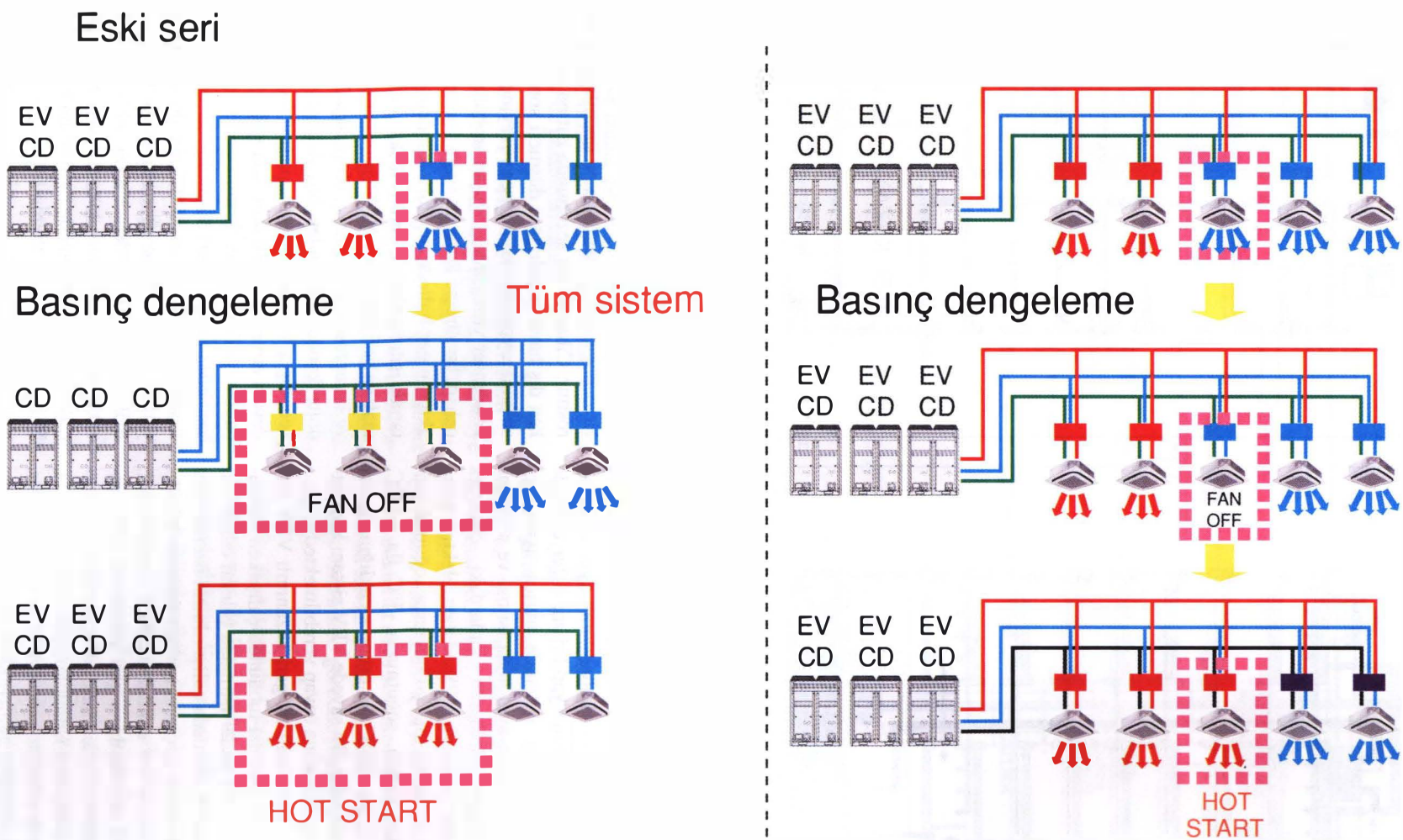
Şekil 3.370. VRV SİSTEMDEKİ YER İHTİYACI

Heat-recovery VRV sistem kullanılarak aynı anda binanın bir cephesinde ısıtma yapılırken, diğer cephede soğutma yapılabilir. Bu sistemde ayrıca aynı cephedeki farklı mahallerde aynı anda ısıtma ve soğutma yapılabilir. Yüksek bloklarda katlardaki çekirdek zonlarda, asansör daireleri, UPS odaları, elektrik pano odaları gibi mekanlarda tüm yıl boyunca soğutma ihtiyacı vardır. VRV sistem, soğutmada -5°C ila +43°C, ısıtmada -20°C ila +16°C dış ortam sıcaklığına kadar çalışmaya devam eder. Bu sayede VRV sistem kış şartlarında soğutma ihtiyacına cevap verebilmektedir.

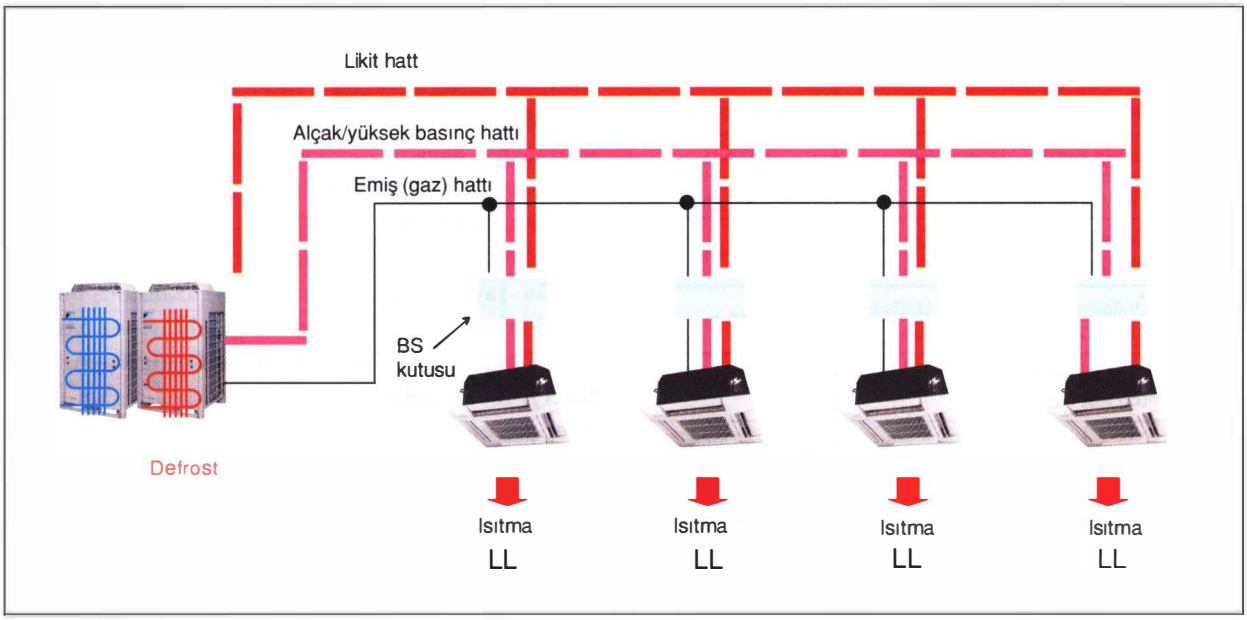
Eski nesil hava soğutmalı ısı geri kazanımlı VRV sistemlerde cihazlar soğutma modunda çalışırken ısıtmaya alındığında, o ana kadar ısıtmada çalışan cihazların fanları durmakta ve ısıtmada çalıştırılması istenen tüm cihazların bu konuma geçmesi toplam sistemin büyüklüğüne bağlı olarak 7-9 dakika arasında sürmekteydi. Yeni nesil hava soğutmalı ısı geri kazanımlı VRV sistemlerde ise eski serilerden farklı olarak cihazlar soğutma modunda çalışırken ısıtma konumuna alındığında, ısıtmada çalışan cihazlar ısıtmaya devam edebilirler. Kış sezonunun en soğuk günlerinde dahi ısıtma modunda konforda herhangi bir eksiklik meydana gelmez.

3.8.5.4. Defrost

Hava soğutmalı sistemlerin en önemli dezavantajı, defrosttur. Cihazlar kış sezonunda ısıtma modunda çalışırken dış hava sıcaklığının düşmesi sonucunda havadaki su buharı yoğuşup kondenser yüzeyine yapışır. Cihazlar kondenser yüzeyinde yoğuşan su buharını çözmek için çalışır, bu süreçte iç ve dış ünite fanları durur. Soğutucu akışkan gaz halinde dış ünite kondenserine gider. İç ortamda ısıtma işletimi durur. Ancak yeni nesil hava soğutmalı ısı geri kazanımlı VRV sistemler iki ayrı konden ser ve kompresör devresinden oluşmaktadır. Bu sayede dış ünite kondenserlerinden biri defrost modunda çalışırken, diğer kondenser devresi ısıtma modunda çalışmaya devam etmektedir. Bu durumda iç ünite fanları durmaz, çalışmaya devam eder. İç ünitelerin tamamı ısıtmaya devam eder, fan devirleri düşürülür. İç ünite batarya yüzey sıcaklığı hiçbir zaman 25 °C' nin altına düşmez. Bu sayede, iç ünite üfleme ağzından çıkan hava sıcaklığı da mahal büyüklüğü, üflenen hava debisi, emiş havası sıcaklığına da bağlı olmak üzere belli bir değerin altına düşmemekte ve ısıtma ile ilgili sorun yaşanmamaktadır. Yeni nesil ısı geri kazanımlı hava soğutmalı VRV sistemlerin bu özelliği sayesinde, ısıtma sezonunun en soğuk günlerinde dahi, iç mahallerde defrost nedeniyle konforda eksiklik yaşanmaz.



Şekil 3.371. VRV SİSTEMLERDE GELİŞMİŞ SOĞUTMA/ISITMA GEÇİŞİ



Şekil 3.372. DEFROST SÜRESİNCE ISITMAYA DEVAM ETME

3.8.5.5. Enerjinin Paylaşımı

Soğutma kapasitesinin değişkenliği sebebiyle enerji harcamaları da değişkendir. Öte yandan VRV sistem ünitelerinin gelişmiş elektronik özellikleri sayesinde;

- Toplam enerji harcaması,
- Her iç ünitenin çalışma süresi,
- Ünite başına harcanan enerji miktarı,
- İç ünitelerin çalışma eğrileri,

kolayca grafik halinde elde edilebilmekte ve bu sayede enerjinin eşit paylaşımı sağlanabilmektedir. Fakat bu enerji dağılımı oransal olarak yapılmakta %100 hassas bir ölçüm gerçekleştirilememektedir.

3.8.5.6. Arıza Durumunda Sistem Davranışı

Her çeşit yapıda ısıtma yada soğutma sezonunun herhangi bir anında konfor şartlarında kısa süreli dahi kesinti olması sıkıntıya yol açar.

VRV sistemde iç ünitelerden biri veya birden fazlası arızalansa dahi sistemin tamamı çalışmaya devam eder. Diğer taraftan dış ünitedeki kompresörlerden biri arızalansa dahi sistem 8 saate kadar acil fonksiyonda çalışır. Bu şekilde konfor şartlarında eksilme olmaz.

3.8.5.7. Diversite

Diversite oranı; bir sistemin tümünde ihtiyaç duyulan toplam kapasitenin genellikle sürekli olarak çalışması gereken mahallerin toplam kapasitesine oranı olarak tanımlanabilir ya da mahale monte edilen iç ünitelerin tamamının toplam kapasitesinin dış ünitenin kapasitesine oranıdır. Bazı VRV üreticileri belirli şartlar sağlandığı takdirde cihazlarında %200'e kadar diversite oranı alma imkanı verebilmektedir. Diversite faktörü ile ilgili daha detaylı bilgi *YÜKSEK YAPILARDA TESİSAT KİTABI bölüm 6.2.6'* da anlatılmaktadır.

3.8.5.8. Taze Hava İhtiyacı

VRV sistem ile birlikte çalışabilen ısı geri kazanım cihazları ile taze hava şaftlardan içeri alınabilir. Ayrıca kanal bağlanabilen iç üniteler ile şaftlardan alınan taze hava şartlandırılacak ortama verilir. Ancak bu sistemlerde duman egzozu için ayrıca bireysel sistemler kurulmalıdır.

3.8.6. SU SOĞUTMALI VRV SİSTEMLERİ

VRV sisteminin bütün avantajlarına sahip, sistemde soğutucu akışkan ile dış ortam arasındaki ısı transferini su ile gerçekleştiren bir sistemdir.

Sistemin soğutucu akışkan tarafı; kondenser, iç üniteler, soğutucu akışkan ve kontrol ekipmanlarından, su tarafı; pompalar, valfler, genleşme tankı, ısı transfer üniteleri (kazan, soğutma kulesi), su arıtma cihazlarından oluşur.

Bu sistemde, yaz modunda iç ünitelerden alınan ısı, VRV dış ünitesinde (su soğutmalı kondenser) suya aktarılır. Su ise almış olduğu sistem ısısını soğutma kulesi vasıtasıyla dışarı atar.

Kış modunda ise, ısıtma suyu, sıcak su kazanından aldığı ısıyı VRV dış ünitesinde iç ünitelere verilmek üzere soğutucu akışkana iletir.

Sistemin otomasyonu frekans kontrollü pompalar, iki yollu on-off kontrollü vanalar ile sağlanır. Sistemin çalışma sıcaklık aralığı, su çevriminin sıcaklığına bağlıdır. Bu sıcaklık -10 ± 45°C arasında muhafaza edilebilir. Sistemdeki ısı, 2 borulu su çevrimi vasıtası ile kondenser ünitesinden ısıtma veya soğutma moduna göre alınır veya verilir.

Su Soğutmalı VRV sistemin genel teknik özellikleri Sistem seçim kriterlerine göre Su Soğutmalı VRV sistemi kullanılarak aşağıdaki çözümler üretilebilir;

Kondenser İşletme Basıncı	20 bar	
Su Sıcaklığı (ısıtma)	-10 - 45 °C	
Su Sıcaklığı (soğutma)	+10 - 45 °C	
Oda Sıcaklığı Kontrol Hassasiyeti	± 0.5 °C	
Toplam Borulama Mesafesi	300 m	
VRV İç Üniteleri ile Kondenser Ünitesi Arasındaki Uzunluk	120 m	
VRV İç Üniteleri ile Kondenser Ünitesi Arası Maksimum Eşdeğer Uzunluk	140 m	
VRV İç Üniteler Arası Maksimum Kot Farkı	15 m	
VRV İç Üniteleri ile Kondenser Ünitesi Arası Maksimum Kot Farkı	Dış Ünite	
	Yukarıda	Aşağıda
	50 m	40 m

Tablo 3.373. SU SOĞUTMALI VRV CİHAZLARIN GENEL ÖZELLİKLERİ

- Isıtma ve soğutma: Su Soğutmalı VRV Sistemi (2 borulu heat pump model)
- Isıtma ve soğutma: Su Soğutmalı VRV Sistemi (3 borulu ısı geri kazanımlı model)
- Isıtma ve soğutma: Toprak kaynaklı Su Soğutmalı VRV Sistemi (2 borulu heat pump model)

3.8.6.1. Su Soğutmalı VRV Tipleri

- Su Soğutmalı VRV Isıtma + Soğutma (Water Cooled Heat Pump): Bu sistemde, aynı dış üniteye bağlı iç üniteler için farklı zonlarda aynı anda ısıtma ve soğutma yapılamaz, bütün sistemde ısıtma yada soğutma yapılır. Ancak farklı dış üniteye bağlı iç üniteler için bir zonda ısıtma yaparken diğer zonda soğutma yapılabilir.
- Su Soğutmalı VRV Isı Geri Kazanımlı (Water Cooled Heat Recovery): Bu sistemde, aynı dış üniteye bağlı bile olsa farklı iç ünitelerde aynı anda ısıtma ve soğutma yapılabilir.
- Toprak kaynaklı Su Soğutmalı VRV Isıtma + Soğutma (Water Cooled Ground Source Heat Pump): Bu sistemde standart su soğutmalı VRV ısıtma + soğutma' dan farklı olarak, dış üniteler -10 °C su giriş sıcaklığına kadar (kondenser suyu devresine glikol eklenerek) ısıtmada çalışmaya devam edebilir.

3.8.6.2. Su Soğutmalı VRV Sisteminin Uygulama Alanları

a. Su Borulaması Uzunluğunun Sorun Olmadığı Çok Katlı Yüksek Binalar:

VRV sistem yüksek bloklarda sorunsuz çalışabilme özelliğine sahiptir. Bunun yanında gerekli pompa kapasitesi ve basma yüksekliği ile su borusu çapları doğru seçildiği takdirde mesafe limiti olmaksızın VRV dış ünitelerine sıcak/soğuk su gönderilebilir.

b. Su Soğutmalı VRV Sisteminin Adapte Edilebileceği, Su Çevriminin ve Isı Kaynağının Mevcut Olduğu Revize Projeler:

Su soğutmalı VRV sisteminde, sistemin dış ünitesinde ısı transferi hava ile değil su ile yapılmaktadır. Dolayısıyla sistemde mevcut halde kazan veya soğutma kulesi olduğu takdirde su soğutmalı VRV sistemi bu ısı kaynaklarına adapte olup uyumlu bir şekilde çalışabilir. Bu sayede yatırım maliyetleri azaltılmış olur.

c. Alternatif Isı Transfer Kaynaklarının Sisteme Uygulanabileceği (Yer Altı Suyu, Deniz Suyu, Solar Enerji vs) Projeler:

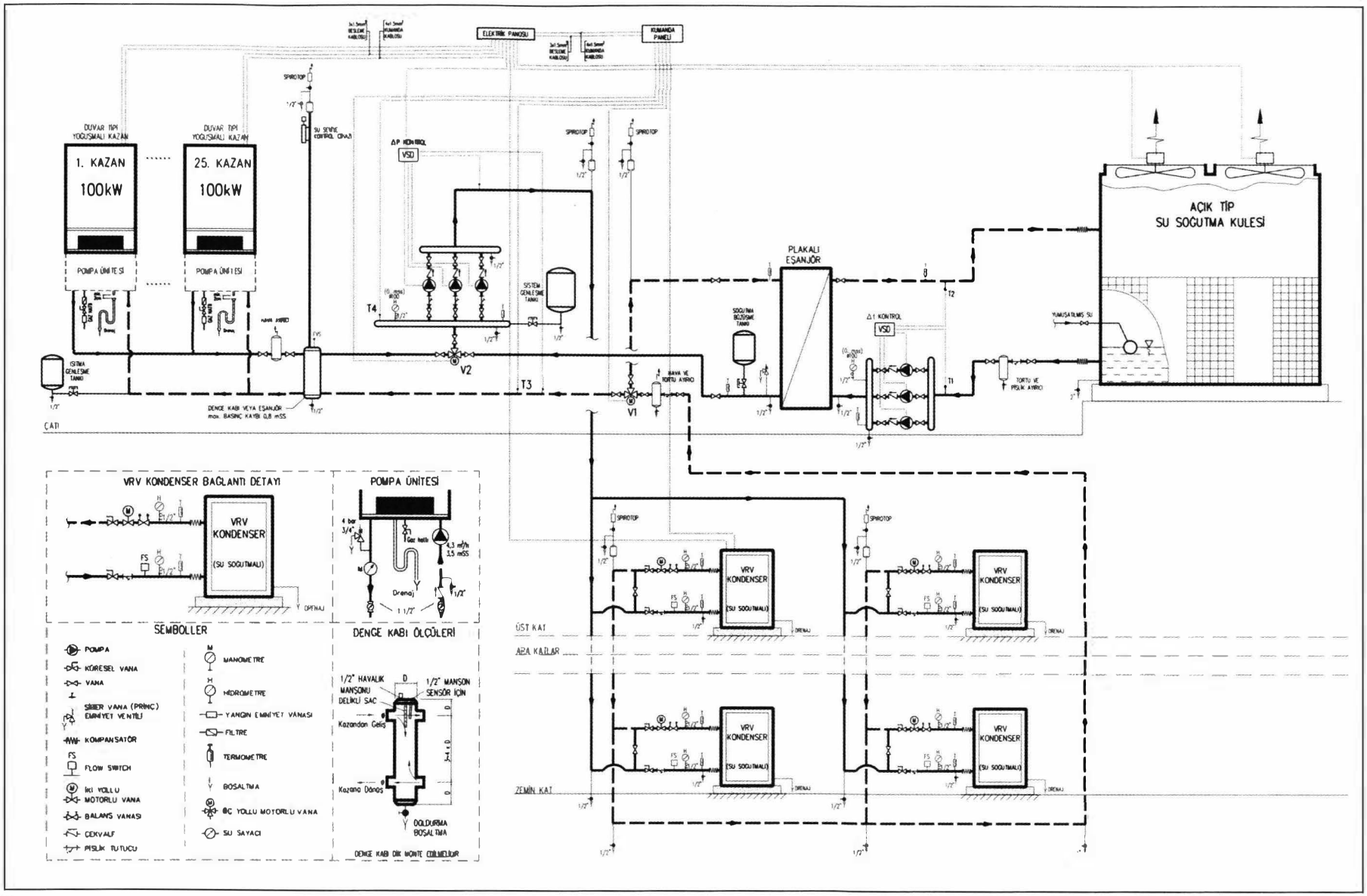
Eğer projenin uygulandığı yerde sistemin su çevriminin adapte olabileceği alternatif ısı kaynakları (yer altı suyu, deniz suyu, solar enerji vs) mevcut ise, bu sistemin kullanılması ile yatırım maliyetleri azaltılmış olur. Dolayısıyla böyle bir durumda su soğutmalı VRV sistemi iyi bir alternatif olarak göze çarpar. Yeni nesil toprak kaynaklı su soğutmalı VRV sistemlerde sistemdeki soğutucu akışkan ısısını transfer etmek için kullanılan su -10 °C kondenser giriş sıcaklığına kadar ısıtma yapabilmektedir. Bu sayede toprak kaynaklı su soğutmalı VRV sistemler ile herhangi bir sekonder devreye gerek duymadan sistem şartlandırması yapılabilir.

d. Sistemde Düşük Ses Seviyesinin Önemli Olduğu Projeler:

Soğutma kuleleri düşük ses için uygun cihazlardır. Soğutma kuleleri soğutma gruplarına göre sessiz çalıştığından çevre sessizliğinin önemli bir kriter olduğu durumlarda soğutma kulesi seçimi, dolayısıyla su soğutmalı VRV sistemleri önemli bir seçenek olmaktadır.

e. Su Çevriminin Kullanılmasından Dolayı, Defrostun Olmadığı Sistemler:

Kış modunda havadaki su buharı +5°C ile -5°C arasında çok yoğun olmak üzere yoğuşur, dış ünite kondenser yüzeyinin donmasına sebep olur, karlanma yapar. Defrost, bu yoğuşan su buharını çözmek için evaporatör yüzeyinin kondenser olarak çalışması şeklinde açıklanır. +5°C ile -5°C arasında havadaki su buharı miktarı yoğunluğu fazla fakat bundan daha düşük sıcaklıklarda azdır. Bu sebeple daha düşük sıcaklıkta defrost daha az olur. Bu süreçte iç üniteler ısıtma yapamaz. İç ve dış ünite fanları durur. Bu buz tabakası çözülene kadar, evaporatör, kondenser olarak çalışmaya devam eder. İşte bu nedenle, klasik gaz çevrimli sistemler kış modunda çalışırken zaman zaman ısıtma konforunda problem yaratmaktadır. Su soğutmalı VRV sisteminin özelliği ise ısıtma için gerekli olan ısıyı havadan değil sudan almasıdır. Bu yüzden defrost gibi ısıtma konforunda eksiklik yaratacak durumlar bu sistemde söz konusu değildir. Su soğutmalı VRV sistemi kış modunda dış hava şartlarından bağımsız çalışır.



Şekil 3.374. SU SOĞUTMALI VRV SİSTEM ÖRNEK TESİSAT ŞEMASI

f. Bina İçine Suyun Taşınmasının İstenmediği Sistemler:

Sulu sistemler yaşam alanlarında su ile ortamın ısıtılması/soğutulması ilkesine dayanır. Eğer konfor önemli bir kriter ise geçiş mevsimlerinde iç zonlarda soğutma istenirken, çevre zonlarda ısıtma istenebilir. Bu sebeple ısıtma için ayrı çevrim, soğutma için ayrı çevrim gerekmektedir. Bu sebeple yaşam alanlarına, su içeren dört boru ve drenaj borusu yerleştirmek gerekmektedir. Sistemde borularda herhangi bir sebeple su sızıntısı olması yaşam alanlarına suyun akması sonucunu doğurur. Korozyon sebebiyle yine boruların çürümesi, su sızıntısı meydana getirir. Eğer boru çapları doğru seçilmediyse tesisatta ses problemi olur.

Tesisatın soğutucu akışkan tarafındaki ana ve yardımcı malzemeler:

- Su soğutmalı VRV dış ünitesi
- İç üniteler
- Bakır boru tesisatı
- Branşman kitleri
- Kumandalar

Tesisatın su tarafındaki ana ve yardımcı malzemeler:

- Açık ya da kapalı tip soğutma kulesi
- Kazan
- Denge kabı
- Eşanjörler
- Frekans kontrollü pompalar
- İki yollu on-off kontrollü vanalar
- Genleşme kapları
- Pislik/hava ayırıcılar

Sistemde, soğutma modunda iç üniteler iç ortamdan aldığı ısıyı kondenserlere taşımakta burada ısı, su çevrimine geçmekte gaz, ısısını suya aktardığı için yoğuşup sıvı fazına geçerken, su çevrimindeki ısı ise soğutma kulesi vasıtası ile dış ortama atılmaktadır. Burada sistem kontrolünde, soğutma kulesine giden su debisi, frekans kontrollü pompa ile sağlanır. Diğer taraftan VRV dış ünitesinin su çevrimine bağlı iki yollu on-off kontrollü vanalar ve frekans kontrollü pompalar ile dış üniteye gidecek su debisi ve sıcaklığı ayarlanır.

Isıtma modunda ise iç üniteler iç ortama kondenserden aldığı ısıyı aktarmaktadır. Sıvı fazındaki soğutucu akışkan kondenserde ısıtma suyundan aldığı ısı ile gaz fazına geçmekte ve almış olduğu ısıyı mahale aktarıp yoğuşmaktadır. Diğer taraftan ısıtma suyu ise yoğuşmalı kazan teknolojisi sayesinde alev modülasyonu ile, daima istenen sıcaklıkta kolektöre gelmektedir. Burada VRV dış ünitesi ihtiyacına göre iki yollu on- off kontrollü vanalar ve frekans kontrollü pompalar ile gerekli debi ve sıcaklıkta su, VRV dış ünitesine girmektedir.

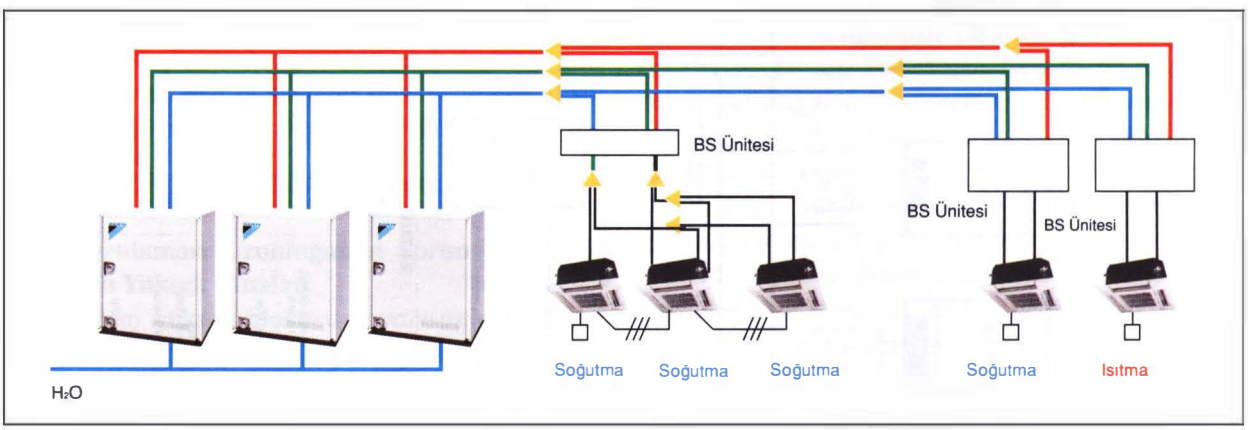
Su soğutmalı VRV sisteminde bir dış ünite, iç ortamı ısıtma amaçlı çalışırken, diğer dış ünite başka bir iç ortamı soğutma amaçlı çalışabilir. Çünkü dış ünitenin ısıtma/soğutma suyu çalışma sıcaklığı aynı aralıklardadır. Değişen su sıcaklığına göre kondenserin çalışma verimi değişir. Bu sıcaklık -10 °C - +45°C arasındadır. Kondenser giriş suyu sıcaklığı + 5 C' nin altına düştüğü takdirde sisteme glikol ilave edilmelidir.

Örnek bir su soğutmalı VRV sistem örnek tesisat şeması şekil *3.374.*'de gösterilmiştir.

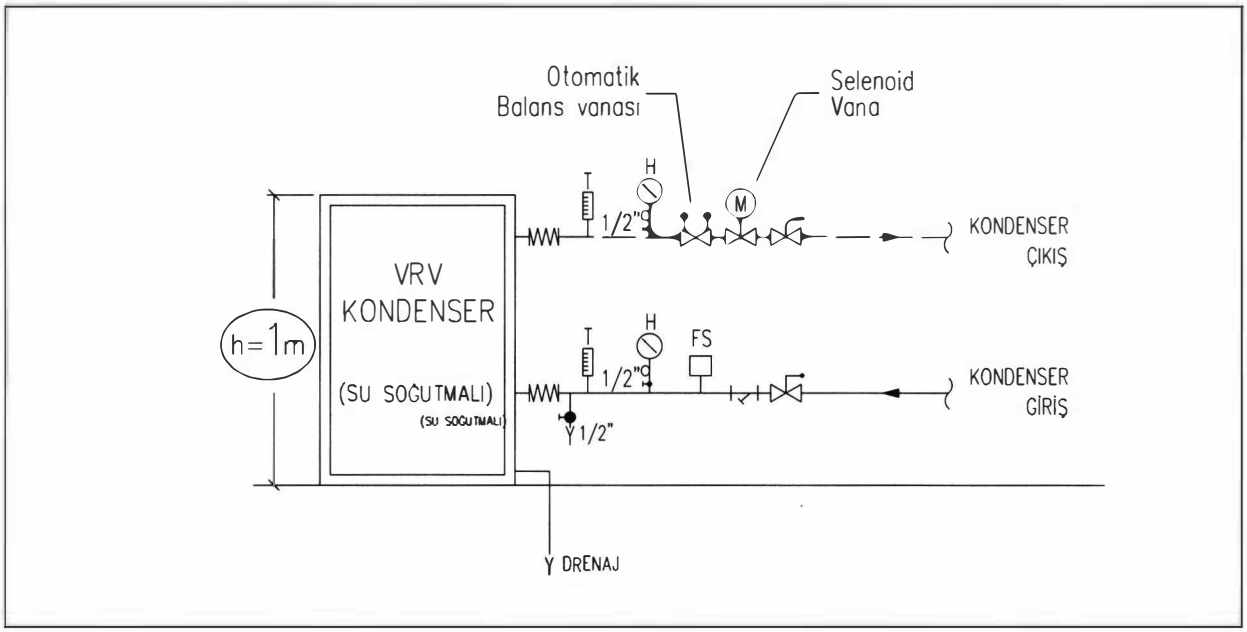
3.8.6.3. Su Soğutmalı VRV Isı Geri Kazanımlı (Water Cooled Heat Recovery) Sistemler

Bu tip sistemler (*şekil 3.375.*) su soğutmalı heat pump VRV sistemlere göre boru tesisatı ve çalışma prensibi açısından bazı farklılıklara sahiptir. Bu farklılıklardan en önemlisi gaz ve likit hatları ile birlikte üçüncü bir bakır boru hattı çekilmesi gerekliliğidir.

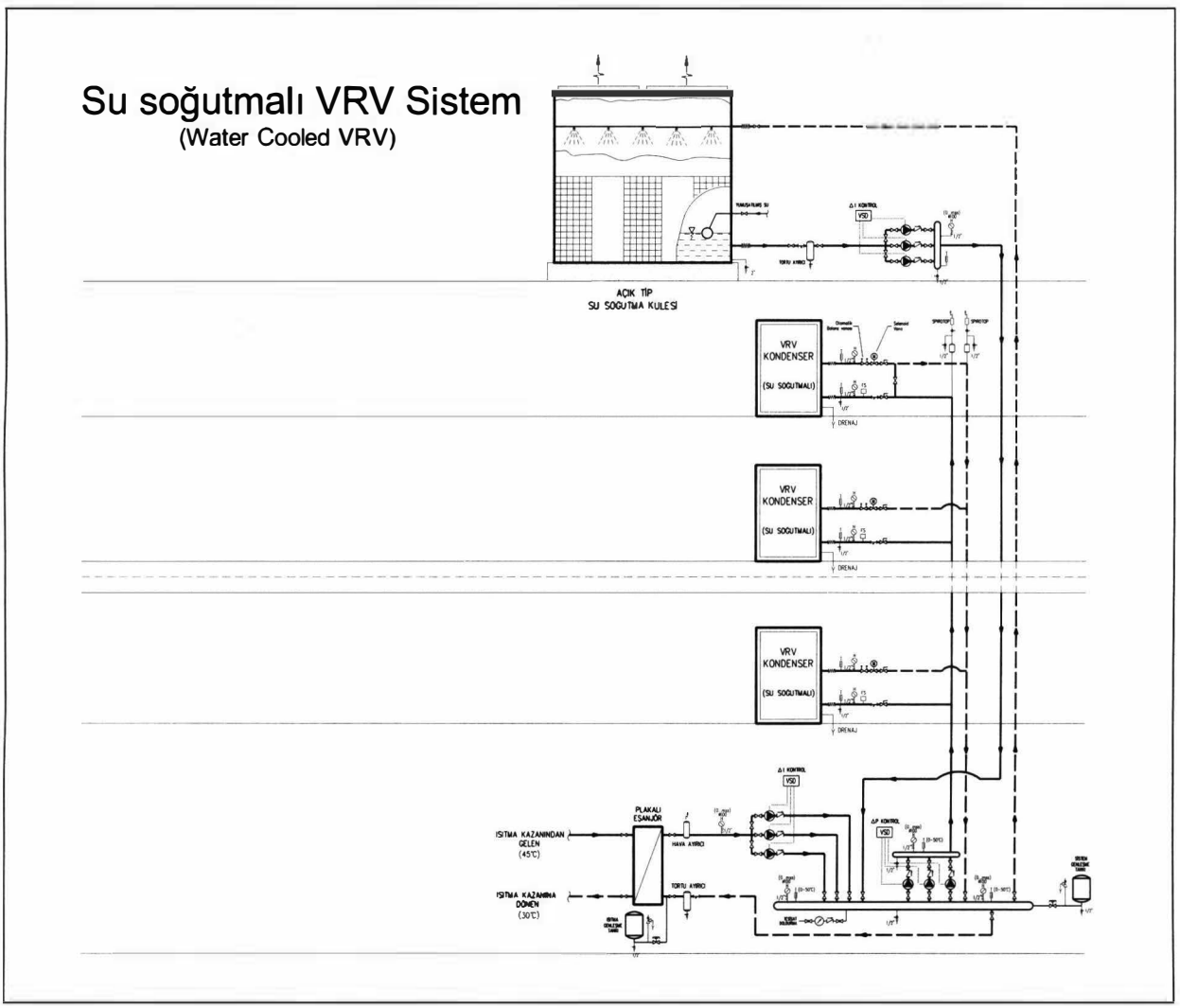
Çekilen bu ilave bakır boru hattı sayesinde her bir iç ünite birbirinden bağımsız olarak ve aynı anda ısıtma ya da soğutma yapabilmektedir. Soğutucu akışkanın yönü, BS Üniteleri (akışkan yön değiştirme kutuları) aracılığıyla soğutma veya ısıtma durumuna göre değiştirilir. Bu sayede ısıtma amaçlı çalışan iç üniteler soğutmadaki kondenser görevini üstlenirken soğutmada çalışan iç üniteler evaporatör görevine devam ederler. Bu sayede kullanıcılar, dilediği anda sistemin tamamından bağımsız olarak iç üniteyi ısıtma veya soğutma modunda çalıştırabilir. Sistemin su tarafında ise Su Soğutmalı VRV sisteminden hiçbir fark yoktur.



Şekil 3.375. SU SOĞUTMALI VRV ISI GERİ KAZANIMLI SİSTEM ŞEMASI



Şekil 3.376. SU SOĞUTMALI VRV KONDENSER BAĞLANTI ŞEMASI



Şekil 3.377. SU SOĞUTMALI VRV SİSTEM SU TARAFI AÇINIM ŞEMASI

3.8.6.4. Toprak Kaynaklı Su Soğutmalı VRV Isıtma + Soğutma

Bu türdeki sistemler standart su soğutmalı heat pump VRV sistemden farklı olarak ısıtmada -10 °C su giriş sıcaklığına kadar çalışmaktadır. Sistemin gaz tarafı standart su soğutmalı heat pump sistem ile birebir aynıdır. Sistem su tarafında ise herhangi bir ısı kaynağına (kazan, soğutma kulesi) ihtiyaç duymadan ısıtma + soğutma işlemini gerçekleştirebilmektedir. Bunun için alternatif su kaynakları (yer altı suyu, deniz, göl vs.) kullanılır, yada direkt toprak, ısı kaynağı olarak kullanılır.

Isı kaynağı kullanılmadan tasarımı yapılan bu sistemler uygulamaya bağlı olarak açık devre veya kapalı devre olarak adlandırılır. Açık devre sistemler doğrudan zemin suyunu bina içinde, su soğutmalı VRV dış ünite kondenser girişine taşıyıp sistem için gerekli ısıtma veya soğutma ihtiyacını karşılama ilkesine dayanır.

Kapalı devre sistemler ise toprağa dikey olarak döşenen veya yatay olarak serili borularla kapalı çevrim şeklinde çalışır. Toprağa yatay olarak serili borular yüzeyden 1-2 m derinde paralel olarak yer alır. Bu sistemde doğal olarak toprak sıcaklığı mevsim değişimlerine bağlı olarak farklılık gösterir. Dikey devrede ise, toprağa dik olarak 80-200 m derinliğe kadar döşenmiş borular mevcuttur.

Bu derinliklerde toprak sıcaklığı mevsimlere bağlı olarak farklılık göstermez.

Yeni nesil su soğutmalı VRV sistemler eski nesillerden farklı olarak, daha geniş kapasite aralığına sahiptir. Daha fazla sayıda iç ünite (36 adet) bir dış ünite grubuna bağlanabilir. Hava soğutmalı ısı geri kazanımlı sistemlerde olduğu gibi su soğutmalı ısı geri kazanımlı sistemlerde de soğutma-ısıtma geçişi sırasında, ısıtmada çalışan tüm iç üniteler işletim modunu değiştirmeden ısıtmaya devam etmektedir. Isıtma konumuna geçirilen iç ünite için "hot start" modu yine kullanılabilir.

Sistem gaz tarafı borulama mesafeleri hava soğutmalı sistemlerdeki gibidir. Örneklemek gerekirse sistemde ilk banşmandan sonraki maksimum borulama mesafesi hava soğutmalı sistemde olduğu gibi 90 m' ye çıkarılmıştır. Dış ünite ile iç ünite arası kot farkı 50 m'ye ulaşır (dış ünite yukarda ise). Bir dış üniteden maksimum borulama mesafesi 140 m (eşdeğer boru uzunluğu), toplam boru uzunluğu ise 300 m'dir.

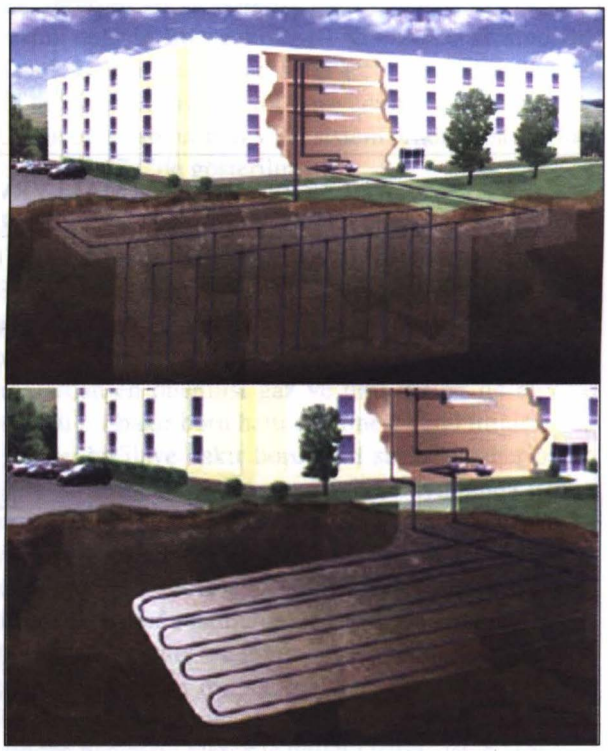
Su soğutmalı VRV sistem uygulanmış projeler ve bunun gibi diğer tüm sistem detayları *YÜKSEK YAPILARDA TESİSAT kitabı bölüm 6.2.6*'da daha detaylı şekilde anlatılmaktadır.

3.8.6.5. Oda Sıcaklık Kontrolü, Enerji Ekonomisi

Daha önce Hava soğutmalı VRV sistemleri ile ilgili belirtilen tüm elektronik kontroller Su Soğutmalı VRV sisteminde de geçerlidir.



Şekil 3.378. YERYÜZÜ SUYU KAYNAKLI VRV UYGULAMASI

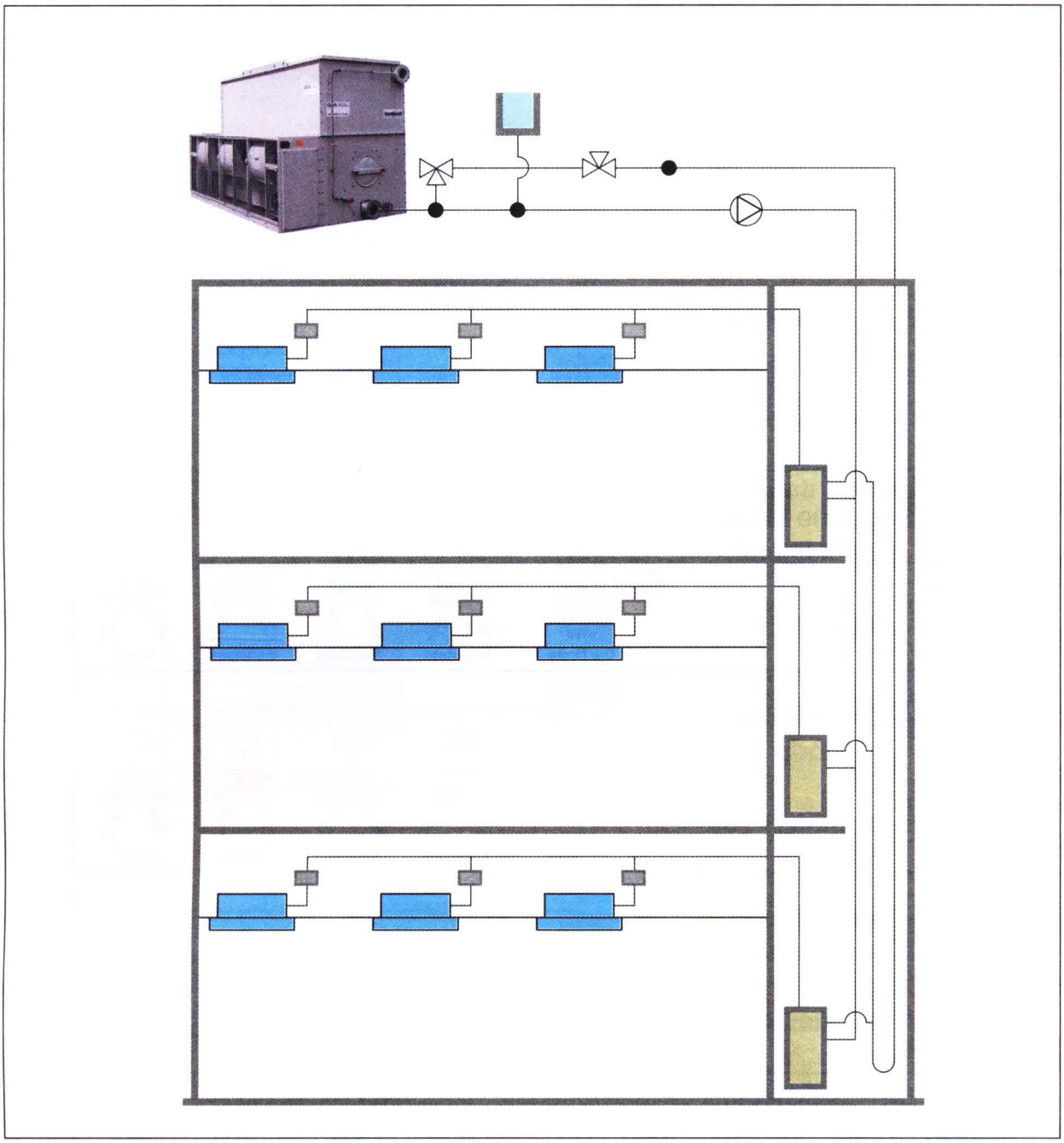


Şekil 3.379. TOPRAK KAYNAKLI VRV UYGULAMASI

3.8.6.6. Dış Cephe Üzerinde Yer İhtiyacı

Bina cephesi bu sistem seçildiği takdirde etkilenmez. Hava soğutmalı VRV sistemlerinde kat aralarına (galeri katı) dış ünite konulduğu takdirde gerekli olan panjur ve kanallar bu sistemde gereksizdir. Ayrıca su soğutmalı kondenserler (dış ünite) sahip oldukları büyük kapasitelere rağmen oldukça küçük yer kaplar. Yaşam alanlarında çok küçük bir yer yeterlidir. Hatta dış üniteler şaftlara bile konulabilir.

Su Soğutmalı VRV sisteminde dış ünite için gerekli olduğu takdirde, ısı kaynağı olan soğutma kuleleri ve kazanlar için gerekli hacimler ayrılmalıdır (çatı ya da bodrum kazan dairesi). Kazan dairelerinin çatıda tasarlanması kullanım alanından ve uzun baca maliyetinden tasarruf sağlar.



Şekil 3.380 SU SOĞUTMALI VRV

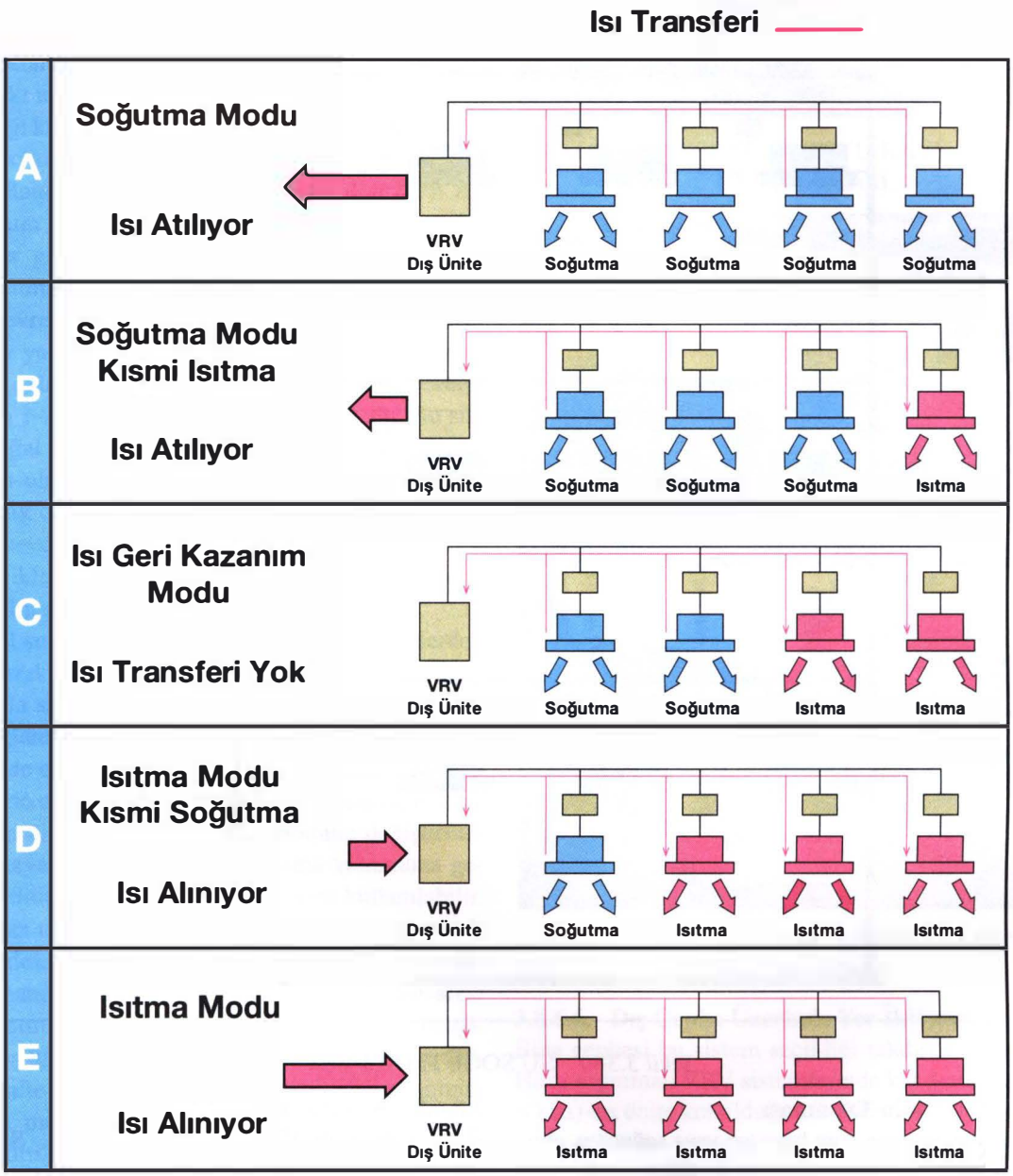
3.8.6.7. Enerjinin Taşınması

Enerji seçilen sisteme göre hava, su veya soğutucu akışkan ile taşınır. Soğutucu akışkan ile diğer enerji taşıyıcıların aynı ısı kapasitesini vermek için kütlece karşılaştırmasına daha önce değinilmişti. Eğer enerjiyi taşımak için sulu sistem seçildiyse tesisatta meydana gelecek herhangi bir problem (korozyon vs) ile olabilecek sızıntı yaşam alanlarına su akmasına sebep olur. Boru çapları doğru seçilmediyse tesisatta ses problemi meydana gelebilir. Öte yandan Su soğutmalı VRV sisteminde kule ve kazandan gelen su, sadece dış ünite kondenserine ulaşır. Su, yaşam alanlarında dolaştırılmaz.

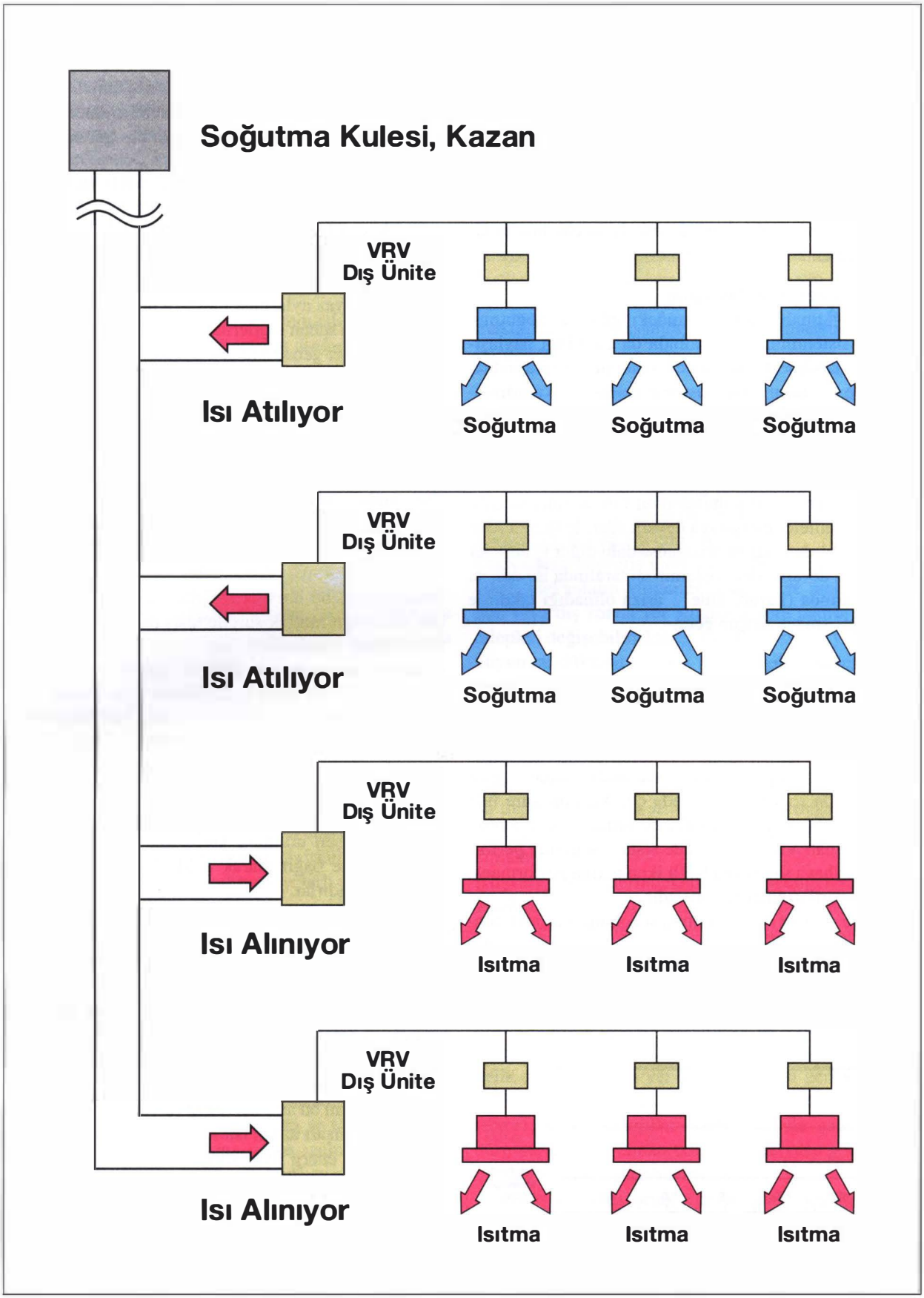
3.8.6.8. Kat Bazında Çözüm İmkanı

Hava soğutmalı VRV sistemindeki gibi, Su Soğutmalı VRV sisteminde de bina katları ayrı ayrı dış üniteler ile şartlandırılabilir. Yüksek yapılarda çekirdek-çevre zonların yük farkları sebebiyle ısı geri kazanımı çok önemlidir. Su soğutmalı VRV sistemi iki ısı geri kazanım yöntemi sunar.

- 3 Borulu Isı Geri Kazanımlı Model: Su soğutmalı VRV dış ünitesiyle iç üniteler arasına monte edilen akışkan yön değiştirme kutuları ile her bir iç ünite bir- birinden bağımsız olarak ve aynı anda ısıtma ya da soğutma yapabilmektedir.



Şekil 3.381. ISI GERİ KAZANIMLI SU SOĞUTMALI VRV İLE ISI GERİ KAZANIM



Şekil 3.382. HEAT PUMP SOĞUTMALI VRV İLE ISI GERİ KAZANIM

- Isı geri kazanımı aynı zamanda aynı ısı transfer kaynağına bağlı VRV dış üniteleri arasında da gerçekleşebilir.

Bu durumda VRV dış ünitesiyle iç üniteler arasına monte edilen akışkan yön değiştirme kutuları ile birlikte üçüncü bir bakır boru hattına da gerek yoktur. Bu sayede istenen konfor şartlarına bağlı olarak sistemdeki ısı kaynakları (kazan, soğutma kulesi) çalışmaz, sadece sirkülasyon pompaları çalışır. Bu durum özellikle geçiş mevsimlerinde enerji tüketiminde çok büyük tasarruf sağlar.

3.8.6.9. Enerjinin Paylaşımı

Hava Soğutmalı VRV sistemdeki gibi Su Soğutmalı VRV sisteminin gaz tarafında da enerjinin paylaşımı sağlanabilmektedir. Ayrıca sistemin su tarafındaki enerjinin paylaşımı için, sisteme eklenecek kalorimetreler ile çözüm yoluna gidilebilir.

3.8.6.10. Arıza Durumunda Sistem Davranışı

Hava Soğutmalı VRV sistemindeki sistem davranışı ile tamamen aynıdır. Dış ünitelerden biri arızalansa dahi diğer dış üniteler çalışmaya devam eder. İç ünitelerden biri ya da birden fazlası arızalansa dahi diğer iç üniteler çalışmaya devam eder. Sistemin su tarafında ise ana ısı kaynaklarında (kazan, kule) arıza olmadığı takdirde sistem çalışmaya devam eder.

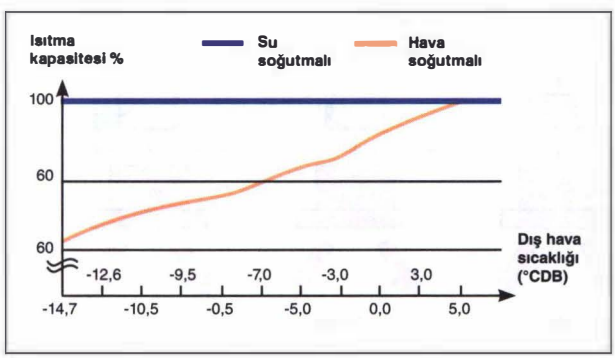
3.8.6.11. Diversite

Su soğutmalı VRV sistemi ile %130 diversite alınabilmektedir.

3.8.6.12. Defrost Faktörü

Yüksek blok uygulamasında seçilecek sisteme göre ısıtma ya da soğutma modunda çok kısa bir süre bile kesinti olması mahalde konfor eksilmesine neden olur. Su Soğutmalı VRV sisteminde sistem soğutma performansı dış hava şartlarına bağlı iken ısıtma performansı dış hava şartlarından bağımsızdır.

Sistemde defrost olmaz. Isıtma sezonunun en sert günlerinde dahi sistem tam kapasite çalışır. Konfor şartlarında eksilme olmaz.



Şekil 3.383 SU SOĞUTMALI VE HAVA SOĞUTMALI SİSTEM DIŞ HAVA SICAKLIĞINA BAĞLI KAPASİTE TABLOSU

3.8.6.13. Taze Hava İhtiyacı

Su soğutmalı VRV sisteminde ısı geri kazanım cihazları ile bina için gerekli olan yeterli taze hava şaftlardan içeri alınır. Ayrıca kanal bağlanabilen iç üniteler ile şaftlardan alınan taze hava ortama verilebilir. Ancak duman egzozu için bireysel sistemler kurulması gereklidir.

3.8.7 OTEL, ÇARŞI, V.B. YAPILARDAKİ ATIK ISIDAN YARARLANILABİLECEK ALTERNATİF ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Oteller esas itibariyle doluluk ve kullanım oranlarına göre sürekli değişen ısıtma ve soğutma yüklerine sahiptir. Örneğin yaz aylarında otel tam doluluk oranı ile işletmede iken sabah saatlerinde tüm odalar dolu iken soğutma ihtiyacı genellikle çok fazladır. Sabah 10:00'dan sonra odaların boşalması ile kapasite ihtiyacı düşmektedir. Akşamüstü saatlerine kadar düşük soğutma kapasitesi ihtiyacı devam etmekte ve daha sonra tekrar soğutma yükü artmaktadır. (Kullanım oranının artması ve sabaha göre yüksek dış hava sıcaklığı nedeniyle)

Öte yandan otel projelerinde sıcak su ihtiyacı tüm sezon boyunca devam etmektedir. Otelde sıcak su ihtiyacı, yatak odalarının banyolarında, çamaşırhanelerde ve mutfaklarda ortaya çıkmaktadır.

Ortaya çıkan bu ihtiyacı karşılamak için otelde bir sıcak su kazanı mutlak suretle tesis edilmesi gerekmektedir. Yazın binalardaki ısıyı dışarı atmak için enerji (elektrik) harcayıp, aynı binada sıcak su v.b. ihtiyaçlar için doğalgaz v.b. yakıt kullanılması orta ve uzun vadede sürdürülemez bir sistem seçimidir. Her sistemin bir anlamda iyileştirilmesi gerekir. VRV sistemler için de gelecekte uygulanabileceğini ümit ettiğimiz alternatif sistem (VRV Heat Recovery Plus) tanımı aşağıdadır.

VRV sistemler, inverter özellikleri sayesinde otelin sürekli değişen doluluk, kullanım, dış hava sıcaklık değişimlerine bağlı olarak anlık değişim ve talepleri karşılamaktadırlar.

VRV sistemlerde yaz şartlarında soğutma modunda çalışma esnasında içeriden çekilen ısı direkt olarak dışarıya atılmaktadır. Bu aşamada soğutucu akışkanın fiziksel özelliğinden yararlanılmaktadır. Sıvı haldeki soğutucu akışkan (R-410A) üzerine ısı alarak faz değiştirmekte ve gaz fazına geçtikten sonra hava soğutmalı kondenserler (dış ünite) vasıtasıyla içeriden çekilen ısı enerjisi dış ortama atılmaktadır.

Dışarıya atılan bu atık ısı, enerji içeren ve hiç değerlendirilmeden dışarı atılan ısıdır.

Günümüzde enerji fiyatlarının hızla arttığı düşünülürse, enerjinin bu anlamda geri kazanımı çok önemli hale gelmiştir.

Örneğin %100 doluluk oranındaki bir 250 yatak odalı otelin eş zamanlı kullanıldığını ve pik soğutma yükü ihtiyacının (oda başına 2,5kW) 625kW olduğu düşünülürse, dışarı atılan ısı enerjisinin ne kadar büyük olduğu açıkça görülmektedir.

Hava soğutmalı VRV sistemlerde dışarı atılan bu atık ısının kullanma sıcak suyunun ön ısıtılmasında veya ısıtılmasında kullanılabilmesi, sistemin işletme verimini yukarı çekecektir.
Özellikle çamaşırhanelerde sürekli ihtiyaç olan sıcak su ihtiyacının bir kısmının bu yolla sağlanması veya takviye edilmesi, kazan çalışma süresini azaltacak ve işletme maliyetlerinde azalma sağlayacaktır.

3.8.7.1. Atık Isının Hava Soğutmalı VRV Sistem Soğutma Modunda İken Kullanma Sıcak Suyunun Hazırlanmasında Kullanımına Yönelik Çözüm Önerileri

Enerjinin geri kazanımı, tüm sistemin işletme verimini arttırmaya yönelik çözüm önerileri aşağıdaki gibi sıralanabilir :

a. Soğutma Modu Tek Eşanjörlü Çözüm Önerisi
b. Soğutma Modu Çift Eşanjörlü Çözüm Önerisi
c. Isıtma Modu
d. Soğutma Modu Tek Eşanjörlü Çözüm Önerisi

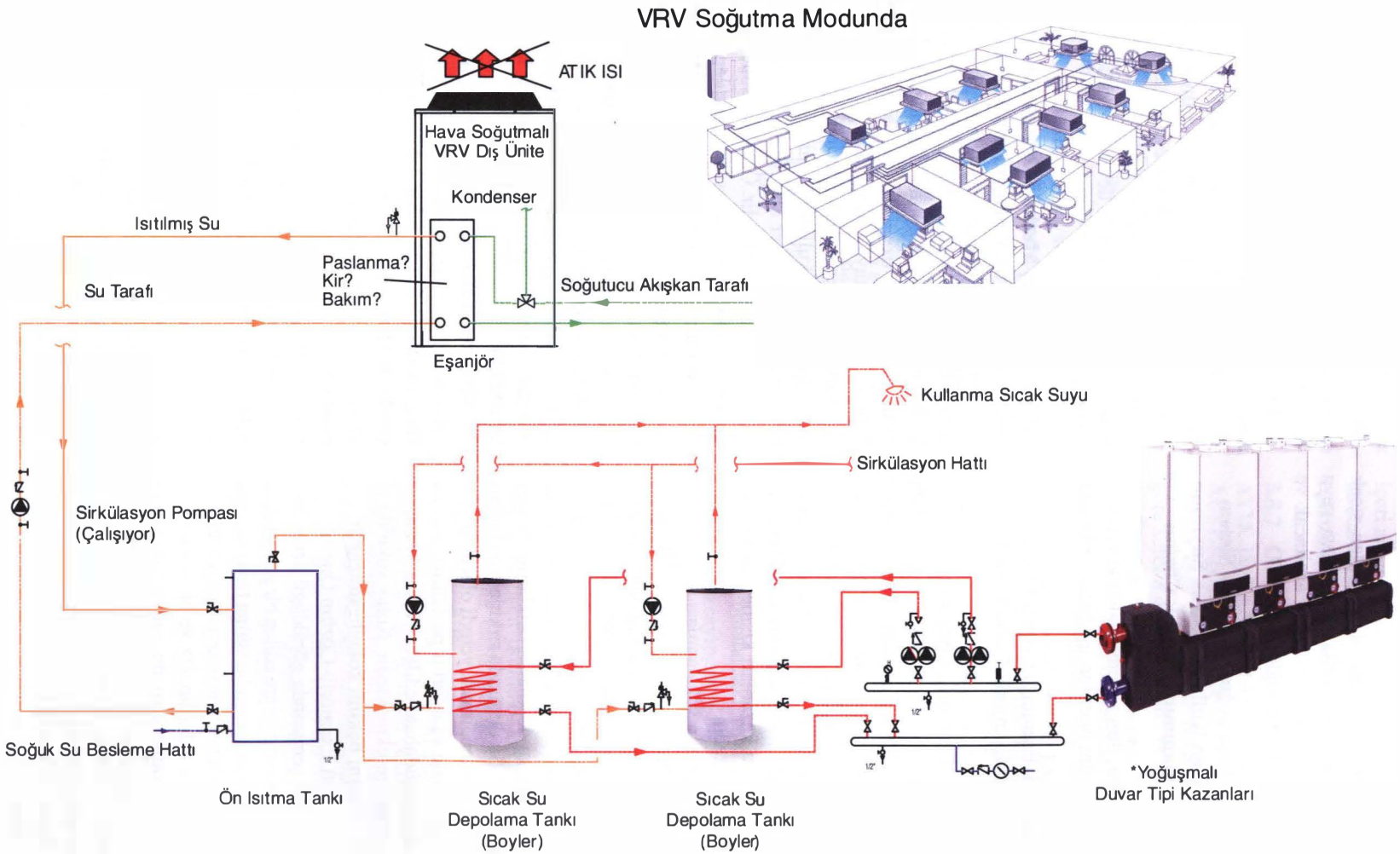
Şekil 3.384.'deki deki tesisat şemasında görüldüğü üzere hava soğutmalı VRV dış üniteye entegre edilen bir gaz-su eşanjörü ve ön ısıtma tankı sayesinde sistem soğutma modunda çalışırken dışarıya atılacak olan ısının enerjisi suya aktarılmakta ve bir sirkülasyon pompası yardımıyla ön ısıtma tankına gönderilmektedir. Bu sayede sistemde sıcak su kazanları kısmen çalışmakta ve sistem verimi artmaktadır.
Optimum verim değerlerinin yakalanması için su sıcaklık değerlerine dikkat edilmelidir. Bu esnada VRV sistem iç ünitelerinin soğutma modunda çalıştığı unutulmamalı ve verim kriteri içerisinde mutlaka değerlendirilmelidir.
Ayrıca eğer kondenser çıkış suyu sıcaklık değeri 45°C'nin üzerinde olması halinde yaz şartlarında hiç kazan çalıştırmadan sıcak su depolama tanklarını (boyler) ısıtma imkanı olacaktır. Bu durumda sirkülasyon hatlarını ön ısıtma tankına yönlendirmek yeterli olacaktır.
Öte yandan bu çözümde eşanjörün paslanma, kir, bakım (eşanjöre nasıl müdahale edilecek) gibi konuların dikkatle incelenmesi gerekmektedir. Kolay sökülüp takılan bir eşanjör dizaynı bakımı kolaylaştıracaktır.

e. Soğutma Modu Çift Eşanjörlü Çözüm Önerisi

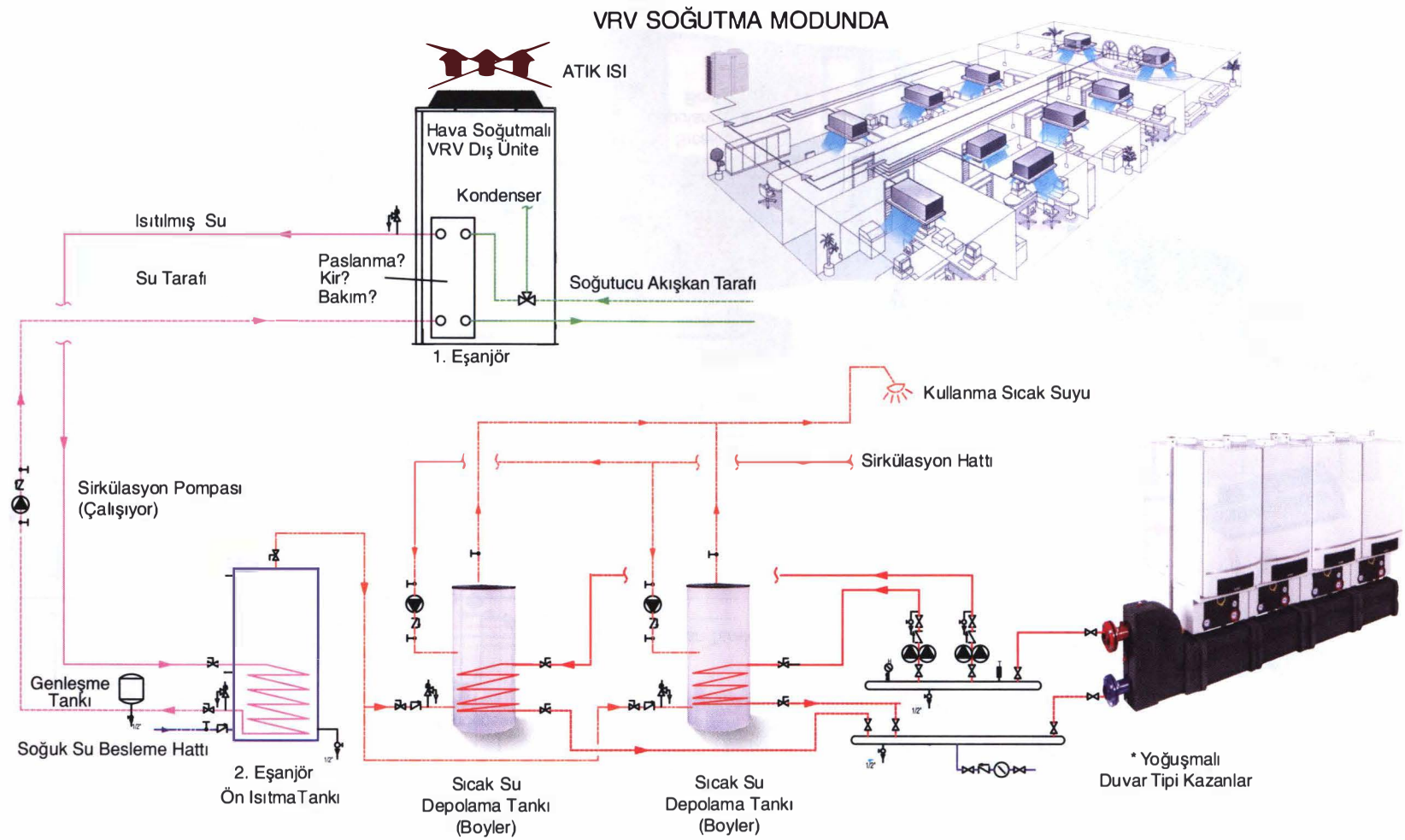
Şekil3.385'deki tesisat şemasında görüldüğü üzere hava soğutmalı VRV dış üniteye entegre edilen bir gaz-su eşanjörü ve sudan suya eşanjör içeren ön ısıtma tankı sayesinde, sistem soğutma modunda çalışırken dışarıya atılacak olan ısının enerjisi suya aktarılmakta ve bir sirkülasyon pompası yardımıyla ısıtılmış su ön ısıtma tankına bir gönderilmektedir. Bu sayede sistemde sıcak su kazanları kısmen çalışmakta ve sistem verimi artmaktadır.
Optimum verim değerlerinin yakalanması için su sıcaklık değerlerine dikkat edilmelidir. Bu esnada VRV sistem iç ünitelerinin soğutma modunda çalıştığı unutulmamalı ve verim kriteri içerisinde mutlaka değerlendirilmelidir.
Ayrıca eğer kondenser çıkış suyu sıcaklık değeri 45°C'nin üzerinde olması halinde yaz şartlarında hiç kazan çalıştırmadan sıcak su depolama tanklarını (boyler) ısıtma imkanı olacaktır. Bu durumda sirkülasyon hatlarını ön ısıtma tankına yönlendirmek yeterli olacaktır.
Öte yandan bu çözümde eşanjörün paslanma, kir, bakım (eşanjöre nasıl müdahale edilecek) gibi konuların dikkatle incelenmesi gerekmektedir. Kolay sökülüp takılan bir eşanjör dizaynı bakımı kolaylaştıracaktır.
Isıtma modunda VRV sistem ısıtma modunda çalışmakta ve dışarıya herhangi bir ısı atılmamaktadır. (Kış şartları). Kullanma sıcak suyu ihtiyacını karşılamak üzere duvar tipi yoğuşmalı kazanlar tam yükte çalışmakta, bu esnada eşanjör devresi sirkülasyon pompası durmaktadır.

3.8.7.2. Alışveriş Merkezi Uygulamalarında Isı Geri Kazanımlı VRV Sistemlerin Kullanımı :

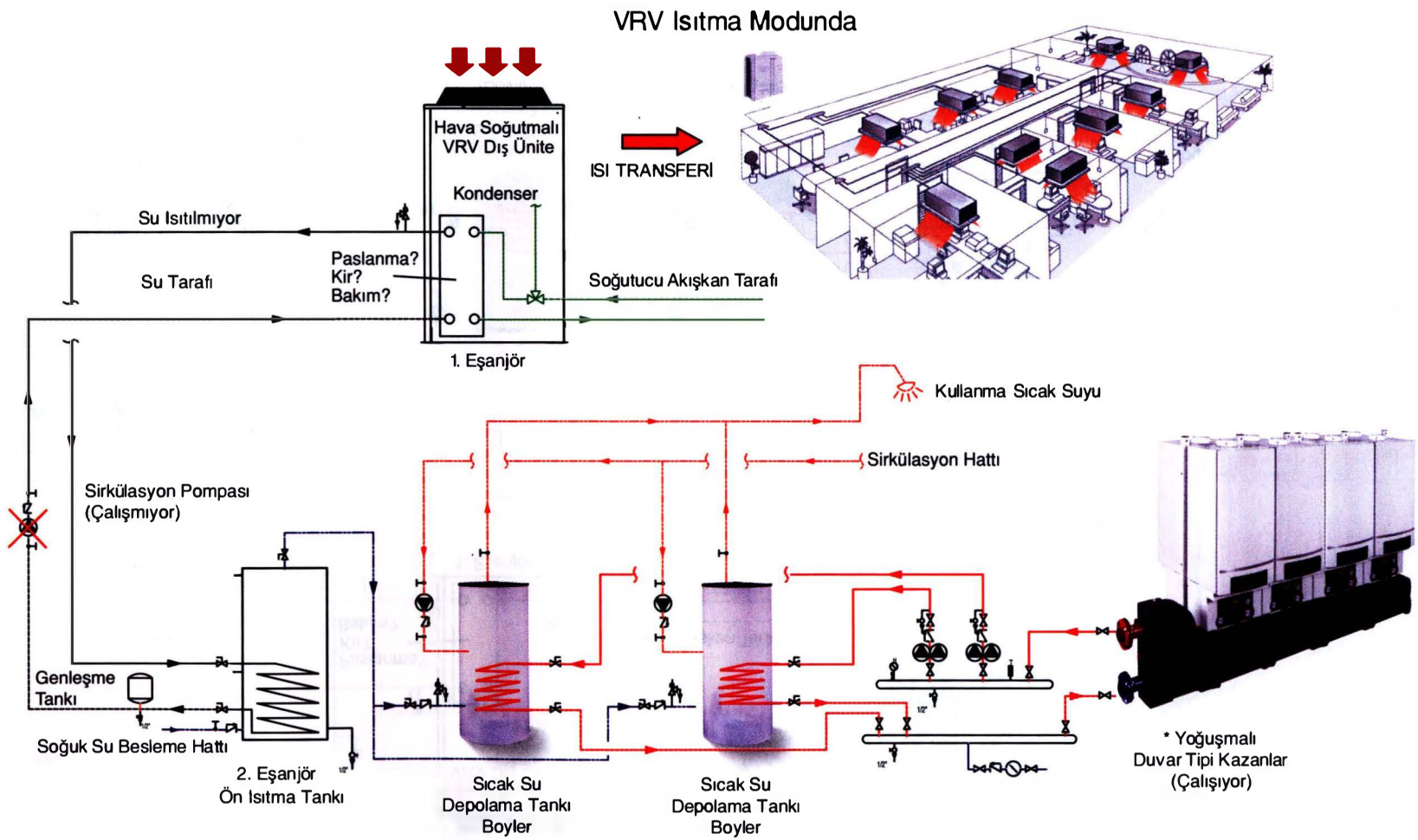
Alışveriş merkezlerinde iç yüklerin (insanlar, aydınlatma, diğer ekipmanlar) fazla olması sebebiyle tüm yıl boyunca ihtiyaç soğutma yönündedir. Kış ayları da dahil olmak üzere özellikle ortak alanlarda sürekli soğutma ihtiyacı ortaya çıkmaktadır.
Öte yandan alışveriş merkezlerinde ayrıca binanın yönüne, mekanların kullanım amacına ve mekanların iç zon veya dış zonda yer almasına göre ısıtma soğutma talepleri değişebilmektedir. Özetle iç zonda yer alan bir kuyumcu dükkanı yaz-kış soğutma talep ederken, dış zonda yer alan başka bir dükkan yazın soğutma talep ederken, kış şartlarında ısıtma talep edebilmektedir.
Isı geri kazanımlı Hava Soğutmalı VRV sistemler, bağımsız mekanlarda aynı anda ısıtma veya soğutma yapabilen sistemler olmakla birlikte soğutma modunda dışarı atılan ısıyı sistem içerisinde değerlendirerek inverter sistemin verimine ilave enerji kazanımı sağlamaktadır.
Alışveriş merkezlerindeki diğer bir önemli konu ise havalandırma yani taze hava ve iç hava kalitesidir. Alışveriş merkezlerindeki hava debilerinin yüksek olması sebebiyle klima santrallerinin havalandırma sisteminde mekanik ekipman olarak kullanılmaları kaçınılmaz olmaktadır.
Şekil 3.386'da ısı geri kazanımlı hava soğutmalı VRV sistemin klima santralleri ile entegre kullanımına yönelik çözüm önerisi yer almaktadır. Isı geri kazanımlı VRV sistemde kullanılan BS ünitelerinin (branch selector), klima santralleri serpantini ile çalıştırılması durumunda içeri alınan taze hava ihtiyaca göre ısıtılabilecek veya soğutulabilecektir.
Alışveriş merkezi ortak alanlarındaki yaz-kış sürekli soğutma ihtiyacı göz önünde bulundurulursa, ortak alanlardan çekilen ısı enerjisi, kış şartlarında içeri alınan taze havayı ısıtmakta kullanabilecektir. Bu sayede enerjinin geri kazanımı ile sistem veriminde ciddi artış sağlanacaktır.



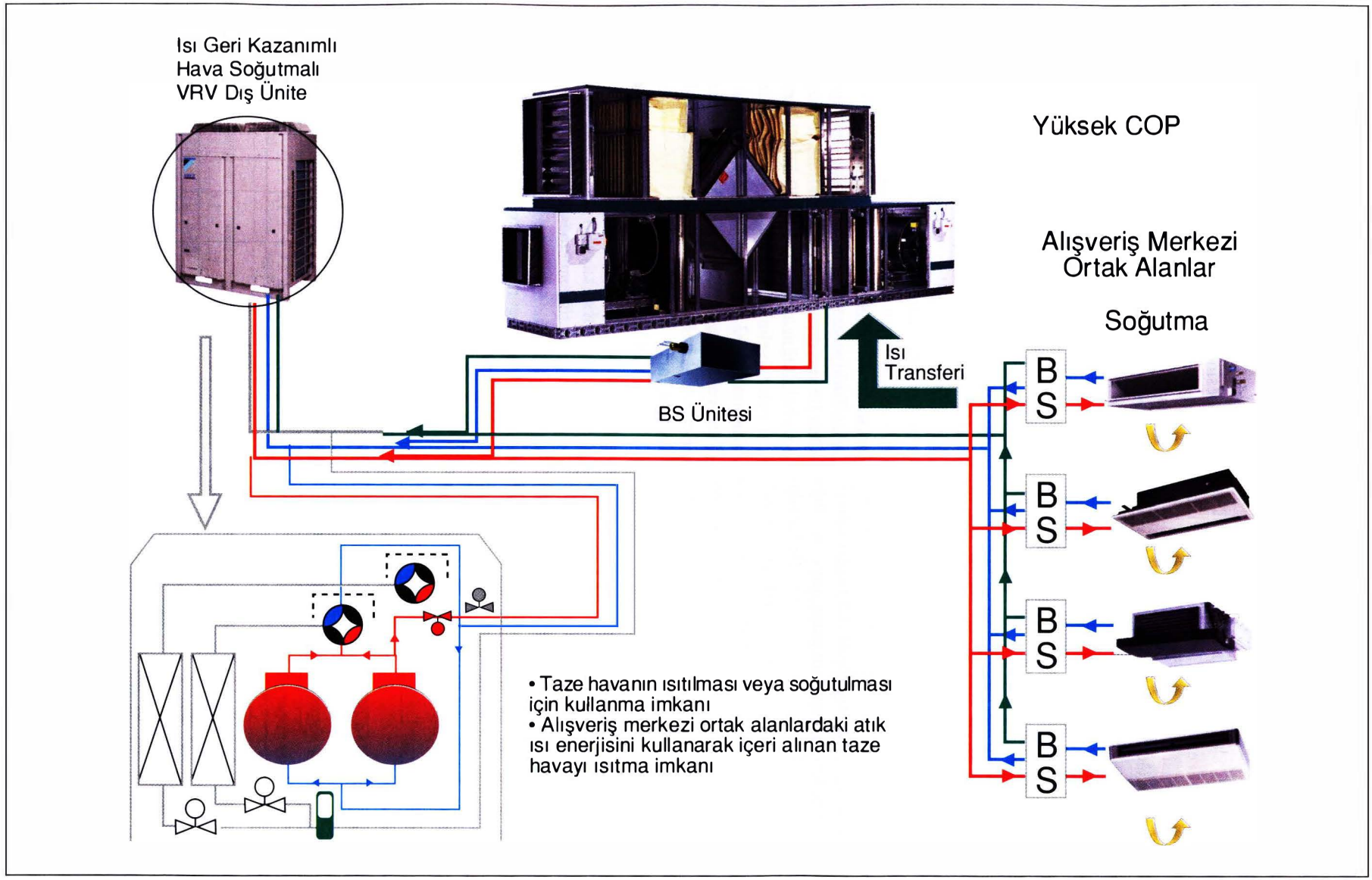
Şekil3.384. VRV SİSTEME ENTEGRE EDİLEN TEK EŞANJÖR İLE ÇÖZÜM ÖNERİSİ
(TEORİK ŞEMADIR. GELECEKTE UYGULANMASI DÜŞÜNÜLEN ALTERNATİF ÇÖZÜM ÖNERİSİDİR.)



Şekil3.385. VRV SİSTEM ÇİFT EŞANJÖRLÜ ÇÖZÜM ÖNERİSİ
(TEORİK ŞEMADIR. GELECEKTE UYGULANMASI DÜŞÜNÜLEN ALTERNATİF ÇÖZÜM ÖNERİSİDİR.)



Şekil 3.386. VRV SİSTEM ISITMA MODUNDA
(TEORİK ŞEMADIR. GELECEKTE UYGULANMASI DÜŞÜNÜLEN ALTERNATİF ÇÖZÜM ÖNERİSİDİR.)



Şekil 3.387. ISI GERİ KAZANIMLI VRV SİSTEMİN KLİMA SANTRALLERİ İLE ENTEGRE KULLANIMINA YÖNELİK ÇÖZÜM ÖNERİSİ (TEORİK ŞEMADIR. GELECEKTE UYGULANMASI DÜŞÜNÜLEN ALTERNATİF ÇÖZÜM ÖNERİSİDİR.)

IV. BÖLÜM
RÜZGAR ENERJİSİ

4.1. GİRİŞ

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, fosil yakıt rezervlerinin tükenmesine paralel olarak artmaktadır. Rüzgar enerjisi de yenilebilir enerji kaynakları arasında yer almaktadır. Rüzgar enerjisi potansiyeli sınırlı olmakla beraber, serbest halde bulunan, güvenilir ve sürdürülebilir bir enerji kaynağıdır. Rüzgâr enerjisi, rüzgârı oluşturan hava akımının sahip olduğu hareket (kinetik) enerjisidir ve güneş yer yüzeylerini farklı ısıtmasından kaynaklanır. Bu enerjinin bir bölümü mekanik veya elektrik enerjisine dönüştürülebilir.

Çok eski çağlarda farklı amaçlar için kullanılmaya başlandığı bilinen rüzgâr gücü, günümüzde dünyada kullanımı en çok artan yenilenebilir enerji kaynaklarından biri haline gelmiştir. Pek çok ülke 2010 yılında, elektrik enerjisi gereksiniminin %10'unu rüzgar enerjisinden karşılamayı planlamaktadır. AB rüzgar sanayisinin 2010 yılı hedefi, Avrupa'nın gereksinim duyduğu elektrik enerjisinin %5,5'ini rüzgar enerjisiyle karşılamak, %28 toplam yeni üretim kapasitesi ile yıllık elektrik üretimini 178 TWh'e çıkartmaktır. Böylece Avrupa toplam kurulu üretim gücünün %10,6'sı kadar rüzgar kurulu gücü olacaktır. Üretilecek enerji, 34 milyon konut ve 86 milyon nüfusun ihtiyacına karşılık gelecektir. Günümüzde dünyadaki potansiyelin kullanım oranının çok düşük olmasına karşılık, 2020 yılında dünya elektrik talebinin %12'sinin rüzgâr enerjisinden karşılanması için çalışmalar yapılmaktadır. Avrupa Birliği ülkelerinin 2020 yılı hedefi, toplam kurulu üretim gücünün %21'inin, yıllık 425 TWh elektrik üretimi ile, rüzgar santrallerinden oluşmasıdır.

Avrupa'yı çevreleyen sığ denizlerin üzerindeki rüzgâr kaynakları, potansiyel olarak Avrupa'nın kullandığı tüm elektrik enerjisini karşılar niteliktedir. Dünyada 2008 yılı itibarı ile toplam kurulu kapasite 90.521 MW mertebesindedir. 2007 toplam kurulu kapasite verilerine göre, bu güçten en fazla yararlanan ülke % 24 pay ile Almanya'dır. Almanya rüzgardan toplam 20.622 MW güç üretmektedir. Bu kurulu güç Almanya'nın elektrik tüketiminin %5'ini karşılamaktadır. Danimarka'da bu oran %20 seviyesindedir. Rüzgâr gücünden en çok yararlanan diğer ülkeler sırasıyla ABD (11.698 MW), İspanya (11.615 MW), Hindistan (6.270 MW), Danimarka (3.136 MW), Çin (2.594 MW), İtalya (2.123 MW), İngiltere (1.958 MW); Portekiz (1.716 MW) ve Fransa (1.469 MW)'dır.

MMO'nun 2007 yılı yenilenebilir enerji kaynakları raporuna göre Türkiye rüzgar enerji potansiyeli, belirlenmiş kriterlerin ışığında, rüzgar sınıfı iyi ile sıra dışı arasında 47.849,44 MW olarak belirtilmiştir. Bu araziler Türkiye toplamının %1,3'üne denk gelmektedir. Orta ile sıra dışı arası rüzgar sınıfına ait rüzgarlı arazilere bakıldığında ise 131.756,40 MW'lık rüzgar enerjisi potansiyelinin bulunduğu ve toplam rüzgarlı arazi alanının ise %3,57'si olduğu belirtilmiştir.

Türkiye'de rüzgar türbini tedarik sözleşmesi imzalı projelerin toplam kapasitesi günümüzde 579,7 MW'dır.

Avantajları:

- Atmosferi kirletici etkiye sahip gazların salınmaması
- Temiz bir enerji kaynağı olması
- Kaynağının tükenmemesi
- Rüzgâr tesislerinin kurulumu ve işletilmesinin diğer tesislere göre daha kolay olması
- Enerji üretim maliyetlerinin düşük olması
- Yüksek güvenilirlik
- Yerel olması

Senaryo	2005	2010	2020	2030
Referans				
Dünya elektrik üretiminide rüzgar gücü %- Referans (IEA Talep Projeksiyonu)	0,8	1,5	2,7	4,1
Dünya elektrik üretiminide rüzgar gücü %- Yüksek Enerji Verimi	0,8	1,8	3,6	6,3
Ilımlı				
Dünya elektrik üretiminiderüzgar gücü % - IEA Talep Projeksiyonu	0,8	1,8	6,6	10,8
Dünya elektrik üretiminide rüzgar gücü %- Yüksek Enerji Verimi	0,8	2,2	8,6	15,6
İleri				
Dünya elektrik üretiminide rüzgar gücü % - IEA Talep Projeksiyonu	0,8	2,1	12,1	20,1
Dünya elektrik üretiminide rüzgar gücü %- Yüksek Enerji Verimi	0,8	2,4	16,5	29,4

Tablo 4.1. FARKLI DÜNYA ELEKTRİK TALEP GELİŞİMLERİ İLE RÜZGAR PİYASASI GELİŞME SENARYOLARI

Dezavantajları:
- Rüzgârın sürekliliği olmadığı için enerji üretim miktarının sabit olmaması
- Rüzgâr türbinlerinin büyük alan kaplaması
- Gürültü kirliliği oluşturması
- Fosil ve nükleer yakıtlardan elde edilen enerjiye oranla enerji üretiminin düşük olması
- Yatırım maliyetlerinin yüksek olması
- Kullanım ömrü dolan kompozit parçaların doğada geri dönüştürülmesinin mümkün olmaması

4.2. RÜZGAR OLUŞUMU

Dünyada ihtiyaç duyulan enerjinin tümü güneşten gelir. Güneş, yeryüzeyine yıllık 100.000 Terawatt enerji yayar (1 TW = 10^9 kW). Rüzgar enerjisi, güneş ışınımının yer yüzeylerini farklı ısıtmasından kaynaklanır. Yer yüzeylerinin farklı ısınması, havanın sıcaklığının, neminin ve basıncının farklı olmasına, bu farklı basınç alanları da havanın yüksek basınç bölgelerinden düşük basınç bölgelerine hareket etmesine neden olur. Bu hava hareketi, "rüzgar" olarak isimlendirilmektedir. Rüzgar, güneş enerjisinin dolaylı bir ürünüdür. Dünyaya ulaşan güneş enerjisinin yaklaşık %2'si rüzgar enerjisine dönüşür.

Yer yüzünde oluşan hava hareketleri, yerin dönmesinden kaynaklanan Corriolis kuvvetinden ve yeryüzü ile akışkan hava kütlesi arasındaki sürtünme kuvvetinden etkilenirler.

Küresel rüzgarlar

Ekvator ve çevresi (0 derece enlemi), güneş ışınlarının yer yüzeyine geliş açılarındaki farklılıklar nedeniyle, güneş tarafından diğer enlemlere göre daha çok ısıtılır. Farklı ısınma ve farklı sıcaklıklar nedeniyle hava dolaşımları başlamış olur. Sıcak hava, soğuk havadan daha hafiftir. Isınma sonucunda sıcak hava yukarıya doğru yükselir. Bu hava hareketi, yaklaşık olarak 10 km yüksekliğe kadar sürer. Yükselen hava, bu yükseklikte kuzeye ve güneye doğru ilerler. Eğer yer küre dönmüyor olsaydı, yükselen hava basit olarak kuzey ve güney kutuplara gider, kutuplarda aşağılara çöker ve tekrar ekvatora doğru hareket ederek sürekli çevrimine devam ederdi. Dünya döndüğü için kuzey yarıküre üzerindeki her hareket, kendi konumumuza göre sağa doğru (güney yarıküre için sola) yönelir. Bu belirgin bükücü kuvvet Coriolis Kuvveti (Coriolis Force) olarak bilinir. Bu kuvveti keşfeden Fransız Matematikçi Gustave Gaspard Coriolis'in ismiyle anılmaktadır (1792 - 1843). Hareket halindeki hava kütlesi de, dünyanın dönüşünden dolayı corriolis kuvvetinin etkisiyle kuzey yarım kürede sağa, güney yarım kürede sola doğru sapar. Bu şekilde oluşan rüzgara da "jeostrofik rüzgar" denir. Aslında jeostrofik rüzgar, basınç gradyanı ve corriolis kuvveti arasındaki dengeden oluşan ve yer yüzeyi ile etkileşmeyen kuramsal bir rüzgardır. Bu rüzgar izobarlara paraleldir. Hava kütleleri yüksek basınç alanlarından dolayı tekrar aşağı seviyelere doğru inmeye başlarlar. Kutuplarda da havanın daha soğuk olmasından dolayı yüksek basınç alanları oluşur.

4.3. RÜZGAR İLE İLGİLİ TANIMLAR

- **Rüzgar hızı**: Bir rüzgar türbininin üretebileceği elektrik enerjisi miktarı, rüzgar hızına büyük ölçüde bağlıdır. Örnek olarak; Rüzgar hızı iki kat artarken elde edilecek güçte sekiz kat artma olmaktadır.

Rüzgar, çok küçük periyotlarla daima değişen dalga özelliği göstermektedir. Değişmenin büyüklüğü, hem havaya hem de yüzey koşulları ve engellere bağlıdır.

Rüzgar hızları atmosferin alt katmanlarında sürtünme nedeniyle azalır. Bu duruma, arazinin pürüzlülüğü ve engeller neden olur. Pürüzlülük ne kadar çok ise rüzgar o kadar azalır. Su yüzeyi, rüzgarı en az etkileyen yüzeydir. Çeşitli rüzgar hızları ve değişik arazi koşullarındaki güç yoğunlukları genel olarak *Tablo 4.2*'de verilmiştir.

- **Rüzgarın günlük değişimi:** Yer küredeki bir çok yerde, gündüzler gecelerden daha rüzgarlıdır. Bunun asıl nedeni deniz yüzeyi ve kara yüzeyi arasındaki sıcaklık farkının gündüz geceden daha fazla olmasıdır. Bu durum enerjinin gündüz, geceden daha fazla üretilmesi ve tüketilmesinden dolayı önemli bir avantaj sağlar.
- **Rüzgar hızlanması (tepe etkisi):** Arazide türbinlerin yerleştirilebileceği en uygun yerler rüzgar alan yüksek tepelerdir. Türbinin tepelere yerleştirilmesi

Engelli Arazi		Açık Arazi		Sahil Boyları		Açık Deniz		Dağ ve Tepeler	
m/s	W/s²	m/s	W/s²	m/s	W/s²	m/s	W/s²	m/s	W/s²
>6	>250	>7,5	>500	>8,5	>700	>9	>800	>11,5	>1.800
5-6	150-250	6,5-7,5	300-500	7-8,5	400-700	8-9	600-800	10-11,5	1.200-1.800
4,5-5	100-150	5,5-6,5	200-300	6-7	250-400	7-8	400-600	8,5-10	700-1.200
3,5- 4,5	50- 100	4,5-5,5	100-200	5-6	150-250	5,5-7	200-400	7-8,5	400-700
<3,5	<50	<4,5	<100	<5	<150	<5,5	<200	<7	<400

Tablo 4.2. YERLEŞİME GÖRE RÜZGAR HIZLARI

ile her yönden gelen rüzgarlardan faydalanılabilmektedir. Ayrıca, tepelerde rüzgar hızları, çevre arazilerden genellikle yüksektir. Düzgün ve pürüzlü tepelerde rüzgar hızı yüksek olmasına karşın türbülans önemli bir dezavantaj oluşturur.

- **Tünel Etkisi:** Hava, bina veya dağların arasında sıkışır, rüzgar hızı artar. Buna tünel etkisi denir. Daha çok binalar arasında veya dar dağ geçitlerinde bu etkiye rastlanır. Rüzgar hızı açık arazide 6 m/s ise doğal tünel etkisi nedeniyle 9 m/s'ye ulaşabilir. Bu tür yerlerde rüzgar türbini yerleşimi ile yüksek verim sağlanabilir. Fakat rüzgar hızı yüksek olmasından dolayı arazi pürüzlülüğüne de bağlı olarak türbülans oluşabilir. Türbülans, türbinde bozulma ve yıpranma etkisi yaratır.
- **Rüzgar türbülansı (girdabı):** Türbülans, düzenli olmayan rüzgar akışıdır. Çok engebeli ve pürüzlü arazilerde binalar, ağaçlar vb engeller çok fazla türbülans yaratır. Türbülans, rüzgar türbininde, rüzgardan enerji üretim verimliliğini azaltır ve türbinde yıpranma ve hasara neden olur. Kulelerin genellikle yüksek yapılmasının bir nedeni, hem türbülanstan kaçınmak hem de yüksek rüzgardan daha çok yararlanıp daha çok elektrik üretmektir. Denizlerde türbülans karalardan daha az görülür. Bu nedenle, denize kurulan türbinler karaya kurulanlardan daha uzun ömürlüdür.

4.4. RÜZGAR ÖLÇÜMLERİ

Rüzgar hızı ölçümleri genellikle kupalı tip anemometreler ile yapılır. Kupalı anemometreler, dikey eksenli olup, üç adet kupası vardır. Kupanın dakikadaki dönme sayısı elektronik olarak kaydedilir. Rüzgar hızı ölçümü için lazerli anemometreler de mevcuttur. Bunlar, hava moleküllerinin hareketlerine ve hızlarına göre çalışırlar. Sıcak telli anemometreler ise telin rüzgar ile soğuması ilkesine dayalı olarak çalışırlar fakat kullanımı yaygın ve pratik değildir. Anemograflar, rüzgar hızlarını çizimsel olarak kaydeden aygıtlardır.

Kurulması planlanan rüzgar enerjisi santralı için rüzgar hızı ve yönü ölçümleri yapmanın en doğru yolu, öngörülen "türbin göbeği" yüksekliğinde ölçüm yapılmasıdır. Bu yöntem, farklı yüksekliklerde rüzgar hızı hesaplama belirsizliklerini ortadan kaldırır. Anemometre, direğin en üstüne kurulursa, direkten kaynaklanan akım bozulmalarından etkilenmez. Eğer anemometre direğin yanına kurulmak zorunda kalınırsa, baskın rüzgar yönüne açık olacak şekilde kurulmalıdır. Yani kulenin rüzgara yapacağı gölgeleme etkisi en aza indirilmelidir. Anemometrelerden ve yön sezgicinden alınan bilgiler bilgisayarda toplanır. Eğer ölçüm soğuk ve buzlanmanın olduğu ortamda yapılacak ise, ısıtınalı anemometreler kullanılır. Ancak, bunların enerji gereksinimleri için şebekeye bağlanma zorunluluğu, pratik olmayan yönleridir.



Şekil 4.3. KUPALI ANEMOMETRE

Rüzgar hızı ölçümleri genellikle 10 dakika ile 60 dakikalık ortalama aralıklarda yapılır. Böylece bir çok standart değerlendirme programıyla konfigürasyon kolaylıkla sağlanır. Dünya Meteoroloji Örgütü"nün belirlediği standart ölçüm yüksekliği 10 metredir.

Rüzgar, hız ve yön olmak üzere iki değişkenle ölçülür. Hızdaki ani dalgalanma veya değişiklikler, hamle olarak adlandırılır. Cihazlarla ölçüm yapmanın olanaksız olduğu durumlarda rüzgar ölçümü, Beaufort ölçeği kullanılarak yapılır ve değerlendirilir.

4.4.1. BEAUFORT RÜZGAR ÖLÇEĞİ

Beaufort rüzgar ölçeği, gözlemlere dayanarak rüzgar kuvvetini ölçmede kullanılır (*Tablo 4.4*). Meteoroloji uzmanları, hava tahminleri yapmak için gerekli olan verileri, meteoroloji istasyonları ve hava alanlarından toplarlar. Rüzgar hızı ve rüzgar yönü bilgileri, rüzgar enerjisi santralı yapılması düşünülen yerlerdeki rüzgar koşullarını genel olarak değerlendirmek için kullanılır. Rüzgar hızı, arazinin pürüzlülüğünden ve arazi eğiminden etkilenir. Yapılan meteorolojik ölçümler yerel şartlara göre değerlendirilmelidir. Bazı durumlarda meteorolojik verilerin doğrudan kullanımı, gerçek rüzgar potansiyelinin altında tahmin yapılmasına yol açar.

4.4.2. RÜZGAR GÖZLEM İSTASYONLARI (RGİ)

Rüzgar enerji santralının projelendirilmesi ve fizibilitesi, seçilen santral sahasından üretilebilecek enerji miktarına bağlı olmaktadır. Bu enerji miktarının tespiti için, seçilen proje sahasına ait arazinin topografik yapısı da göz önüne alınarak uygun nokta veya noktalara rüzgar gözlem istasyonu (RGİ) kurulmalıdır. RGİ'lerdeki bir ölçüm direği üzerine yerleştirilmiş ölçüm aletleri ile standartlara uygun olarak yapılan rüzgar hızı, rüzgar yönü gibi ölçümler, rüzgar enerji santralı projesinin

No	Rüzgar Hızı (km/h)	Rüzgar Hızı (m/s)	Tanım	Açıklama
0	<1	0-0,2	Sakin	Duman dikey olarak yükselir.
1	1-5	0,3-1,5	Esinti	Duman hafif esinti ile yükselir. Rüzgar yönü belirsizdir.
2	6-11	1,6-3,3	Hafif rüzgar	Yapraklar kıpırdar. Esinti insan yüzünde hissedilir. Rüzgar yönü yoktur.
3	12-19	3,4-5,4	Tatlı rüzgar	Yapraklar ve ince dallar hareket eder.
4	20-28	5,5-7,9	Orta rüzgar	İnce dallar hareket eder. kağıt ve tozlar yükselir.
5	29-38	8,0-10,7	Sert rüzgar	Ağaçlar sallanmaya başlar.
6	39-49	10,8-13,8	Şiddetli rüzgar	Büyük ağaç dalları hareket eder. Açık iletkenler sallanır.
7	50-61	13,9-17,1	Çok şiddetli rüzgar	Büyük ağaçlar sallanır, yürüme zorluğu fark edilir.
8	62-74	17,2-20,7	Fırtına	Ağaçlardaki ince dal ve çöpler kırılır. rüzgarda yürümek iyice zorlaşır.
9	75-88	20,8-24,4	Şiddetli fırtına	Binalarda hafif hasar oluşur. Çatı kiremitleri sökülmeye başlar.
10	89-102	24,5-28,4	Tam fırtına	Binalar hasar görür. Büyük ağaçlar kökünden sökülür.
11	103-117	28,5-32,6	Çok şiddetli fırtına	Geniş ölçekli hasarlar olur.
12	>118	>32,7	Tayfun	Aşırı derecede hasarlar olur.

Tablo 4.4. BEAUFORT RÜZGAR ÖLÇEĞİ

daha sonraki aşamaları olan, verilerin değerlendirilmesi, enerji üretim miktarının belirlenmesi ve rüzgar türbini seçiminde yol gösterici olacaktır.

4.4.3. RÜZGAR GÜLÜ

Rüzgar gülü, belirli kesimlerde rüzgarın esme sıklığını gösterir. Rüzgar gülü, aynı zamanda her bir kesimin ortalama rüzgar hızına katkısını da gösterir ve farklı kesimlerdeki oransal rüzgar hızları bilgisini verir. Rüzgar gülü, türbin yerleşiminde son derece önemlidir. Örneğin baskın rüzgar yönü kuzey ise doğu ve batı yönlerindeki engeller çok önemli değildir. Çünkü bu yönlerden herhangi bir rüzgar gücü gelmez. Bunun yanında, rüzgarın şekli ve enerji içeriği yıldan yıla yaklaşık %10 değişebilir. Bu nedenle birkaç yıllık gözlemler sağlıklı yaklaşımlar yapılmasını sağlar.



Şekil 4.6. RÜZGAR GÜLÜ ÖRNEĞİ

4.4.4. RÜZGAR DEĞERLENDİRMELERİ

Elde edilen rüzgar kayıtları, istatistik çözümlemelerde kullanılmak üzere değerlendirilir. Değerlendirmelerde, hem uzun dönemli rüzgar kayıtlarını elde etmek, hem de farklı saha ve farklı yüksekliklerde rüzgar özelliklerini belirlemek için rüzgar hızı dağılımı olasılık yoğunluk fonksiyonları kullanılır. Bu fonksiyonlar, Rayleigh dağılımı, Weibull dağılımı ve Beta dağılımıdır.

4.5. RÜZGAR TÜRBİNLERİ

Rüzgar türbinleri, hareket halindeki havanın kinetik enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren sistemlerdir. Rüzgar akımlarının taşıdığı kinetik enerjinin, kanatlı bir türbini mekanik olarak döndürmesi ile, türbine bağlı olan bir jeneratör grubunda elektrik üretilir.

Rüzgar türbinleri genellikle iki ya da üç rotor kanatlı olup, rüzgarın bu kanatlara uyguladığı basınç ile dairesel bir dönme hareketi oluşur. Rüzgar türbinlerinin projelendirilmesi ile ilgili bir çok hesap, rotor kanatlarının taradığı dairesel alanının çapı ile (D) ifade edilir. Buna göre tipik olarak bir rüzgar türbininin projelendirilmesinde direk ve rotor kanat uzunlukları, rotor kanatları-

YER	YIL	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	ORT.
BABABURNU	2000	5,9	5,9	5,6	4,4	4	-	5,2	6,5	5,2	4,9	4,7	5,7	5,3
	2001	6	6	5,9	6	3	5,3	6,2	6,4	4,5	5,7	5,9	8,2	5,8
	2002	5,1	4,9	6	5	4,8	6,3	5	5,6	4,2	5	4,3	6,4	5,2
	2003	6,2	7,3	6	5,1	3,9	5,4	5,9	6,5	5,3	5,6	5,1	5,7	5,7
	2004	7,5	6,5	6,3	-	-	-	-	-	6,3	4,9	5,6	4,3	5,9
	2005	6,1	7,1	-	4,9	4,4	5,4	5,2	4,5	4,5	4,1	-	-	5,1
	2006	-	-	-	-	-	-	-	5,3	5,8	5,8	4,5		5,4
	2007	6	5,8	6	4,8	3,4	3	3,2	3,2					4,4
BELEN	2000	4,8	-	-	-	7	-	-	-	9,4	3,9	3,7	4,4	5,5
	2001	4,8	4,9	5,4	6	5	9,3	11,5	10,3	8,2	5,3	5,6	5.8	6,8
	2002	5	5,8	5,3	5,4	5,4	7,8	8,8	9,1	6	-	-	-	6,5
	2003	8	8,3	8,8	6,4	6,4	5,7	8,9	-	-	-	4,6	6,5	7,1
	2004	5,5	6	6	6,2	7,7	9,3	9,2	10,6	7,6	5	5,2	5,4	7
	2005	5,8	5,7	5,1	6,1	7,6	9,3	10,8	11,3	7,9	4,9	4,7	3,9	6,9
	2006	5,7	4,9	5,1	7,5	7,3	10,2	11,2	11,2	7,4	5,2	3,9	4,5	7
	2007	5	4,8	5,4	5,4	7,1	9,4	11,2						6,9
DATCA	2000	-	-	-	-	5,9	6,3	5,6	6,7	5,9	5,3	2,7	5,6	5,5
	2001	4,6	5,1	4,7	4,5	6,5	5,6	8	5,9	6,2	5,5	5,3	5,4	5,6
	2002	5,4	4	5	5,5	5,4	5,4	6,2	7	4,9	4,6	3,5	5,1	5,2
	2003	4,6	7,6	6,2	5,9	3,9	5,8	8	6,6	7	5,8	4,3	5,2	5,9
	2004	5,7	6,4	6	4,6	4,8	-	-	-	-	-	5	4,8	5,3
	2005	5,7	5,8	5,8	5,7	5,5	6,9	6,9	7	7,3	5,6	-	-	6,2
	2006	5,7	5,5	5,8	6,4	5,3	6,7	5,9	5,8	6,9	4,8	3,7	3,4	5,9
	2007	-	-	-	6,7	3,9	6,3	5,9	6,6	6,6				6
K.KARABEKIR (KARAMAN)	2003				4,8	3,4	4,6	5,1	4,8	-	-	-	-	4,5
	2004	-	-	4	3,8	3,7	4,1	5,2	4,1	3,9	3	4,2	3,5	4
	2005	4,7	5,4	4,9	4,2	3,9	4,1	4,5	4,4	3,8	3,6	4,2	3	4,2
	2006	-	-	-	-	3,5	4,4	5	4,2	3,6	3,6	3	2,9	3,8
	2007	-	3,4	4,1	3,9	4,1	4,5							4
MURATLI (TEKİRDAĞ)	2003									4	5,1	4,2	4,8	4,5
	2004	5,7	5,2	4,8	4,7	4,6	3,3	4	3,6	-	4,1	4,7	4,2	4,4
	2005	4,4	4,8	5	5	4,9	-	-	-	-	-	4,2	4,9	4,7
	2006	5,4	4,7	5	4,7	4	3,7	4,9	3,8	4,2	4,8	4,2	2,7	4,3
	2007	4,9	5	5,1	3,7	3,4	3,7	4	3,6	3,1				4,1
KIRKLARELİ	2003									5,2	5	4,3	4,8	4,8
	2004	6,2	4,9	5,2	5,3	-	3,8	4,4	4,2	5	3,8	-	-	4,8
	2005	5,5	6,2	5,3	5	5,6	3,8	4,7	4,6	4,9	4,7	5	4,8	5
	2006	6,4	4,2	-	-	4,6	5,1	5,6	4,1	4,8	5	4	3,2	4,7
	2007	4,4	4,8	5,3	4	4,7								4,7

Tablo 4.5. TÜRKİYEDE ÇALIŞAN BAZI RGİ'LER VE ÖLÇÜLEN 10 METRE YÜKSEKLİKTEKİ AYLIK ORTALAMA RÜZGAR HIZLARI (m/s)

nın buluştuğu merkez noktasının yerden yüksekliğinin söz konusu çap değerinin 0,9 – 1,2 katı arasında olacak şekilde tasarlanır.

Rüzgar enerjisi dönüştürme sistemleri, 50 W ile 5 MW arasında mekanik veya elektrik gücü sağlayabilmektedir. Günümüzde rüzgar santrallerinde kullanılan türbin rotor çapları 100 m'ye ulaşmıştır.

Havanın özgül kütlesi az olduğundan, rüzgardan sağlanacak enerji, rüzgar hızına bağlıdır. Rüzgar hızı, yükseklikle, gücü ise hızının kübü ile orantılı biçimde artar. Rüzgarın sağlayacağı enerji, gücüne ve esme sıklığına bağlıdır. Özgül rüzgar gücü, hava debisine dik, birim yüzeye düşen güçtür. Topoğrafik koşullara göre yerden 50 m yükseklikte hız 3,5 m/s'den az olduğunda özgül güç 50 W/m^2'den az olabileceği gibi, hız 11,5 m/s'den büyük iken özgül güç 1.800 W/m^2'den büyük olabilir. Ortalama rüzgar hızı yıldan yıla değişebilir. Rüzgar hızının değişkenliğinden dolayı, rüzgar enerjisi potansiyelinden elde edilecek enerji, yıllık ortalama hız değeri ile hesaplanan enerjiden daha fazla olmaktadır. Bu yüzden belli bir bölgede rüzgar türbinleri ile üretilebilecek elektrik enerjisi üretim miktarının hesabında, yıllık ortalama rüzgar hızından çok, gözlemlenen veya Weibull dağılımı ile hesap edilen rüzgar hızı sıklık dağılımı kullanılmaktadır. Türbin tarafından üretilen enerjinin miktarı, rüzgar hızı dağılımına bağlıdır. Aynı ortalama rüzgar hızına sahip, farklı yerlerde rüzgar hızlarının frekans dağılımına bağlı olarak iki kata varabilecek güç yoğunluğu farklılıkları olabilir.

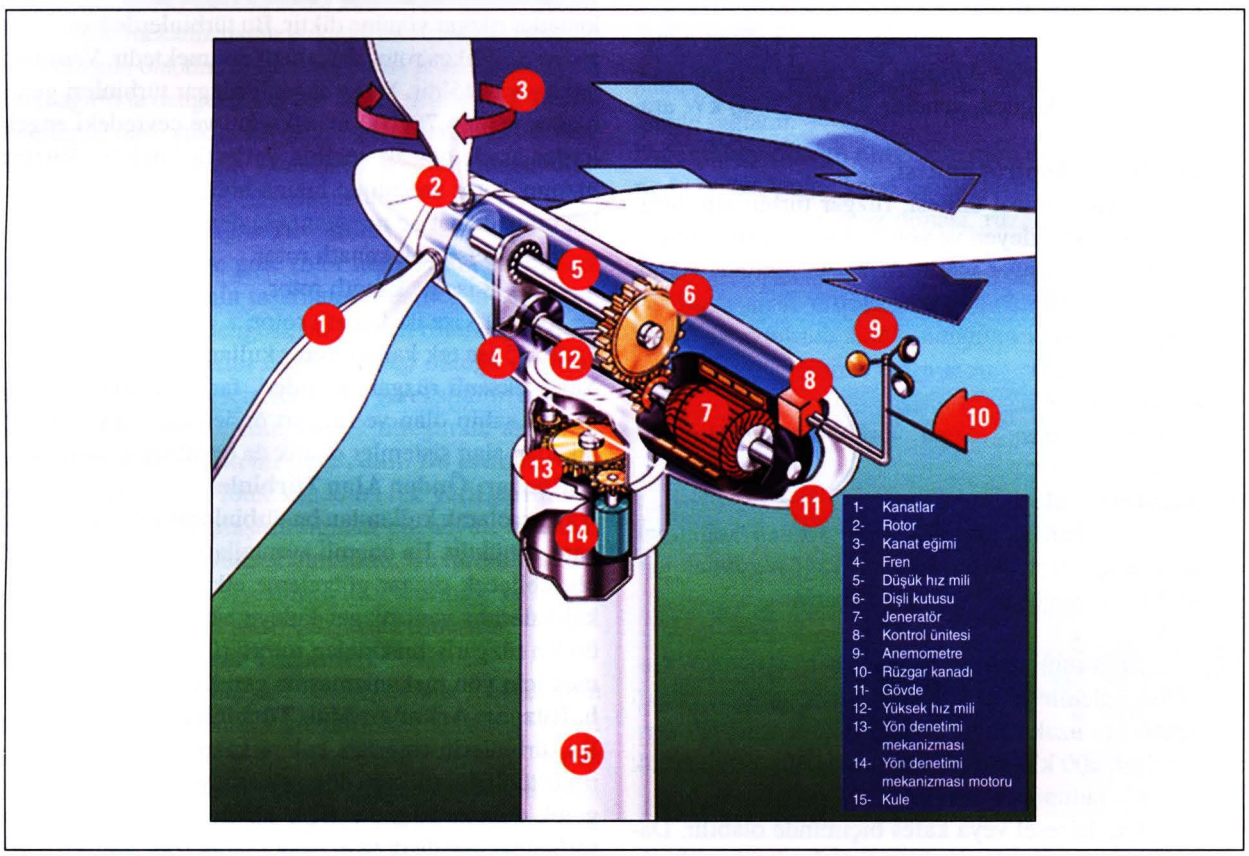
Rüzgar türbinleri ile ilgili pratik notlar:

- Modern rüzgar türbinleri 2-3 kanatlıdır. Rotor çapları yaklaşık olarak 100 m'dir.
- Belli bir zaman aralığında rüzgar hızı değişebilir. Ancak enerji, şebekeye rüzgar jeneratörü ve kanat özellikleri sayesinde sabit olarak verilir.
- Enerji üretimi rotor yüksekliğindeki rüzgar hızının kübüne ve kanatların süpürme alanına bağlıdır.
- Rüzgar hızı yükseklikle artar, çoğu türbin 100-120 m kule yüksekliğine sahiptir.
- Ortalama türbin ömrü en az 20 yıldır.
- Rüzgardan üretilen elektriğin birim maliyeti giderek düşmektedir.
- Türbin güçleri birkaç kW'tan birkaç MW'a kadar değişebilmektedir.
- Rüzgar türbinleri karada kuruldukları gibi denizlerde de kurulabilmektedirler.

4.5.1. RÜZGÂR TÜRBİNİ İÇ YAPISI

- **Gövde (Nacelle)**

  Gövde, rüzgâr türbininin dişli kutusu ve elektrik jeneratörü dahil temel parçaları içerir. Gövdeye, türbin kulesinden ulaşılabilir. Gövdenin uç kısmında, rotor olarak adlandırılan kanatlar ve göbek bulunur.



Şekil 4.7. RÜZGAR TÜRBİNİ İÇ YAPISI

Kanatlar

Kanatlar, rüzgarı yakalar ve rüzgârın döndürme kuvvetini mil vasıtası ile gövdeye aktarır. Modern bir 600 kW rüzgâr türbininde her kanadın uzunluğu 20 metre kadardır ve her bir kanat belirli bir eğime sahiptir.

- **Göbek**
  Kanatların bağlı olduğu göbek parçası, düşük hız miline kanatlarda elde edilen döndürme kuvvetini aktarır.
- **Düşük hız mili**
  Rüzgâr türbininin düşük hız mili, türbin göbeğini dişli kutusuna bağlar. Modern bir 600 kW rüzgâr türbininde dişli nispeten yavaş, dakikada 19 - 30 devir hızı ile döner.
- **Dişli kutusu**
  Dişli kutusu, düşük hız milinden yüksek hız miline döndürme kuvvetinin aktarılmasını sağlar. Yüksek hız mili, düşük hız milinden yaklaşık 50 kat hızlı döner.
- **Mekanik frenli yüksek hız mili**
  Mekanik frenli yüksek hız mili, dakikada yaklaşık 1500 devir hız ile döner ve elektrik jeneratörünü çalıştırır. Mil üzerinde bir acil durum mekanik freni vardır. Mekanik fren, aerodinamik frenlerin çalışmaması durumunda veya türbin bakımdayken kullanılır.
- **Elektrik jeneratörü**
  Elektrik jeneratörleri, senkron veya asenkron motora sahip olabilirler. Modern bir rüzgâr türbinininde azami elektrik gücü, genelde 2.000 - 3000 kW arasındadır.
- **Elektronik kontrol ünitesi**
  Elektronik kontrol ünitesi, rüzgâr türbininin durumunu sürekli izleyen ve yön mekanizmasını kontrol eden bir bilgisayar içerir. Arıza durumunda (örneğin, dişli kutusu veya jeneratörün fazla ısınması) rüzgâr türbinini otomatik olarak durdurur ve türbin operatörü bilgisayarına uyarı verir.
- **Hidrolik sistem**
  Hidrolik sistem, rüzgâr türbininin aerodinamik frenlerini içerir.
- **Soğutma ünitesi**
  Soğutma ünitesi, elektrik jeneratörünü soğutmak için ve ayrıca dişli kutusundaki yağı soğutmak için kullanılan soğutma cihazlarını içerir.
- **Kule**
  Rüzgâr türbini kulesi, gövde ve rotoru taşır. Genelde kulenin yüksek olması bir avantajdır çünkü zeminden uzaklaştıkça rüzgâr hızları artar. Modern bir tipik 600 kW rüzgâr türbininde 40 - 60 metrelik bir kule bulunur.
  Kuleler, dairesel veya kafes biçiminde olabilir. Dairesel kuleler türbinin gövdesine ulaşmak için bir iç merdiven içerir.

4.5.2. RÜZGAR GÜCÜNÜN İLETİMİ VE ÜRETİM

- Rüzgar, rotoru kanatlar vasıtası ile döndürür.
- Rotorun düşük devir sayısı dişli kutusu ile oransal olarak artırılarak yüksek hız miline aktarılır.
- Yüksek hız mili, jeneratörü döndürür.
- Jeneratörün ürettiği elektriğin türbin denetleme mekanizmaları, frenler ve trafolar tarafından orta gerilimli olması sağlanır.
- Kablo sistemi, fren sistemi ve kontrol sistemiyle trafolara elektrik dağıtılır.
- Trafolar, voltajı şebeke gerilimi düzeyine yükseltir.
- Şebeke sistemi, elektriği kullanım için mahallelere dağıtır.
- Ara-istasyon trafoları elektrik voltajını düşürür.
- Düşük yerel gerilim ağları elektriği kullanım alanlarına taşır.

4.5.3. RÜZGAR TÜRBİNİ ÇEŞİTLERİ

Elektrik üretiminde kullanılan rüzgar türbinlerinin farklı tipleri mevcuttur. Rüzgar türbinleri dönme eksenine göre üç gruba ayrılırlar:

- Yatay eksenli rüzgar türbinleri
- Dikey eksenli rüzgar türbinleri
- Eğik eksenli rüzgar türbinleri

4.5.3.1. Yatay Eksenli Rüzgar Türbinleri

Bu türbinlerde; dönme ekseni rüzgar yönüne paralel, kanatlar rüzgar yönüne diktir. Bu türbinlerde kanatların sayısı azaldıkça rotor daha hızlı dönmektedir. Verimleri yaklaşık %45'dir. Yatay eksenli rüzgar türbinleri genel olarak yerden 70-100 m yüksekte ve çevredeki engellerden uzak olacak şekilde yerleştirilmelidir. Rüzgar hızının, rotor kanadı uç hızına bölünmesi ile elde edilen orana kanat uç hız oranı (λ) denir. Eğer;

- λ= 1–5 ise çok kanatlı rotor,
- λ= 6–8 ise üç kanatlı rotor,
- λ= 9–15 ise iki kanatlı rotor,
- λ>15 ise tek kanatlı rotor kullanılır.

Yatay eksenli rüzgar türbinleri, farklı sayıda rotor kanadına sahip olan ve rüzgarı önden alan veya rüzgarı arkadan alan sistemler olarak da çeşitlilik gösterirler.

a. Rüzgarı Önden Alan Türbinler

Yaygın olarak kullanılan bu türbinlerde rotor yönü rüzgara dönüktür. En önemli avantajları kulenin arkasında oluşabilecek rüzgar gölgeleme etkisine çok az maruz kalmalarıdır yani rüzgar kuleye eğilerek gelir. Ayrıca, önden rüzgarlı makineler, rotoru rüzgara karşı döndürmek için yön mekanizmasına gerek duyarlar.

b. Rüzgarı Arkadan Alan Türbinler

Bu türbinlerin rotorları kule arkasına konulur. Bunların üstünlüğü, rüzgara dönmek için yön mekanizmasına gerek duymamalarıdır. Eğer gövde ve rotor uygun tasarlanırsa, gövde rüzgarı pasif olarak izler. Daha önemli bir üstünlük, kanatların esnek özelliğe sahip olmasıdır.



Şekil 4.8. YATAY EKSENLİ RÜZGAR TÜRBİNLERİ

Bu, hem ağırlık hem de türbinin güç dinamiği açısından önemli bir üstünlüktür. Önden rüzgarlı türbinlere göre daha hafif yapılması sonucu kule yükü azalmaktadır. Ancak, kanat kuleden geçerken meydana gelen güç dalgalanması, türbine önden rüzgarlı türbinlere göre daha çok zarar verir.

c. Tek Kanatlı Rüzgar Türbinleri

Tek kanatlı rüzgar türbinlerinin yapılmasının sebebi, kanat sayısına göre dönme hızının yüksek olması ve bu sayede makine kütlesini ve rotorun döndürme momentini azaltmaktır. Rotor kanadı, kanat üzerindeki yapısal yükleri azaltacak mekanizmanın ve kanat mekanizması hareketinin düzgün olabilmesi için, tek menteşe ile sabitlenip, 2 karşı ağırlıkla dengelenmelidir. Diğer taraftan tek kanatlı rotorlarda, ilave yüklerden ortaya çıkan aerodinamik dengesizlik ve mekanizma hareketinin kontrol altında tutulması için göbek çok iyi tasarlanmalıdır.

d. Çift Kanatlı Rüzgar Türbinleri

Üç kanatlı türbinlere göre rotor maliyetinin azaltılmak istenmesi, bu türbinin tasarlanmasına neden olmuştur. İki kanatlı rotorun dengesi, bir kanatlı rotora göre daha iyidir. Fakat iki kanatlı rotorun sebep olduğu dinamik hareketleri önlemek için ilave güç gereksinimi, maliyet artışına sebep olmaktadır. Göbek titreşimini azaltmak için rotora kadran sistemi ilave edilir. Bu kadran, rotor şaftına dikey ve iki rotor kanadına dik yerleştirilir. Üç kanatlı rotorla karşılaştırıldığında en büyük avantajı; kanat uç hızlarının yüksek olmasıdır. Bu türbinlerin dezavantajı gürültü seviyesinin yüksek olması ve düşük rüzgar hızlarında (3 m/sn) çalıştırılabilmesidir.

e. Üç Kanatlı Rüzgar Türbinleri

Üç kanat kullanımının asıl sebebi, dönme momentinin daha düzgün olmasıdır. Bu türbinde, türbinin yapısı üzerinde depolanan yüklerden dolayı salınım yapan atalet momenti olmadığından, göbek içinde titreşimi önleyici maliyetli parçalara gerek yoktur. Kanat uç hızı 70 m/sn altında olduğundan gürültünün düşüklüğü ve sarsıntısız dönme hareketleri avantajlarıdır.

f. Çok Kanatlı Rüzgar Türbinleri

Çok kanatlı rüzgar türbinleri düşük hızda çalışırlar. Türbin kanatlarının genişlikleri, pervane göbeğinden uçlara gidildikçe artış gösterir. Pervane mili, dişli kutusuna bağlanarak, jeneratör milinin devir sayısı artırılır.

4.5.3.2. Dikey Eksenli Rüzgar Türbinleri

Dönme eksenleri rüzgar yönüne dik olan bu türbinlerin kanatları da dikeydir. Rüzgarı her yönden alabilme özelliğine sahiptirler. Kanatların yere yakınlığı sonucu düşük rüzgar hızına maruz kalırlar, bu ise enerji üretimini azaltır. Bu türbinlerin verimi yaklaşık %35'dir. Jeneratör ve dişli kutuları toprak seviyesinde kurulabildiğinden kuleye gerek duymazlar. Bu yüzden düşük rüzgar hızlarında çalışmak zorunda kalırlar ve yön mekanizmasına ihtiyaçları yoktur. Kanat sayısının artması malzeme ağırlığını artırdığından, yüksek rüzgar hızlarında verimsiz çalışır. Rotor çapı 5 m olan türbinden yaklaşık 0,5 kW güç elde edilir. Bu türbinleri zemine bağlayabilmek için çelik halatlara gereksinim duyulmaktadır.

a. Savonious Rüzgar Türbinleri

Savonius rüzgar türbinleri, 1925 yılında Finlandiya'lı mühendis Sigurd J. Savonius tarafından keşfedilmiştir. İki yatay disk arasına yerleştirilmiş ve merkezleri birbirine göre simetrik olarak kaydırılmış, "kanat" adı verilen iki yarım silindirden oluşmaktadırlar. Belirli bir hızla gelen rüzgarın etkisiyle, çarkı oluşturan silindirin iç kısmında pozitif ve dış kısmında negatif bir moment oluşmaktadır. Pozitif moment, negatif momentten daha büyük olduğundan, dönme hareketi pozitif moment yönünde sağlanır.

Diğer dikey eksenli türbinlere göre düşük rüzgar hızlarında iyi başlangıç karakteristiklerine sahip olması, yapımının kolay ve ucuz olması, rüzgarın yönünden ba-



Şekil 4.9. DİKEY EKSENLİ (DARRIEUS) RÜZGAR TÜRBİNLERİ

ğımsız olması ve kendi kendine ilk harekete başlaması gibi birçok üstünlüklere sahip olan Savonius rüzgar türbinlerinin, aerodinamik performansı düşük olduğu için öncelikli uygulama alanları havalandırma, su pompalama gibi kısıtlı alanlar olmuştur. Birçok üstünlükleri bulunmasına rağmen, aerodinamik performanslarının düşüklüğü nedeniyle kullanılmamaktadırlar.

b. Darrieus Rüzgar Türbinleri

1931 yılında Fransız mühendis George J.M. Darrieus tarafından icat edilmiştir. 1970 ve 1980'lerde Amerika ve Kanada da Darrieus türbinlerinin kanat tasarımları üzerine geniş çalışmalar yapılmıştır. Kanatları geometrik formlu aerodinamik profile sahip olduğundan yüksek performanslıdır. Kanatlardaki düşük eğim sayesinde çekme gerilimleri minimuma iner. Yüksek hızlarda çalışabilir, iki veya üç kanatlı olabilir. İlk hareket için bir tahrik mekanizmasına ihtiyaç vardır.

c. H-Darrieus Rüzgar Türbinleri

Dikey eksenli en önemli rüzgar türbinlerinden biridir. Darrieus rüzgar türbininin geliştirilmesiyle meydana gelen daha karmaşık tipte bir türbinidir. H türbini, bir kulenin üzerinde düşey şafta yerleştirilen Darrieus türbininden oluşmaktadır. Diğer türbinlerden iki önemli farkla ayrılır. Bunlar:

- Aerodinamik profili düzdür.
- Kanatlara eğim kontrolü uygulanabilir.

4.5.3.3. Eğik Eksenli Rüzgar Türbinleri (Wagner RT)

Dönme eksenleri düşeyle, rüzgar yönünde bir açı yapan rüzgar türbinleridir. Bu tip türbinlerin kanatları ile dönme eksenleri arasında belirli bir açı bulunmaktadır.

4.5.3.4. Deniz Üstü Rüzgar Türbinleri

Deniz üstü rüzgar türbinlerinin en önemli avantajı, maliyetlerinin düşük olmasıdır. Deniz altı kablolama ve temeller, kıyıdan uzak rüzgar enerjisini taşıma maliyetleri nedeniyle geçmişte çok fazla tercih edilmemiştir, fakat günümüzde teknolojinin ilerlemesi ve bu tip türbin kapasitelerinin artırılması ile kullanımı cazip bir hale gelmiştir. Kıyıdan uzaktaki rüzgarlar ile karadaki düz arazilerden %50 daha fazla enerji üretebilmektedir. Yeni teknolojiler 15 m su derinliğine kadar ekonomik çözümler getirmektedir. Deniz üstü petrol platformlar ile ilgili deneyimler, bu platformların korozyon önlemleri ile korunabildiğini göstermektedir.

4.5.4. RÜZGAR TÜRBİNİ GÜÇ EĞRİSİ

Bir türbinin güç eğrisi, çizim olarak verilir ve rüzgar hızına bağlı olarak üretilebilecek gücü gösterir. Güç ölçümleri, araziye kurulan ve rüzgar türbinine belli bir yakınlıkta gövde yüksekliği ile aynı yükseklikte bulunan bir anemometre ile ölçülür. Anemometre, türbin kanatlarının üreteceği türbülans nedeniyle türbinin üzerine konulmaz. Eğer rüzgar hızı çok değişken değilse, ölçülen rüzgar hızında türbinden elde edilen elektriksel güçler saptanabilir. İki değer çizimsel olarak karşılaştırılır. Ancak, rüzgar hızı ölçümlerinin hatasız olması gerekir. Çünkü, rüzgar hızı ölçümünde yapılacak %3'lük bir hata enerji hesaplamalarında ± %9'luk bir hataya neden olacaktır. Bu nedenle, sertifikalanmış güç eğrisinde dahi ±%10 hata olabilir.

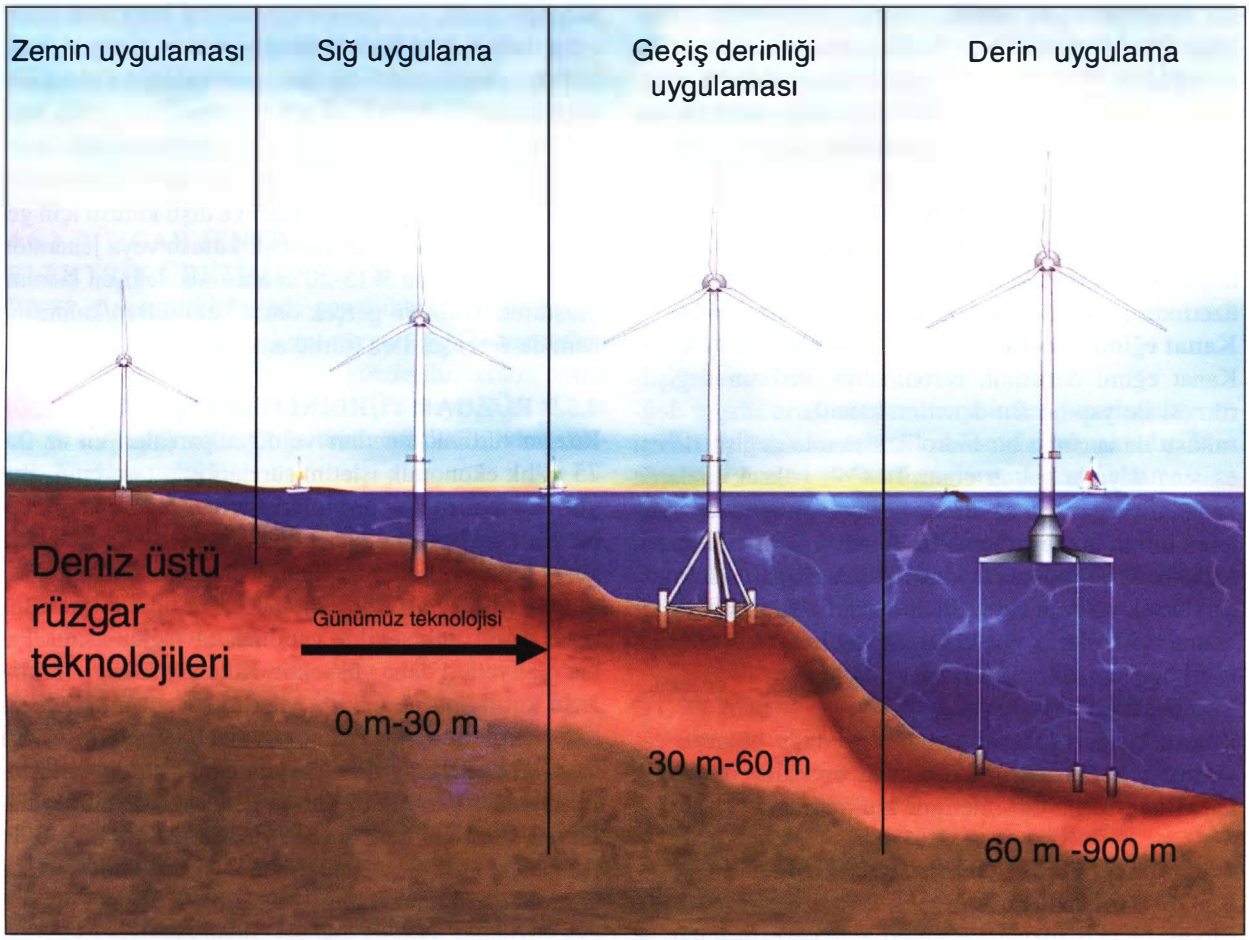
4.5.5. RÜZGAR TÜRBİNLERİNDE GÜÇ DENETİMİ

Rüzgardaki gücün artısı çok hızlı olduğunda, bütün rüzgar türbinleri yüksek hızlarda güç toplamalarını önleyecek düzenlemeler ile donatılırlar. Yüksek hız koşullarında güç denetimi amacıyla üç temel yöntem kullanılmaktadır.

- Aerodinamik verimin değiştirilmesi:
  - Kanat acısını değiştirmek veya kanatları döndürmek
  - Sabit devirde çalıştırmak
  - Kaldırma etkilerini azaltıp sürükleme etkilerini çoğaltmak
- Kanatların rüzgar ile etkileşim içinde olduğu alanı küçültmek:
  - Rotoru hakim rüzgar yönünden çevirmek
  - Rotor geometrisini değiştirmek

	Yatay Eksenli Rüzgar Türbinleri				Düşey Eksenli RüzgarTürbinleri	
	Tek Kanatlı	**İki Kanatlı**	**Üç Kanatlı**	**Çok Kanatlı**	**Savonlus**	**Darrieus**
Maliyet	Yüksek	Yüksek	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük
Estetik Görünüm	Kötü	Kötü	İyi	İyi	İyi	İyi
Gürültü	Yüksek	Yüksek	Düşük	Az	Az	Az
Çalışma Hızı	Yüksek	Düşük	Yüksek	Düşük	Düşük	Düşük
Kule İhtiyacı	Var	Var	Var	Var	Yok	Yok
Kullanım Amacı	Elektrik	Elektrik	Elektrik	Az Elektrik & Su Pompalama	Az Elektrik & Su Pompalama	Az Elektrik & Su Pompalama
Günümüzde Kullanımı	Yok	Yok	Var	Var	Az	Az
Rotorun Dönmesi İçin Rüzgar Hızı	Kaldırır	Kaldırır	Kaldırır	Kaldırır & Sürükler	Kaldırır & Sürükler	Kaldırır & Sürükler

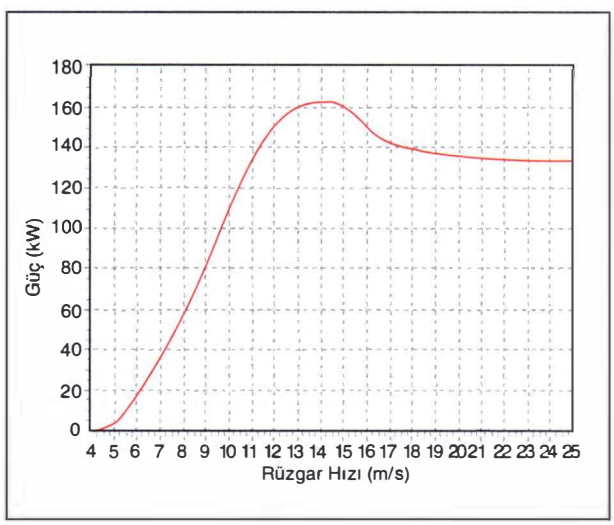
Tablo 4.10. YATIK VE DİK EKSENLİ RÜZGAR TÜRBİNLERİ KARŞILAŞTIRMASI



Şekil 4.11. DENİZ ÜSTÜ RÜZGAR TÜRBİNİ UYGULAMALARI



Şekil 4.12. DENİZ ÜSTÜ RÜZGAR TÜRBİNİ UYGULAMASI



Şekil 4.13. ÖRNEK BİR RÜZGAR TÜRBİNİ GÜÇ EĞRİSİ

- Frenleme:
  - Mekanik, hidrolik
  - Hava freni
  - Elektrik (direnç, manyetik)

Bu yöntemler tek tek yada yüksek hız kontrolü ve yük denetim kaybı durumlarında bir arada kullanılabilir. Rüzgar türbinleri, düşük maliyetli elektrik üretimi için tasarlanır. Bu nedenle bir türbin, yaklaşık 15 m/s hız

ile en yüksek güç üretimini sağlayacak şeklide tasarlanır. Çünkü, daha yüksek hızlara sahip rüzgarlar daha az sıklıkla görülür. Çok şiddetli rüzgar koşullarında rüzgar türbinlerinin zarar görmemesi için belli bir hız sınırının üstünde çalışması istenmez. Bu nedenle türbinlerde güç denetimi mekanizmaları vardır. Bu mekanizmalar, modern rüzgar türbinlerinin güvenle çalışmasını sağlar. Rüzgar türbinleri genellikle 3-5 m/s rüzgar hızlarında çalışacak ve yaklaşık 25 m/s rüzgar hızının üzerinde çalışmayacak şekilde tasarlanırlar.

Kanat eğimi denetimi

Kanat eğimi denetimi, aerodinamik verimin değiştirilmesi ile yapılır. Bu denetim, kanatların rüzgar doğrultusu ile acısının bir hidrolik sistemle değiştirilmesi esasına dayanır (pitch control). Çok yüksek hızlarda kanatlar rüzgara en az direnç gösterecek şekilde çevrilerek türbin hızı ayarlanabilir. Acısı değiştirilebilen rotor kanatlarının diğer faydası, düşük rüzgar hızlarında da yüksek verimin elde edilebilmesidir. Böylece rüzgar hızına bağlı olarak güç kontrolü yapılmış olur. Normal işletimde kanatlar birkaç derece döner.

Yön denetimi

Rotoru kısmen rüzgar hızının az olduğu bölgeye çevirmekle güç azaltılır. Bu teknik, pratikte çok küçük kapasiteli rüzgar türbinlerinde kullanılmaz.

4.5.6. RÜZGAR TÜRBİNLERİNİN ŞEBEKEYE BAĞLANMASI

Büyük ölçekli rüzgar türbinleri şebekeye bağlanır ve üretilen enerji şebekeye verilir. Rüzgar olmadığı zaman gereksinim duyulan enerji şebekeden karşılanır. Şebeke bağlantılı rüzgar türbinleri, yüksek rüzgar hızlarında yüksek dönme hızı oluşturmak için iki veya üç kanatlı olarak tasarlanırlar, üç kanatlı türbinler daha fazla enerji üretirler ve görüntüleri daha estetiktir. Fakat maliyetleri daha yüksek, ağırlıkları fazla ve kurulumları daha zordur.

4.5.7. RÜZGAR TÜRBİNİ ÖMRÜ

Günümüzde, türbin ömrü 20-25 yıl olarak kabul edilmektedir. Rüzgar türbinlerinin kanatları, cam elyaf veya polyester malzemeden, nadiren de tahtadan yapılmaktadır. Kuleler ise, çelik boru şeklinde, kafes tipi veya betondan üretilmektedir. Günümüzde yaygın kullanılan rüzgar türbinleri yaklaşık 3-5 m/s'de çalışmaya başlar. Maksimum güce yaklaşık 15m/s hızda ulaşır, 25m/s hız sınırının üstünde çalışmazlar. Kanatlar dakikada yaklaşık 15-50 kez döner, ancak değişken hızlı türbin çeşitlerinin sayısı giderek artmaktadır.

4.5.8. RÜZGAR TÜRBİNLERİNİN BAKIMI

Modern rüzgar türbinleri 20 yıllık ömür ve 120.000 çalışma saati için tasarlanırlar. Yapılan çalışmalardan, yeni üretilen türbinlerin bakım ve onarım maliyetlerinin eski türbinlerin bakım ve onarım maliyetlerinden oldukça düşük olduğu görülmektedir. Eski türbinlerin yıllık bakım maliyetleri, türbin yatırım maliyetlerinin %3'ü seviyesindedir. Bu oran, yeni üretilen türbinlerde yatırım maliyetlerinin % 1,5-2'si seviyesindedir. Bazı rüzgar türbini parçalarının yıpranma süresi daha kısadır, bu nedenle daha kısa periyotlarla değiştirilirler. Bu durum, özellikle rotor kanatları ve dişli kutusu için geçerlidir. Özellikle kanatlar, dişli kutusu veya jeneratör, türbin maliyetinin %15-20'si arasında değişen kısmını oluşturur. Türbinin gerçek ömrü hem türbin kalitesine hem de yerel şartlara (türbülans miktarı vb) bağlıdır.

4.5.9. RÜZGAR TÜRBİNİ GÜVENLİĞİ

Rüzgar türbini kanatları ve diğer parçaları en az 20-25 yıllık ekonomik işletim süreleri için tasarlanır. Büyük modern rüzgar türbinleri normal olarak konik çelik boru şeklinde kuleler ile tasarlanırlar. Bu kulelerin kafes kulelere göre en büyük üstünlüğü, daha güvenli olması ve rüzgar türbininin bakım ve onarımının daha rahat ve güvenli şekilde yapılmasını sağlamasıdır. Fakat maliyetleri daha yüksektir. Kule yüksekliği, türbinlerin kurulumu ve bakımı yapılırken güvenlik açısından önemlidir. Bakım anında, temel bileşenlerin arızası veya şebekeden ayrılma durumunda, rotorun ve türbinin durması gereklidir. Türbin gerektiğinde durdurulamazsa, rotor çok kısa sürede yüksek hızlara ulaşabilir. Bu nedenle rüzgar türbinlerinde aşırı hızlanma koruma sistemleri bulunmaktadır.

4.6. RÜZGAR JENERATÖRLERİ

Rüzgar enerjisi tesislerinde kullanılan jeneratörler, alternatif akım veya doğru akım jeneratörleri olabilir. Burada elde edilen elektrik akımı, yetersiz kalitede alternatif akım veya doğru akım bile olsa, çeşitli güç elektroniği düzenekleriyle şebekeye uygun hale getirilebilir.

Doğru akım jeneratörleri, sık bakım gereksinimi ve alternatif akım jeneratörlerine göre daha pahalı olmaları dolayısı ile büyük güçlü rüzgar enerjisi tesislerinde tercih edilmemektedir.

4.6.1. ASENKRON (İNDÜKSİYON) JENERATÖR

Asenkron motorlar, endüstride en çok kullanılan motor çeşididir. Asenkron motorlar, ucuz olması, az bakım gerektirmesi ve çalışma sırasında ark oluşmaması nedeniyle doğru akım motorlarına göre daha çok tercih edilirler. Asenkron motorlar, devir sayılarının yüke bağlı olarak değişiminin çok az olması nedeniyle sabit devirli motorlar olarak kabul edilirler. Ancak devir sayıları doğru akım motorlarındaki gibi istenilen değerler arasında ayarlanabilirken, asenkron motorlarda bu kademeli olarak yapılabilmektedir. Bu motorlara asenkron denilmesinin sebebi, stator sargılarında oluşan manyetik alanın hızı ile rotorun dönme hızının aynı olmamasıdır. Rotorun dönme hızı, stator manyetik ala-

nının hızından daima azdır. Asenkron jeneratörler, üç faz asenkron olarak şebekeye bağlantılı kullanılırlar. Bu jeneratörlerin en önemli özelliği, düşük maliyetli olmalarıdır. Rüzgar mevcut iken rotor, jeneratörü çevirmeye başlar. Bu durumda jeneratör şebekeden akım çekmez, şebekeye akım verir.

4.6.2. RÜZGAR JENERATÖRLERİYLE ELEKTRİK ÜRETİMİ

Büyük rüzgar türbinlerinde genellikle 690 V üç faz alternatif akım üretilir. Akım, rüzgar türbini yanındaki veya içindeki transformatöre gönderilir. Transformatör, bu gerilimi yerel elektriksel şebekeye bağlı olarak 10-30 kV'a yükseltir. Çoğu üreticiler 50Hz'i destekleyecek türbin üretirler.

4.6.3. İKİ HIZLI JENERATÖRLER

Bazı üreticiler, türbinlerini iki jeneratörlü olarak üretirler. Küçük olan, düşük rüzgar hızında, büyük olan ise yüksek hızda çalışır.

4.7. RÜZGAR SANTRALİ (PARKI VE ÇİFTLİĞİ)

Rüzgar enerjisi bakımından denizler, karasal alanlara göre daha büyük potansiyele sahiptirler. Rüzgar santrallerinin kurulacağı yerler için ortalama rüzgar ve saatlik rüzgar hızları genellikle meteoroloji istasyonlarında bulunmaktadır. Rüzgar santrali planlama aşamasında, rüzgar atlasları ilk başvuru kaynakları olmalıdır. Rüzgar atlası, yer yüzeyinden 10 m yükseklikte ölçülmüş olan rüzgar hızı ve yönü istatistiklerinin, özel bilgisayar programları yardımıyla değerlendirilmesi sonucunda elde edilen verilerdir. Öte yandan, rüzgar atlası, yer seçiminde tek başına yeterli olmayacaktır. Yer seçiminde özel çalışmalara ve özel ölçümlere gerek duyulmaktadır.

Eğer arazide ağaç ve çalılar var ise, bunlar öngörülen baskın rüzgar yönü hakkında bilgi verebilir. Ayrıca rüzgarın yeryüzünde oluşturduğu çeşitli şekillerde aşınmalardan da faydalanılabilir. Fakat ölçümlerin yapılacağı yerler seçilirken, aşağıdaki özelliklere sahip yerlerin dikkate alınmasında fayda vardır.

- Şiddetli basınç gradyanı olan yerler
- Sürekli rüzgarlara bağlı yağışlı ve uzun vadiler
- Şiddetli jeostrofik rüzgar alanlarındaki yüksek, engebesiz tepe ve platolar
- Şiddetli basınç gradyanlı, düşük eğimli sürekli rüzgar vadileri
- Şiddetli jeostrofik rüzgar veya termal gradyan alanlarına maruz kalmış kıyı şeritleri

Yapılan çalışmalar sonucu belirlenen arazilerde elde edilen sonuçlarla birlikte, rüzgar karakteristikleri ve enerji üretimi değerlendirmelerinin yapılması gerekmektedir. Bunun için, belirlenen araziyi temsil edecek nokta veya noktalarda ölçüm yapılmalıdır. Yapılacak ölçümler, teknik açından en az bir yıl sürmelidir. Bunun yanında, rüzgar santralı kurmaya aday olabilecek yerlerde göz önüne alınması gereken aşağıdaki noktalar, rüzgar enerjisi santralinin uygulanabilirliği açısından çok önemlidir.

- ulaşım kolaylığı
- ulusal şebekeye bağlantı kolaylığı
- arazinin yol ve diğer çalışmalar için uygunluğu
- arazinin eğimi
- arazinin büyüklüğü
- arazinin kullanılış şekli
- arazinin bitki örtüsü

Ayrıca arazilerde rüzgar enerjisinden yararlanmayı engelleyebilecek bir takım kısıtlamalar olmaktadır. Arazi ile ilgili aşağıdaki kısıtlamaların dikkate alınması gerekmektedir.

- Yerleşim birimlerine olan yakınlığı
- Askeri, sivil radar ve buna benzer tesislere olan yakınlığı
- Havaalanına olan yakınlığı
- Mülkiyeti
- Sit alanı veya diğer kapsamlarda olup olmadığı
- Gelecekteki kullanılış amacı
- Milli park veya doğal yaşam etkinlikleri kapsamında olup olmadığı
- Turizm bölgeleri ile olabilecek etkileşimi

Rüzgar değerlendirilmelerinde ve türbin yerleşimlerinde özet olarak şu özellikler dikkate alınmalıdır.

- Topoğrafya
- Hava
- Altyapı
- Arazi kullanımı
- Uzun dönemli kayıtlar
- Kısa dönemli kayıtlar
- Çevresel değişkenler

Rüzgardan ne kadar elektrik üretileceği, tümüyle santralın kurulacağı yere bağlıdır. Ortalama kapasite faktörü Türkiye'de %30 dolayındadır. Yani, yılın yaklaşık %60'ında türbinin belli hız dağılımında çalışabilir. İyi seçilmiş ve kurulmuş bir rüzgar santralinde 600 kW'lık bir türbin, yılda yaklaşık 1.000-1.500 ailenin ihtiyacı olan elektrik enerjisini üretebilmektedir. Ancak, bu sayı, santralin bulunduğu yere ve ailenin enerji tüketimine bağlı olarak değişebilir.

20 türbinden oluşan bir rüzgar santralı yaklaşık 1 km^2 alana kurulabilir. Ancak, bu alanın yaklaşık olarak %1-1,5'lık kısmı türbinlerin oturacağı alandır. Baskın rüzgar yönü, rüzgar türbini yerleşiminde son derece önemlidir.

Rüzgar Santralında Park Etkisi, Kuyruk Yeli Etkisi

Parka kurulu her bir türbin, rüzgarı ve içerisindeki enerjiyi aldıktan sonra, arkasındaki türbine göndereceği rüzgarı ve rüzgar enerjisini azaltır. Bu nedenle ideal olan, türbinleri olabildiğince baskın rüzgar yönüne göre yerleştirmektir. Ancak, şebekeye bağlanma uzaklığı ve kullanılan arazi büyüklüğü de çok önemlidir.

Baskın rüzgar yönünün belirgin olduğu arazilerde, türbinlerin birbirine daha yakın kurulması, hem arazi kullanım oranını düşürür, hem de şebekeye bağlanma ve park yolu maliyetlerini azaltır. Ancak ikinci sıra türbinlerin yerleşimlerinde, kuyruk yeli etkisi olacağından, türbinleri birinci sıra türbinlerden daha uzağa kurmak gereklidir. Genel olarak bir rüzgar parkında türbinler birbirlerinden 5-9 rotor çapı uzaklıkta yerleştirilebilir.

4.8. ÇEVRESEL ETKİLER

Bugün dünyanın en önemli çevre sorunu, CO_2 salınımı artışından ve sera etkisinden kaynaklanan küresel ısınmadır. Rüzgar enerjisi ile elektrik üretimi, çevre dostu, asit yağmurlarına ve atmosferik ısınmaya yol açmayan, CO_2 salınımını azaltan, radyoaktif etkisi olmayan bir yöntemdir. Ayrıca rüzgar enerjisi, ham madde sıkıntısı olmayan sürekli ve sonsuz bir enerjidir.

Ekonomik üretim sağlayan, teknolojik gelişimi hızlı, dışa bağımlı olmayan bir enerji üretim yöntemi olması, kısa sürede devreye alınabilen ve sökülebilen santraller kurulabilmesi gibi avantajlara sahiptir.

Rüzgar türbinleri, CO_2 salınımının azaltılmasında son derece önemlidir. Günümüzde yaygın olarak kullanılan 500-600 kW kapasiteli bir türbin, yılda ortalama 1,1 milyon kWh enerji üretir. 1 kWh'lik enerji üretmek için fosil kökenli yakıtlar kullanıldığında yaklaşık 0,7 kg CO_2 ortaya çıkar. Dolayısıyla bir rüzgar türbini ile yılda yaklaşık olarak 750 ton CO_2 salınımı önlenmiş olur.

Dünyada en çok kömür yakıtlı termik santrallerden elektrik üretilmektedir. 1 kWh'lık enerjinin rüzgardan üretilmesiyle *Tablo 4.14*'de gösterilen miktarlarda salınımlar önlenmiş olur.

Miktar (g)	Kirletici cinsi
2,114	CO_2
7,1	SO_2
2,8	NO_x
0,9	CO_2
0,18	toz

Tablo 4.14. 1 kWh ENERJİNİN KÖMÜRDEN ELDE EDİLMESİ İLE SALINAN KİRLETİCİLER

4.9. RÜZGAR ENERJİSİNDE KARA KULLANIMI

Rüzgar enerjisi santralinin birim kurulu güç başına toplam alan gereksinimini 0,1-0,2 km²/MW arasındadır. Ancak, rüzgar santrallerinde türbinlerin kapsadığı gerçek alan, santral toplam alanının %1-1,2'si kadardır. Bir rüzgar santralı ile bir hidroelektrik santralın arazi gereksinimleri ve enerji üretimleri karşılaştırması *Tablo 4.15*'de verilmiştir.

Hidroelektrik	160-9.000 km²/GW
Rüzgar	47-160 km²/GW
Hidroelektrik	0,75 km²/GWh
Rüzgar	0,12 km²/GWh

Tablo 4.15. BİRİM ENERJİ ÜRETİMİ BAŞINA ALAN GEREKSİNİMİ AÇISINDAN HİDROELEKTRİK VE RÜZGAR SANTRALI KARŞILAŞTIRMASI

4.10. MEKANİK GÜRÜLTÜ OLUŞUMU

Mekanik gürültü, dişli kutusu, jeneratör ve yedek motorların oluşturduğu gürültüdür. Mekanik gürültü, akustik kılıfların kullanılması, özel dişlilerin kullanılması ve dönen parçaların ses emici malzeme ile kaplanması gibi birçok teknik kullanılarak azaltılabilir. Metal parçalar, dişli kutusunda, şaftta ve jeneratör içinde birbiriyle sürtünmeden ve etkileşimden dolayı ses oluştururlar. Rüzgar türbinlerinde ses, araştırma, geliştirme ve teknolojik ilerlemeler ile her geçen gün azaltılmaktadır.

4.11. RÜZGAR TÜRBİNLERİNDE SES

Aerodinamik gürültü, hava içinde dönen kanatların hızına bağlı olarak artar. Rüzgar santrali içerisindeki ses, geliştirilmiş türbinlerin bulunduğu ortamda bile 85dB kadardır.

Yeni tasarımlar ve en yakın yerleşimlerin en az 500 m ilerde olacağı düşünüldüğünde yerleşimlerde duyulacak ses son derece azdır. Rüzgar santrallerinin yarattığı gürültü düzeyi *Tablo 4.16*'da farklı gürültü kaynakları ile karşılaştırılmıştır.

Kaynak / Aktivite	Ses seviyesi dB (A)
Duyma sınırı	0
Kırsal alanda gece	20-40
Sessiz oda	35
350 m mesafeden rüzgar türbini	35-45
100 m mesafeden 64 km/s hızlı otomobil	55
Yoğun ofis ortamı	60
100 m mesafeden 48 km/h hızlı kamyon	65
7 m mesafeden Pnömatik delici ekipman	95
250 m mesafeden jet	105
Rahatsızlık sınırı	140

Tablo 4.16. ÇEŞİTLİ KAYNAKLARA GÖRE SES SEVİYELERİ

4.12. RÜZGAR ENERJİSİ EKONOMİSİ

Rüzgar enerjisi en ucuz yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir. Rüzgar ile, nükleer santrallerden daha ucuz enerji üretilebilmektedir. Rüzgardan elektriğin üretilmesi bir çok etkene dayanmaktadır. 1980'lerde rüzgardan üretilen elektriğin fiyatı 25 cent/kWh iken, 1998'de rüzgar türbinlerinin gelişimine bağlı olarak ortalama 5-8 cent/kWh olmuştur. Rüzgar bedelsiz bir enerji kaynağıdır fakat taşıdığı enerjinin tutularak istenilen biçime çevrilmesi için yatırım gerektiren rüzgar türbini-jeneratör sistemlerine gerek vardır. Bu nedenle, rüzgardan üretilen elektriğin bir maliyeti vardır. Sağlanan teknolojik gelişmeler ve verim artışları ile bu maliyet sürekli düşürülmektedir.

Fosil yakıtlara karbon vergisi getirilmesi durumunda, rüzgar enerjisi, çoğu ülke için öncelikli duruma gelecektir. Yüksek karbon vergileri, rüzgar enerjisinin yaygın olarak kullanılmasını, planlanandan 5-10 yıl daha erkene alabilir.

Bir çok ülke, yenilenebilir enerji kaynağı kullanımını yaygınlaştırmak ve çekici duruma getirmek istemektedir. Bu yüzden rüzgar santralleri yaygınlaşmakta veya değişik avantajlı ödemeler uygulanır. Kapasite kredisi, kurulu güce verilen primdir.

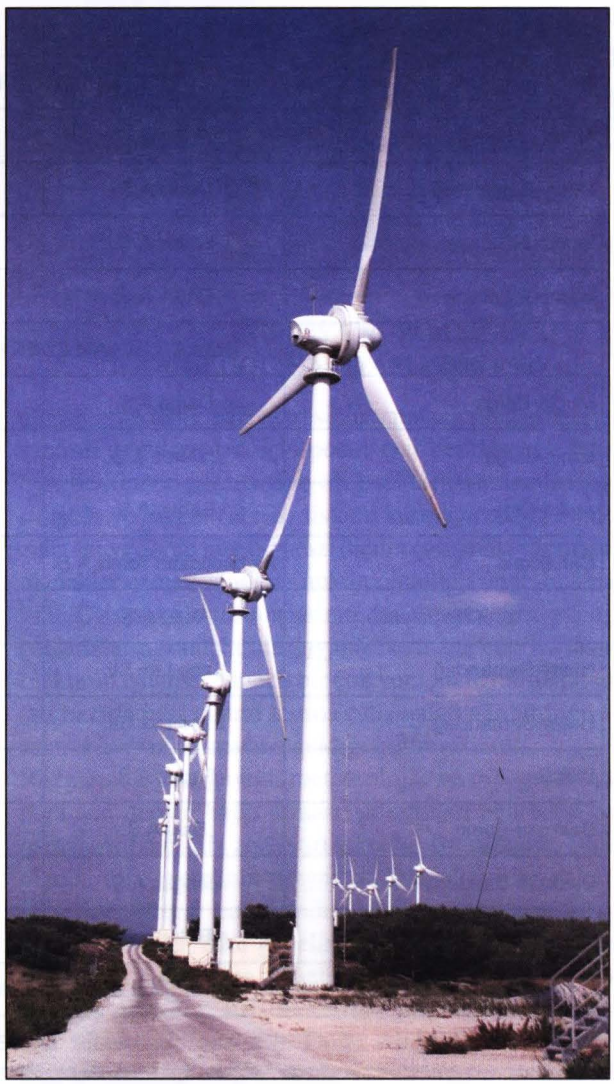
4.13. TÜRKİYE'DE RÜZGAR ENERJİSİ

Ülkemizde alternatif enerji kaynaklarının da enerji üretiminde önemli pay alması ile ilgili hedefler belirlenmekte ve konu, kalkınma planları özel ihtisas komisyonu raporlarında yer almaktadır. Belirlenen hedeflerin ve planlamaların ülke gerçeklerine uygun bir şekilde yapılması, ülkemiz kaynaklarının verimli bir şekilde değerlendirilmesini sağlayacaktır. Enerji üretiminde var olan tüm kaynaklardan yararlanmamak, fosil kökenli kaynakların tüketimini hızlandırmaktadır. Başka bir deyişle, kaynak savurganlığına neden olmaktadır. Türkiye'nin enerji üretiminde kullandığı kaynakların sınırlı olduğu bilinmektedir. Önümüzdeki yıllarda bu sınırlı kaynakların artan enerji gereksinimine karşılık veremeyeceği ve yeni kaynakların enerji üretimi için kullanılması gerektiği de unutulmamalıdır.

Rüzgar enerjisi uygulamalarının diğer enerji kaynakları uygulamalarına göre birçok üstünlüklerinin bulunması, son yıllarda elektrik işleri etüt idaresi ve bir çok özel sektör kuruluşunun yapmış olduğu ölçüm çalışmaları ile ortaya çıkan yararlanma potansiyeli, rüzgar enerjisi konusunda teknolojik gelişmeler ve Türkiye'de rüzgar enerjisinden yararlanmaya yönelik olarak başta Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı olmak üzere ilgili kurum ve kuruluşların yoğun çabaları rüzgar enerjisi kullanımına olan ilgiyi artırmıştır. Bunun sonucunda, bir çok özel sektör kuruluşu çeşitli rüzgar potansiyelini belirleme ve fizibilite çalışmaları yaparak rüzgar santralı kurup işletmek için Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığına başvurmuştur.

Rüzgar enerjisinden yararlanmak için, önce bölgenin rüzgar enerjisi potansiyelinin ve rüzgar özelliklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu konuda meteorolojik temelin oluşturulması önemlidir. Bu güne kadar yapılan çalışmaların koordine edilmesi ve daha geniş alanlarda yapılacak çalışmaların hızlandırılması, Türkiye'de rüzgar enerjisinden yararlanmayı olumlu anlamda etkileyecektir.

Ülkemizde bu güne kadar, rüzgar enerjisine yönelik çeşitli yaklaşımlarda bulunulmuştur. Konu ile ilgili olarak, EİE idaresi ve özel sektör kuruluşlarınca doğrudan uygulamanın yapılacağı arazi üzerinde yapılan rüzgar enerjisi potansiyeline yönelik çalışmalar çok önemli veriler olarak kabul edilmektedir. EİE idaresince yapılan çalışmalar "Türkiye Rüzgar Enerjisi Doğal Potansiyeli", "Rüzgar Enerjisi Gözlem İstasyonu Projesi" ve "Türkiye Rüzgar Atlası Projesi" olarak adlandırılmaktadır.



Şekil 4.17. BOZCAADA RÜZGAR ÇİFTLİĞİ

Mevkii	Şirket	Üretime Geçiş Tarihi	Kurulu Güç (MW)	Rüzgar Türbini Kurulu Gücü (MW)	Adedi
İzmir-Çeşme	Alize A.Ş.	1998	1,5	0,60	3
İzmir-Çeşme	Güçbirliği A.Ş.	1998	7,2	0,60	12
Çanakkale-Bozcaada	Bores A.Ş.	2000	10,2	0,60	17
İstanbul-Hadımköy	Sunjüt A.Ş.	2003	1,2	0,60	2
Balıkesir-Bandırma	Bares A.Ş.	I/2006	30,0	1,50	20
İstanbul-Silivri	Ertürk A.Ş.	II/2006	0,9	0,85	1
İzmir-Çeşme	Mare A.Ş.	I/2007	39,2	0,80	49
Çanakkale-İntepe	Anemon A.Ş.	I/2007	30,4	0,80	38
Manisa-Akhisar	Deniz A.Ş.	I/2007	10,8	1,80	6
Çanakkale-Gelibolu	Doğal A.Ş.	II/2007	15,2	0,88	18
İŞLETMEDEKİ KURULU GÜÇ			**146,3**		
Manisa-Sayalar	Doğal A.Ş.	II/2007	30,4	0,80	38
Hatay-Samandağ	Deniz A.Ş.	II/2007	30,0		
İstanbul-G.paşa	Lodos A.Ş.	I/2008	24,0	2,00	12
İstanbul-Çatalca	Ertürk A.Ş.	I/2008	60,0	3,00	20
İNŞAATI DEVAM EDEN PROJELER			**144,4**		
Muğla-Datça	Dares A.Ş.	I/2008	28,8	0,80	36
İzmir-Aliağa	İnnores A.Ş.	I/2008	42,5	2,50	21
Aydın-Çine	Sabaş A.Ş.	I/2008	19,5	1,50	13
Çanakkale	As Makinsan Temiz A.Ş.	II/2008	30,0	2,50	12
İzmir-Kemalpaşa	Ak-El A.Ş.	II/2008	66,7	2,00	43
Hatay-Samandağ	Ezse Ltd. Şti.	II/2008	35,1	0,90	39
Hatay-Samandağ	Ezse Ltd. Şti.	II/2008	22,5	2,50	9
Bilecik	Sagap A.Ş.	II/2008	66,6	0,90	74
Balıkesir-Şamlı	Baki A.Ş.	II/2008	90,0	3,00	30
Balıkesir-Bandırma	Bangüç A.Ş.	II/2008	15,0	1,50	10
Osmaniye-Bahçe	Rotor A.Ş.	I/2009	130,0	2,50	52
RÜZGAR TÜRBİNİ TEDARİK SÖZLEŞME İMZALI KURULU GÜCÜ			**531,7**		
GENEL TOPLAM			**837,6**		

Tablo 4.18. İŞLETMEDE OLAN VE DEVREYE ALINACAK RÜZGAR SANTRALLARI

EİE idaresi tarafından 1990 yılında başlatılan ve bugün sürdürülmekte olan çalışma ile birlikte özel sektör tarafından yaptırılan rüzgar enerjisi santrallerine yönelik potansiyel belirleme çalışmaları, uygulama için Türkiye'de yeterli miktarda potansiyelin olduğunu göstermesi açısından çok önemlidir. DMİ'nin (Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü) uzun yıllara dayanan kayıtlarına göre ortalama rüzgar hızının 2,3 m/s olduğu bir yerde, doğrudan amaca yönelik ölçümlerde ortalama yıllık rüzgar hızı 8,5 m/s saptanabilmektedir. Aslında bu sonuç, genel olarak DMİ istasyonlarının bulundukları konumdan kaynaklandığı gibi rüzgarın doğal yapısından da kaynaklanmaktadır. Yani, rüzgar hem meteorolojik hem de topografik yapıya bağlı olarak kısa aralıklarda ve küçük alanlarda büyük değişkenlik gösterebilir.

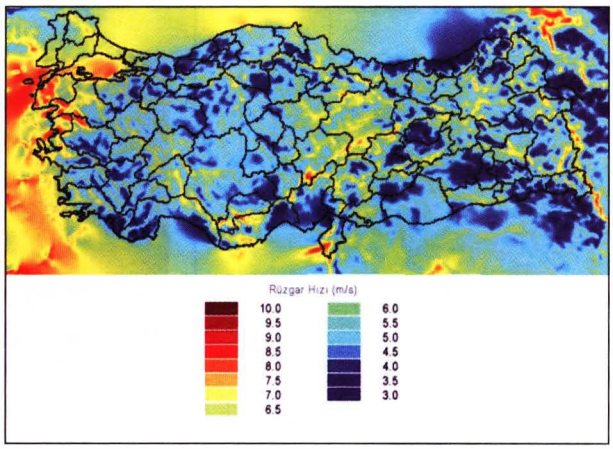
Rüzgar enerjisi ile ilgili potansiyel belirleme çalışmalarında DMİ kayıtlarının önemli ve ilk başvuru kaynakları olduğu kabul edilmektedir. Bu kayıtlara göre belirlenmiş bölgelerde, rüzgar enerjisine yönelik çalışmaların daha ayrıntılı yapılmasına gerek duyulmaktadır. Rüzgarın, özellikle topografik yapıya dayalı kısa mesafelerde büyük değişkenlik gösterebilme özelliği, DMİ kayıtlarının rüzgar santrali kurulacak yerleri belirlemede bire bir kullanılmasını önlemektedir.

Tablo 4.19'da görüldüğü gibi, ülkemizin en büyük rüzgar potansiyeline sahip bölgesi Marmara bölgesidir. EİE idaresinin, tümüyle DMİ kayıtlarına göre 10 m'de yaptığı bu çalışmalardan elde edilen güç yoğunluğu değerlerinin, günümüz ekonomik rüzgar enerjisi santrali uygulamaları için gerekli olan en az 300-400 W/m^2 değerlerinden çok küçük olduğu görülmektedir.

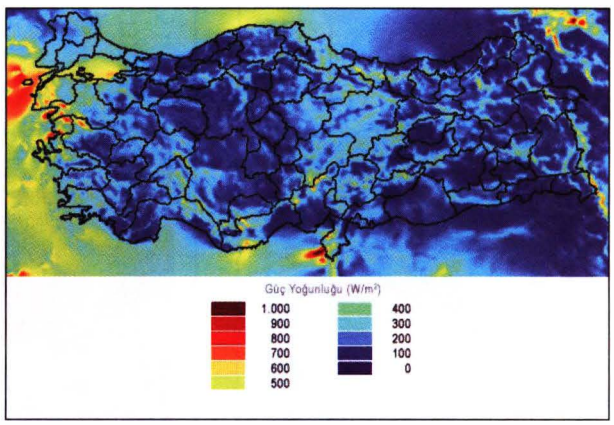
EİE idaresinin yanı sıra ülkemizdeki bir çok yer için, çeşitli özel sektör kuruluşları rüzgar enerjisi santrali uygulamaları için rüzgar potansiyelini belirlemeye çalışmışlardır. Elde edilen sonuçlar, aynı bölgede EİE kayıtlarından daha yüksek değerlerin olabileceğini göstermesi açısından önemlidir. EİE ortalama değerinin yaklaşık 10 m'de 5 m/s olduğu bir yerde, özel sektör kuruluşları 10 m'de 9 m/s'ye varan ortalama rüzgar hızı değerlerine

Bölge adı	Ortalama Rüzgar Gücü Yoğunluğu (W/m^2)
Akdeniz Bölgesi	21,36
İç anadolu Bölgesi	20,14
Ege Bölgesi	23,47
Karadeniz Bölgesi	21,31
Doğu Anadolu Bölgesi	13,19
Güneydoğu Anadolu Bölgesi	29,33
Marmara Bölgesi	51,91

Tablo 4.19. BÖLGELERE GÖRE RÜZGAR ENERJİSİ POTANSİYELİ



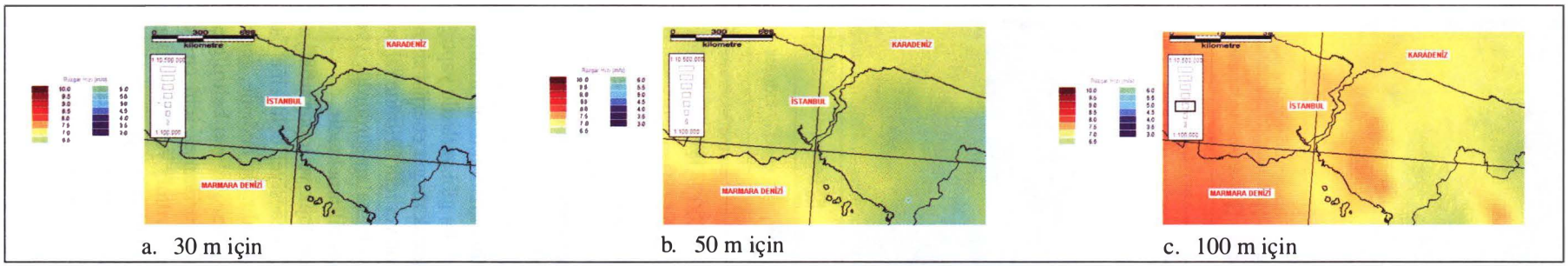
Şekil 4.20. TÜRKİYE RÜZGAR HIZI HARİTASI (50 m için)



Şekil 4.21. TÜRKİYE RÜZGAR GÜCÜ YOĞUNLUĞU HARİTASI (50 m için)

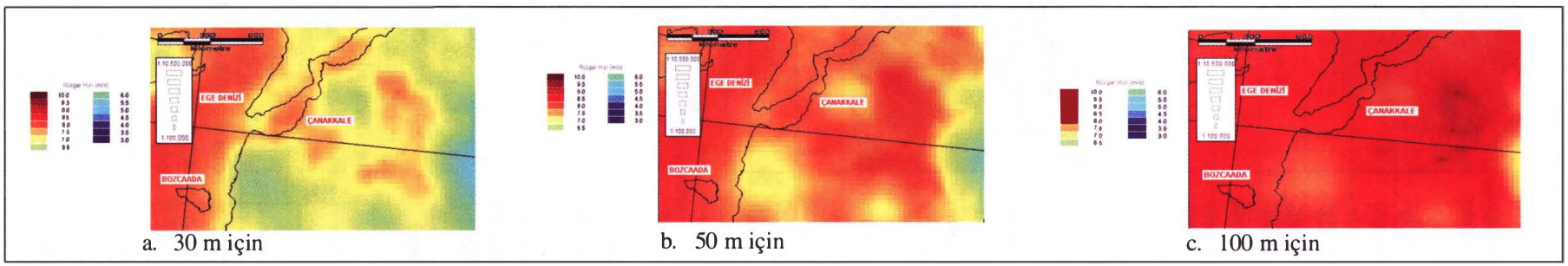
ulaşabilmektedir. EİE idaresinin yalnızca rüzgar enerjisi santrali uygulamaları için potansiyel belirlemeye çalıştığı, belirlenen potansiyele özel sektörü yönlendirmeye çalıştığı ve rüzgar enerjisi sistemi kurmaya aday olabilecek tüm yerlerde bire bir arazi ölçüm çalışması yapmanın olanaklar çerçevesinde mümkün olmadığı unutulmamalıdır. Özel sektör kuruluşlarının, bu gibi yerlerde yaptığı çalışmaların sonuçlarına dayanarak rüzgar enerjisi sistemi kurup işletmek amaçlı bir çok yer için fizibilite raporları hazırladığı, santral kurma çalışmaları sürdürdüğü ve santral kurma aşamasına geldiği bilinmektedir.

Rüzgarın doğası gereği, meteorolojik ve topografik yapıya son derece bağlı olması, potansiyel belirleme çalışmalarını daha da zorlaştırmaktadır. Bu nedenle, genel olarak, ülke genelinin rüzgar potansiyelinin belirtilmesi yerine, rüzgar enerjisinden yararlanmak için en iyi koşullara sahip, ülke geneline yayılmış yerlerin rüzgar enerjisi potansiyeline yönelik çalışmalar yapmak daha anlamlı olacaktır. EİE idaresinin yer kayıtlarının yanı sıra ülkemizde özellikle Doğu Akdeniz, Marmara ve Ege bölgesinde birçok yerde yeterli rüzgar potansiyeli olabileceği bilinmektedir.



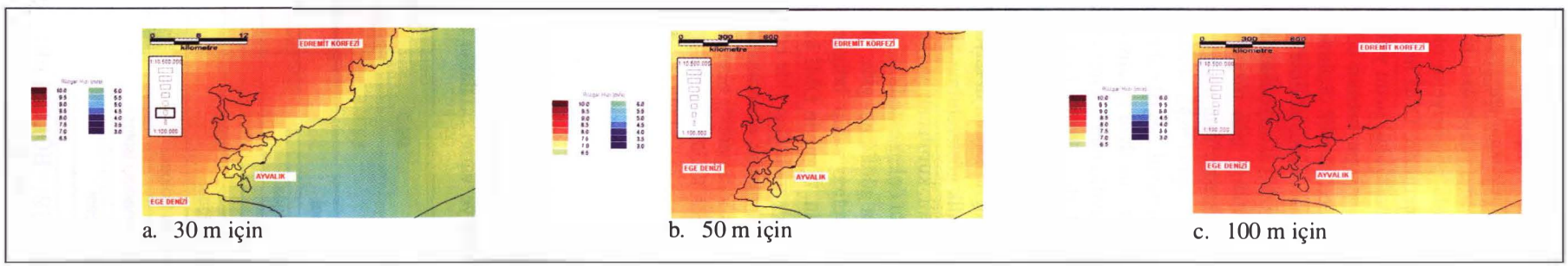
a. 30 m için b. 50 m için c. 100 m için

Şekil 4.22. ÇEŞİTLİ YÜKSEKLİKLER İÇİN İSTANBUL RÜZGAR HIZI HARİTALARI



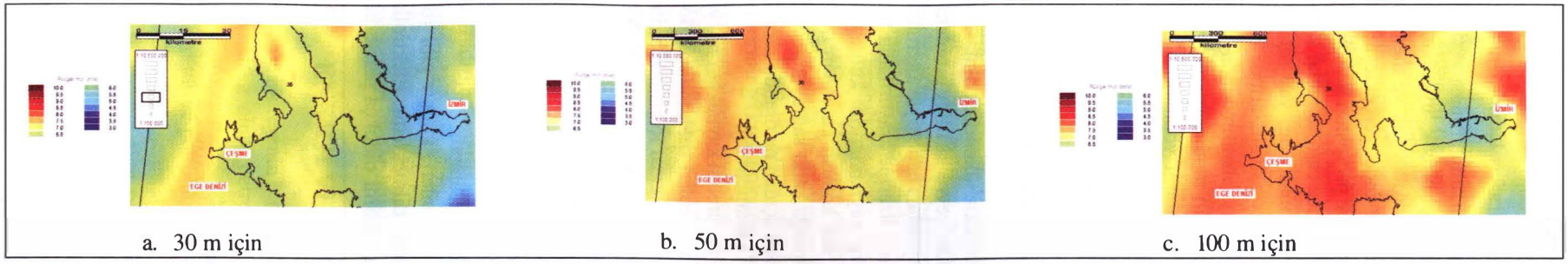
a. 30 m için b. 50 m için c. 100 m için

Şekil 4.23. ÇEŞİTLİ YÜKSEKLİKLER İÇİN ÇANAKKALE RÜZGAR HIZI HARİTALARI.



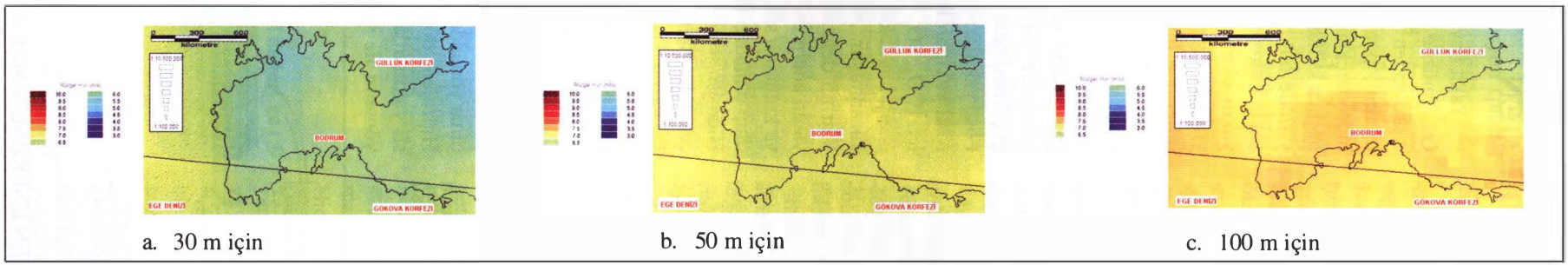
a. 30 m için b. 50 m için c. 100 m için

Şekil 4.24. ÇEŞİTLİ YÜKSEKLİKLER İÇİN AYVALIK RÜZGAR HIZI HARİTALARI



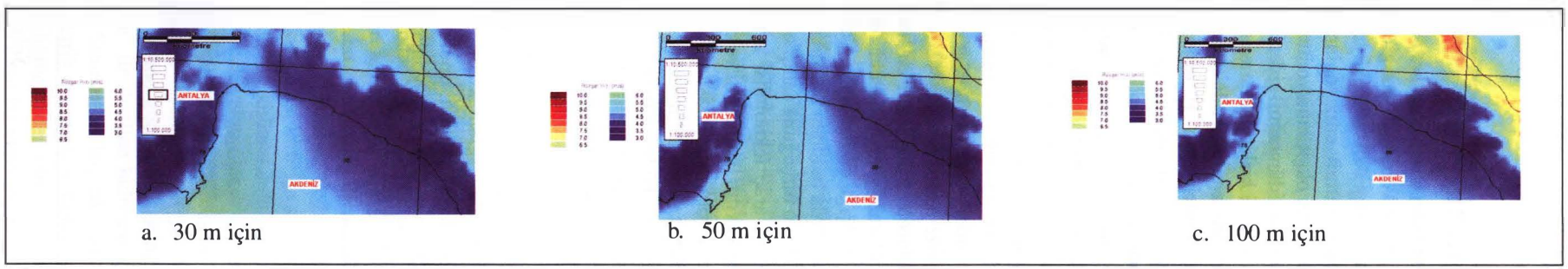
a. 30 m için b. 50 m için c. 100 m için

Şekil 4.25. ÇEŞİTLİ YÜKSEKLİKLER İÇİN İZMİR RÜZGAR HIZI HARİTALARI



a. 30 m için b. 50 m için c. 100 m için

Şekil 4.26. ÇEŞİTLİ YÜKSEKLİKLER İÇİN BODRUM RÜZGAR HIZI HARİTALARI



a. 30 m için b. 50 m için c. 100 m için

Şekil 4.27. ÇEŞİTLİ YÜKSEKLİKLER İÇİN ANTALYA RÜZGAR HIZI HARİTALARI

V. BÖLÜM
HİDROJEN

5.1. GİRİŞ

Günümüzde enerji ihtiyacının büyük bir bölümü kömür, petrol ve doğal gaz gibi fosil yakıtlardan karşılanmaktadır. Fosil yakıt kaynakları sınırlı olup, çevre açısından zararlı emisyonlara (karbondioksit, kükürt dioksit, azot oksit emisyonları vb) neden olmaktadır. Dolayısıyla, dünyanın giderek artan enerji gereksinimini, çevreyi kirletmeden ve sürdürülebilir olarak, karşılayabilecek en önemli alternatif enerji kaynaklarından biri hidrojendir. Hidrojen 1500'lü yıllarda keşfedilmiş, 1700'lü yıllarda yanabilme özelliğinin farkına varılmış, evrenin en basit ve en çok bulunan elementi olup, renksiz, kokusuz, havadan 14,4 kez daha hafif ve tamamen zehirsiz bir gazdır. Güneş ve diğer yıldızların termonükleer tepkimeye vermiş olduğu ısının yakıtı hidrojen olup, evrenin temel enerji kaynağıdır. Hidrojen, karbon ve sülfür içermediği için yanması sırasında poliaromatik hidrokarbonlar ve SO_2 oluşmamaktadır. Kokusuz, renksiz, tatsız ve saydam bir yapıya sahip olan hidrojen, doğadaki en hafif kimyasal elementtir. Yakıt olarak, yakıt pillerinde değerlendirildiğinde yalnızca su açığa çıkmaktadır. Yapılan çalışmalar evrende bol miktarda bulunan hidrojenin, bir yakıt için gerekli özelliklerin birçoğuna sahip olduğunu göstermektedir.

Motor ve araç teknolojisi açısından alternatif olarak seçilen yakıtın, kullanımı ve depolanması kolay, doğal dengelere olumsuz etkisi olmayan ve fosil yakıt türleri ile rekabet edebilir bir karakteristiğe sahip olması gerekmektedir. Hidrojenin birçok yönüyle ekolojik açıdan avantajlı olduğu bilinmektedir. Hidrojen, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ile (rüzgar, güneş, biyokütle vb) elde edilebilmektedir ve geleceğin en önemli enerji taşıyıcısıdır. Ayrıca hidrojen diğer fosil yakıtlarla kullanılabilme özelliğine sahiptir. Bu özelliğiyle de birçok avantaj sağlamaktadır:

- Yakıt/hava karışım oranının düşürülmesi sonucu NO_x ve CO emisyonlarının azalması ve ısıl verimliliğin artması
- Yakıt hava karışımının alev hızının artması

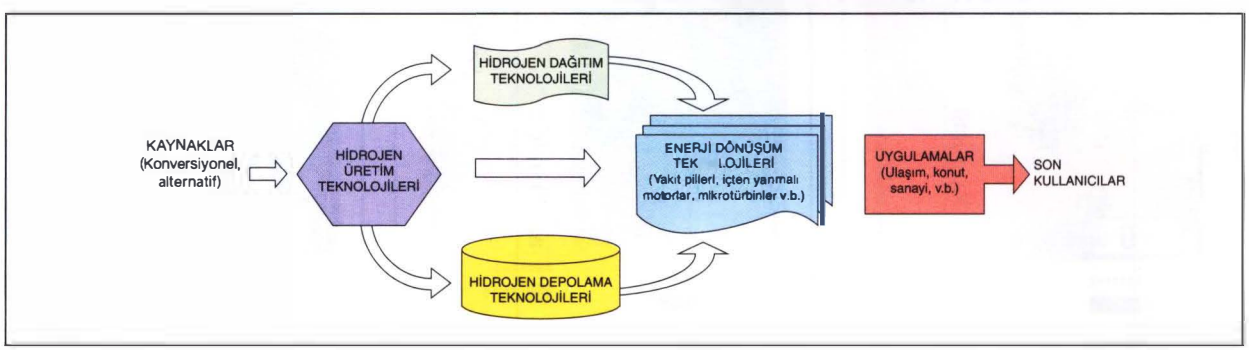
Günümüzde gelişmiş ülkelerde birçok uygulamada hidrojenden faydalanılmaktadır. Amonyak ve metanol üretimi, petrolün rafine edilmesinde gerçekleştirilen hidroparçalama ve sülfür giderme prosesleri hidrojenin başlıca kullanım alanlarıdır. Ayrıca cam ve metal sanayisinde indirgen atmosfer yaratmak için, yağ sanayisinde hidrojenasyon için ve uzay çalışmalarında roket yakıtı olarak da hidrojenden faydalanılmaktadır. Son yıllarda, hidrojenin içten yanmalı motorlarda ve yakıt pillerinde bir yakıt olarak kullanımı yönünde önemli araştırma ve uygulama çalışmaları yapılmaktadır.

Bugün gelişmiş ülkelerde yoğunlaşan bu araştırmalar, artık ticari ve endüstriyel bir boyuta taşınmış olup birçok başarılı projenin tanıtımı yapılmaktadır. Yakın bir gelecekte yakıt pili ile çalışan araçların da üretimine geçilmesi beklenmektedir.

Fosil yakıtların yakın bir gelecekte tükenecek olması ve fosil yakıtlardan kaynaklanan çevre kirliliği problemleri (CO_2, SO_x, NO_x vb emisyonlar) nedeniyle alternatif enerji kaynakları ve kullanımı üzerine araştırmalar hız kazanmıştır. Alternatif enerji kaynaklarının kullanılabilirliği değerlendirilirken, söz konusu kaynağın dünyanın enerji ihtiyacına ne oranda katkı sağlayabileceği ve kullanım sırasında çevresel açıdan ne oranda zararlı olup olmadığı en önemli iki parametredir.

Hidrojen sentetik bir yakıt olup, üretim kaynakları bol ve çeşitlidir. Bunlardan en başta gelenleri su, kömür ve doğal gazdır. Hidrojen, bilinen tüm yakıtlar içerisinde birim ağırlık başına en yüksek enerji içeriğine sahiptir (120.000 kJ/kg). Sıvılaştırıldığında gaz halindeki hacminin sadece 1/700'ünü kaplar. Saf oksijenle yandığında sadece su ve ısı açığa çıkar. Hava ile yandığında ise azot oksitler açığa çıkar, fakat diğer yakıtlara göre kirliliği son derece azdır. Bu açılardan hidrojen, geleceğin ikincil enerji kaynağı olma yönünde önemli bir avantaja sahiptir.

Hidrojen; doğal gaz, petrol ürünleri, kömür gibi fosil yakıtlardan ve sudan elde edilmektedir. Elektroliz yöntemi ile sudan hidrojen üretimi oldukça pahalıdır.



Şekil 5.1. HİDROJEN ENERJİSİ TEMEL BİLEŞENLERİ

Günümüzde hidrojen üretimi için en çok kullanılan diğer yöntemler, ototermal dönüşüm reaktör sistemleri (autothermal reforming), kısmi oksidasyon (partial oxidation) sistemleri ve su buharı ile katalitik dönüşüm sistemleridir (steam reforming).

Dünya genelinde üretilen hidrojenin % 48'i doğal gazdan üretilmektedir. Bunun nedeni doğal gazın hidrojen oranı yüksek, nispeten ucuz, temiz, şebeke altyapısı yeterli ve rezervleri yüksek bir yakıt olmasıdır. Ayrıca doğal gazdan hidrojen üreten sistemler; diğer kaynakları kullanan sistemlere nazaran daha basit ve yatırım maliyetleri anlamında avantajlıdırlar.

Üretim sırasında, hidrojen ile birlikte karbonmonoksit, karbondioksit ve reaksiyon sırasında ürüne dönüşmemiş metan açığa çıkmaktadır. Açığa çıkan karbonmonoksit, yüksek ve düşük sıcaklık CO-H_2O reaksiyonları ve seçici karbonmonoksit reaksiyonları ile hidrojen ve karbondioksite dönüştürülmektedir. Doğal gazın yanı sıra diğer hidrokarbon yakıtlardan da (metanol, LPG, nafta, benzin) su buharı ile katalitik olarak hidrojen üretilebilmektedir. Hidrokarbon yakıtın ortalama molekül ağırlığı arttıkça, hidrojen üretim prosesinde zorluklar (koklaşma, buharlaştırma için enerji ihtiyacı vb) artmaktadır. Hidrokarbon yakıtın sülfür içeriği de proseste önemli katalizör zehirlenmesi problemlerine yol açmaktadır. Hidrojen, hidrokarbon yakıtların su buharı oksidasyonu ile üretimine alternatif olarak, saf oksijen veya hava ile kısmi oksidasyon, piroliz ve ototermal reforming (kısmi oksidasyon ve su buharı oksidasyonu bir arada) reaksiyonları ile de üretilebilmektedir.

Yakıt pilleri, yüksek verimleri ve düşük emisyon değerleri nedeni ile hidrojenin kimyasal enerjisinin elektrik enerjisine dönüştürüldüğü önemli bir enerji dönüşüm ve üretim teknolojisidir. Ergimiş karbonatlı yakıt pilleri (EKYP), katı oksit yakıt pilleri (KOYP) ve PEM yakıt pilleri üzerine yoğun olarak çalışılmaktadır. Enerji taşıyıcısı olarak hidrojen, bu teknolojiler sayesinde önemini giderek arttırmaktadır. Ancak gerçek anlamda hidrojen enerjisine geçiş için stratejik ve teknolojik anlamda halen çözümlenmesi gereken önemli konular mevcuttur. *Şekil 5.1*.'de hidrojen teknolojilerinin temel bileşenleri gösterilmiştir.

5.2. ENERJİ VE ISIL VERİM

- Sıvı hidrojenin birim kütlesinin üst ısıl değeri 141,9 MJ/kg olup, petrolden 3,2 kat daha fazladır. Sıvı hidrojenin birim hacminin ısıl değeri ise 10,2 MJ/ m^3'tür ve petrolün % 28'i kadardır.
- Gaz hidrojenin birim kütlesinin ısıl değeri sıvı hidrojenle aynı olup, doğal gazın 2,8 katıdır. Gaz fazında hidrojenin birim hacminin ısıl değeri 12 MJ/m'olup, bu değer doğal gazın %32,5'i kadardır.
- Metal hidritlerin kütlesel enerji içeriği (2-10 MJ/kg) sıvı hidrojene oranla çok daha azdır. Buna karşın, metal hidritlerin hacimsel enerji içeriği ise (12,6-14,3 MJ/m^3) gaz ve sıvı hidrojenden çok daha fazladır.

5.3. HİDROJEN REZERVLERİ

Hidrojen, evrende en bol bulunan elementtir. Evrenin ağırlıkça %70-80'i hidrojenden oluşmaktadır. Kalan kısım ise daha çok helyumdur. Özellikle genç yıldızlar, yıldızlar arasında bulunan toz kümeleri ve evrendeki gaz bulutları büyük miktarlarda hidrojen içermektedir. Güneşin ağırlıkça %50'sinden fazlası da hidrojendir.

Yer kabuğunda bulunan elementler içerisinde hidrojen ağırlıkça %0,88 oranındadır ve 9. sırada yer almaktadır. Atomik konsantrasyon bakımından da yer kabuğunda bulunan hidrojen miktarı %15,4 oranındadır. Atomik yüzde olarak, oksijen ve silisyumdan sonra en bol bulunan element hidrojendir. Volkanik gazlarda (hacimce %30'a kadar) ve doğal gazda serbest halde hidrojen bulunmaktadır. Ayrıca çok az miktarda hidrojen de bazı minerallerin ve kayaçların yapısında bulunmaktadır. Atmosferin üst tabakalarında, troposfer ve stratosferde, eser miktarda hidrojen (0,5 ppm) mevcuttur. Suyun fotolitik olarak hidrojene parçalanması nedeniyle atmosferde hidrojen konsantrasyonu da artmaktadır. İnsan vücudu ağırlıkça yaklaşık olarak %10 hidrojen içermektedir .

Hidrojen, evrende oldukça bol bulunan bir element olmasına rağmen, endüstriyel hidrojen üretiminde, hidrokarbon yakıtlar (doğal gaz, petrol ve kömür) ya da su kullanılmaktadır. Üretim, yapıda kimyasal olarak bağlı bulunan hidrojenin çeşitli parçalanma reaksiyonları ile açığa çıkarılması prensibine dayanmaktadır.

Hidrojen, aralarında doğal gaz, methanol, kömür, biyokütle ve suyun bulunduğu birçok maddeden elde edilen doğadaki en basit elementtir ve yeryüzünde saf halde bulunmaz. Her zaman diğer elementlerle karışım halinde bulunur. Diğer bir değişle başka bir maddeden ayrıştırılmak zorundadır. Hidrojenin doğada karbon elementi ile birleşik olan birçok formu bulunmaktadır. Bugün kullandığımız enerjinin büyük bir kısmı kömür, petrol ve doğal gaz gibi fosil yakıtlardan elde edilmektedir. Kullanılan toplam enerjinin yalnızca %7'si yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilmektedir. Temiz enerji kullanımı ile çevre için zararlı atıklar oluşturulmamaktadır. Hidrojen de bu sınıflamaya dahil edilebilir. Hidrojen, üretiminin emniyetli olması, doğaya dost ve çok yönlü kullanıma yatkın oluşu, kirliliğe neden olmayan bir yakıt olarak taşıtlarda kullanılabilmesi, evlerin ve ofislerin ısıtılması ve uçak yakıtı olarak kullanılması gibi birçok alanda çok büyük bir potansiyele sahip, bir enerji taşıyıcısıdır. Son yıllarda çevreye yönelik artan olumsuz tehditlerin önüne geçebilmek için, güneş kaynaklı elektrik enerjisi ile üretilen hidrojen, çözüm olarak düşünülmektedir. Sınırsız bir kaynak olan güneş enerjisinden üretilen elektrik enerjisinde, kolaylıkla depolanabilir ve çevre kirliliğine neden olmayan hidrojen üretiminde yararlanılması ideal bir yöntemdir.

5.4. YAKIT HÜCRELERİ

Hidrojen neredeyse her türlü son kullanıcı için gerekli enerji ihtiyacında kullanılabilecek çok yönlü bir enerji taşıyıcısıdır. Yakıt hücresi ise enerji çevirmeye yarayan ve hidrojen enerjisini verimli bir şekilde kullanılabilir enerjiye çeviren bir cihazdır. Yakıt hücreleri yedek güç olarak, prefabrik yerleşimlerde ve kojenerasyon ünitelerinde kullanılabilmektedir.Yakıt hücreleri batarya kullanan ve taşınabilen neredeyse bütün uygulamalarda kullanılabilmektedir. Yakıt hücreleri aynı zamanda şahsi arabalar,otobüsler,kamyonlar ve su taşıtları gibi birçok değişik taşıt ulaşımı için birincil ve yedek enerji ihtiyacını karşılayabilmektedir. Yakıt hücreleri kimyasal enerjiyi direkt olarak ısı ve elektrik enerjisine çevirmektedir. Yakıt hücresinin iç kısmında hidrojen elektro kimyasal olarak havadaki oksijenle birleşerek elektrik oluşturur ve yan ürün olarak sadece saf su ve kullanılabilir ısı oluşturur. Hidrojen enerjisiyle çalışan yakıt hücreleri çevreye zararlı gazlar bakımından kirlilik oluşturmamakla beraber, geleneksel içten yanmalı sistemlere göre iki veya üç kat daha fazla verim sağlamaktadır. Klasik yanma prensibiyle güç üreten bir elektrik santrali %33 ile %35 arasında bir verimlilikte çalışmaktayken, yakıt hücresi sitemleri yaklaşık %60 verimle çalışmaktadır (verim kojenerasyon kullanılarak daha da arttırılabilir). Normal kullanımda bir araba motoru benzinin içerisindeki depolanan kimyasal enerjiyi güce çevirirken %20 verimle çalışır; fakat elektrikle motoruyla çalışan ve hidrojen kullanılan yakıt hücrelerinde yakıtın %60'ı enerjiye dönüşmektedir. Böylelikle de yakıt sarfiyatı %50 mertebelerinde azaltılmış olur. Ayrıca yakıt hücreleri sessiz çalışır, daha az hareketli parçaları vardır ve çok çeşitli uygulamalarda kullanılabilir.

5.4.1. YAKIT HÜCRELERİ BİLEŞENLERİ

Basit bir yakıt hücresi biri anot biri katot olan iki elektrot arasına sıkıştırılmış bir elektrolitten oluşmaktadır. Yakıt hücresinin ürettiği güç değişik faktörlere bağlı olarak değişmektedir; Yakıt hücresi tipi, boyutu, işletme sıcaklığı, ve yakıt hücresine gönderilen gazın basıncı bu faktörlerden bazılarıdır. Tek bir yakıt hücresi 1 volt veya daha az elektrik üretmektedir. Daha fazla elektrik üretimi sağlamak için birkaç ayrı yakıt hücresi seri bir biçimde bağlanmaktadır. Bu gibi durumlarda yakıt hücresi denildiğinde tek bir hücreden değil de birbirine bağlanmış hücrelerden bahsedilmektedir. Uygulamaya bağlı olarak seri bağlanmış olan yakıt hücreleri sayısı değişiklik göstermektedir. Bu esnekliği sayesinde yakıt hücreleri diz üstü bilgisayarlardan, (50-100 Watt) evlere (1-5 kW),araçlardan (50-125 kW), merkezi elektrik üretim merkezlerine (1-200 MW veya daha fazla) kullanılmaktadır.

Yakıt Hücresi Tipi	Elektrolit	İşletme Sıcaklığı	Sistem Gücü	Güç Üretim Verimliliği	Kullanım Alanları	Avantajları	Dezavantajları
Polimer Elektrot (PEM)	Polimer iyon değişim filmi	50-100 °C	<1-250kW	%53-58 (ulaşım) %25-35 (sabit)	Ulaşım araçları Askeri Sistemler	• Katı elektrot korozyon sorunlarını ortadan kaldırır. • Düşük sıcaklık. • Hızlı başlama	• Katalizörleri pahalı • Yakıt Pürüzlenmelerine duyarlı
Alkali (AFC)	Potasyum Hidroksit	90-100 °C	10k-100kW	%60	Askeri sistemler Uzay çalışmaları	• Alkali elektrotta katot daha hızlı tepkimeye girer • Yüksek performans	• Yakıttan ve hava akımından Co_2 ayrıştırmak pahallı
Fosforik asit (PAFC)	Sıvı fosforik asit	150-200 °C	50-1.000kW	%32-38	Yaygın kullanım (Ticari uygulamalar, oteller, hastaneler v.b.)	• Hidrojendeki pürüzlere karşı daha yüksek dayanma gücü	• Pahalı paltin katalizör gereksinimi • Düşük akım ve güç • Büyük boyut ve ağırlık
Erimiş Karbonat (MCFC)	Karbonat	600-700 °C	1-1.000kW	%45-47	Elektrik santralleri	• Yüksek verim • Yakıt esnekliği. • Değişik katalizör kullanabilme	• Yüksek sıcaklık korozyonu ve hücre bileşenlerinin ömrünü tüketir. • Yavaş başlangıç
Katı Oksit (SOFC)	Çinko üzerine tutturulmuş yittiria	650-1.000 °C	5-3kW	%35-43	Ticari uygulamalar, Sanayi uygulamaları, elektrik santralleri	• Yüksek verim • Yakıt esnekliği. • Değişik katalizör kullanabilme • Katı elektrot sorunlarını ortadan kaldırır • Hibrit	• Yüksek sıcaklık korozyonu ve hücre bileşenlerinin ömrünü tüketir. • Yavaş başlangıç • Seramik elektrotun kırılganlığı termal çevrime bağlı olarak artar.

Tablo 5.2. YAKIT HÜCRESİ KARŞILAŞTIRMA TABLOSU

5.4.2. YAKIT HÜCRESİ ÇEŞİTLERİ

Genel olarak bir yakıt hücresinde iki elektrot arasına sıkıştırılmış bir elektrolit yapı bulunmaktadır. Fakat kullanılan elektrolit çeşitlerine bağlı olarak yakıt hücreleri farklılık göstermektedir.Elektrolite göre, yakıt hücrelerinde gerçekleşen kimyasal tepkimeler, işletme sıcaklığı aralıklar ve uygulamaları etkileyen diğer faktörler değişiklik göstermektedir. Aşağıdaki tabloda yakıt hücresi karşılaştırmaları yapılmıştır.

5.4.3. PEM YAKIT HÜCRELERİ

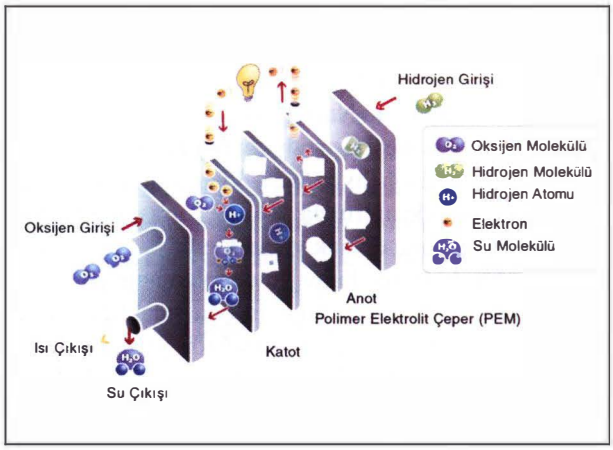
Polimer elektrolit membranlı yakıt hücreleri elektrolit olarak katı polimer içerir ve platin katalizör içeren geçirgen karbon elektrotları vardır. PEM yakıt hücreleri çalışmak için hidrojen, oksijen ve suya ihtiyaç duymaktadır. Genellikle gerek duyulan hidrojeni depolama tanklarından, havayı ise atmosferden almaktadır.

Diğer yakıt hücreleriyle kıyaslandığında PEM yakıt hücreleri daha düşük işletme sıcaklıklarında çalışmaktadır (yaklaşık 80°C), böylelikle çalışmaya başlaması için ısınması için geçen süre daha kısadır ve düşük çalışma sıcaklıkları aynı zamanda cihaz bileşenlerinin de daha az aşınmalara maruz kalmasını sağlamaktadır. Bu ve bunun gibi sebeplerden dolayı, uygun boyut ve ağırlıklarda kullanılabilip araçlar için güç kaynağı oluşturması da dahil olmak üzere PEM yakıt hücreleri, yakıt hücreleri arasında hafif ulaşımda en çok umut vadeden yakıt hücresi tipi olmaktadır.

Bütün yakıt hücreleri gibi PEM yakıt hücreleri de bir membran tarafından ayrılan iki elektrottan oluşmaktadır. Polimer elektrolit membran plastik sargılardan oluşan ve kağıttan daha ince yapıda katı organik bir bileşendir.

Hücrenin bir tarafında hidrojen gazı kanallar vasıtasıyla negatif yüklü elektrottun veya başka bir deyiş ile anottun üzerinden geçerler. Karbon parçacıkları destekleyen platin parçacıklardan oluşan ve ince proton ileten bir katman olan iyonomerden oluşan anot geçirgen bir yapıya sahip olduğundan, hidrojen bileşenleri içerisinden geçebilmektedir.Anot kısmında bulunan yakıt hidrojen,elektrotun içerisinden geçerek platin katalizörle karşılaşır ve hidrojen bu katalizör sayesinde proton ve elektronlara ayrışmaktadır. Burada PEM kilit rol oynayarak sadece protonların geçmesine izin vermektedir. Protonlar iyonomer tarafından iletilip, PEM vasıtasıyla hücrenin diğer tarafına geçirilirken, negatif yüklü elektron akımı, katoda doğru akan ikinci bir devre oluşturur. Bu dış devreye doğru akan elektronlar güç motoru gibi iş yapmak için kullanılabilen elektriği oluştururlar.

Hücrenin diğer tarafında ise, ortamdan alınan oksijen gazı, pozitif yüklü elektrota ya da başka bir deyiş ile katota doğru bir akış oluşturmaktadır. Anot gibi katotta,karbon parçacıkları destekleyen platin parçacıklardan oluşmaktadır.Anotta geçirgen bir yapıya sahip olduğundan,oksijen içerisinden geçebilmektedir.Katot



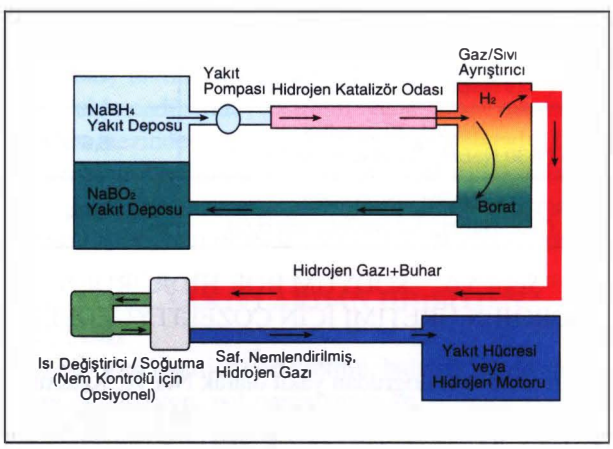
Şekil 5.3. PEM YAKIT HÜCRESİ

kısmında, elektron eklenmesinin de dahil olduğu bir azaltma reaksiyonu gerçekleşmektedir. Elektrik olarak kullanıldıktan sonra geri dönen elektronlar, oksijenle ve hidrojen protonlarıyla katotta su oluşturmak için reaksiyona girer. Suyun büyük bir kısmı sistem içerisinde toplanıp, tekrar kullanılmaktadır, fakat küçük bir kısmı ise su buharı olarak egzoz çıkışından dışarı atılmaktadır. Suyun dışında bu egzotermik reaksiyondan sonra ısı oluşmaktadır ve bu ısı yakıt hücresinin dışarısında kullanılabilmektedir.

5.4.4. YAKIT PİLİ (SODYUM BOR HİDRÜR – $NABH_4$)

Yakıt pillerinde önemli sorunlardan biri H_2 üretmek ve depolamaktır. Sodyum bor hidrür katalitik olarak H_2 verir ve bu özelliğinden dolayı hidrojen depolama aracı veya doğrudan yakıt olarak kullanılabilir.Sodyum borhidrürün yakıt pilli uygulamalarındaki avantajları ;

- Ağırlıkça % 20 hidrojen depolayabilir
- Yanıcı/patlayıcı değildir
- Reaksiyon kolayca kontrol edilebilir
- Hidrojenin yarısı hidrürden, diğer yarısı sudan gelmektedir
- Katalizör ve sodyum metaborat tekrar kullanılır



Şekil 5.4. H_2 DEPOLAMA ARACI OLARAK $NABH_4$

Elde edilen hidrojen gazı yakılarak veya yakıt pilinde enerjiye dönüştürülebilir.

$NaBH_4(s)+H_2O \Rightarrow 4H_2 + NaBO_2$

$NaBO_2 + 2H_2O \Rightarrow NaBH_4 + 2O_2$

H_2O ve NaOH ilavesi ile sodyum bor hidrürün sıvı içerisindeki miktarı ağırlıkça %20-35 arasında olabilmekte, bu da sistemde ağırlıkça %4,4-7,7 arasında hidrojenin depolanmasına olanak vermektedir

Sodyum bor hidrürde hidrojen depolamanın en önemli üstünlüğü depolanan hidrojenin oda sıcaklığında geri alınabilmesi ve geri alımın katalizör yardımı ile kolaylıkla kontrol edilebilmesidir. Sodyum bor hidrürün hidrojen amaçlı kullanımında en önemli darboğaz ise oluşan metaboratın tekrar $NaBH_4$ dönüştürülmesidir.

Enerji depolama kapasitesi ;

1 kg hidrojen = 120.000 kJ

1 kg katı $NaBH_4$+950 g su=213,5 g hidrojen gaz=25.560 kJ

3,79 litre $NaBH_4$(%30)= 1,16 kg katı $NaBH_4$ =29.600 kJ

3,79 litre benzin =121.300 kJ

1 kg Hidrojen (120.000 kJ) ~ 3,79 litre benzin (121.300 kJ)

5.4.5. SODYUM BOR HİDRÜRDEN HİDROJEN ÜRETİMİ

Depolama Hacmi	Depolanan H_2 Gazı Kütlesi	Depolanan H_2 Hacmi (21°C, 1 atm)
1 Litre $NaBH_4$-20 çözeltisi	44 gram	526 Litre
1 Litre $NaBH_4$-25 çözeltisi	55 gram	658 Litre
1 Litre $NaBH_4$-30 çözeltisi	66 gram	789 Litre
1 Litre $NaBH_4$-35 çözeltisi	77 gram	921 Litre

Şekil 5.5. SOYUM BOR HİDRÜRDEN HİDROJEN ÜRETİMİ

Çözelti Yüzdesi	Depolanan H_2 Gazı Kütlesi
Katı $NaBH_4$	10,6%
$NaBH_4$-20 çözeltisi (%20 $NaBH_4$,%3 NaOH, %77 H_2O)	4,4%
$NaBH_4$-25 çözeltisi (%25 $NaBH_4$,%3 NaOH, %72 H_2O)	5,5%
$NaBH_4$-30 çözeltisi (%30 $NaBH_4$,%3 NaOH, %67 H_2O)	6,6%
$NaBH_4$-35 çözeltisi (%35 $NaBH_4$,%3 NaOH, %62 H_2O)	7,7%

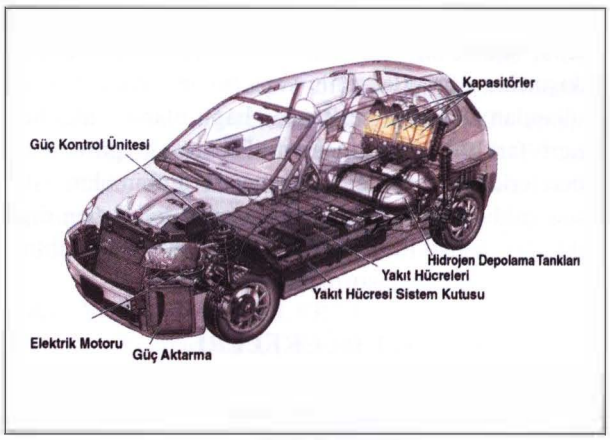
Şekil 5.6. SODYUM BOR HİDRÜRDEN HİDROJEN ÜRETİMİ İÇİN ÇÖZELTİ YÜZDELERİ

Yakıt pillerinde doğrudan yakıt olarak $NaBH_4$ Kullanımı:

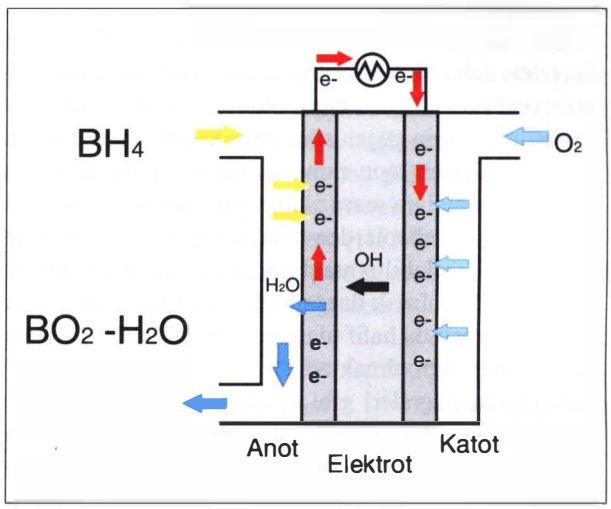
Anot : $BH_4^- + 8OH^- \Rightarrow BO_2^- + 6H_2O + 8e^-$

Katot : $2O_2 + 4H_2O + 8e^- \Rightarrow 8OH^-$

Toplam: $BH_4^- + 2O_2 \Rightarrow BO_2^- + 2H_2O$



Şekil 5.7. SODYUM BOR HİDRÜRLÜ YAKIT PİLİ ARAÇ UYGULAMASI



Şekil 5.8. YAKIT PİLLERİNDE DOĞRUDAN YAKIT OLARAK NABH4 KULLANIMI

5.5. HİDROJEN DAĞITIMI

Hidrojen endüstriyel uygulamalarda yıllardır kullanılmaktadır, fakat bugünün altyapı dağıtımı ve teknolojisi hidrojenin geniş kullanıcı ağına ulaşmasını sağlayacak yeterlilikte değildir. Hidrojenin hacimsel olarak enerji yoğunluğu düşük olduğundan,bir enerji taşıyıcısı olarak kullanıldığında; ulaşım, depolama ve son kullanıcıya ulaştırmak anlamında çok yüksek maliyetler gerektirmektedir ve bu süreç boyunca enerjisinin bir bölümünü de kaybetmektedir. Daha sonraki araştırmalarda hidrojen üretimiyle dağıtımı bir bütün olarak ele alınmalı ve bu şekilde bir kar-zarar incelemesi yapılmalıdır. Ulusal bir hidrojen dağıtım altyapısı inşa etmek çözülmesi gereken bir sorun olarak değerlendirilmelidir. Bu teknolojinin gelişmesi zaman almakla beraberinde gelişimin tamamlanması için değişik teknolojilerle birleştirilmesi gerekebilmektedir. Hidrojen dağıtımının gelişiminin hız kazanması için bu enerji kaynağına gelecek taleplerde önem kazanmaktadır.

Gaz halindeki hidrojenin mevcut borular vasıtasıyla taşınması dağıtım açısından en ucuz maliyetli uygulama olsa da boruların bu sisteme uygun hale getirilmesi için yapılan yüksek ilk yatırım maliyeti bu altyapı sisteminin uygulanmasında en büyük engel olmaktadır. Araştırmalar borular arasındaki bağlantılardaki sorunların aşılması,hidrojenin boruları gevrekleştirmemesi, aralarında sızıntı olmaması, daha düşük maliyetli kullanım ve daha güvenli bir hidrojen sıkıştırma uygulaması için devam etmektedir.

Hidrojen dağıtım altyapısının gelişmesi için diğer bir olasılık ise; doğalgaz dağıtım sisteminin hidrojen taşınması için ayarlanması olabilir. Bu sistem için mevcut doğalgaz sisteminin %20 oranında hidrojen taşıyabilir bir sisteme dönüştürülmesi için gereken işlemler çok masraflı olmasa da bu sistemin tamamen saf hidrojen taşıyabilmesini sağlamak daha masraflı olacaktır.

Diğer bir dağıtım sistemi uygulama olasılığı ise etanol gibi bir sıvı hidrojenin merkezi bir yerleşimde üretilip benzin istasyonlarına borular vasıtasıyla dağıtılmasını sağlamak ve buralarda yakıtlarda kullanılacak şekline dönüştürülmesidir.

5.6. HİDROJENİN DEPOLANMASI

Hidrojen kütle başına en yüksek enerji seviyesine sahip olsa da, birim hacim başına en yüksek enerji seviyesine sahip değildir. Bu sebepten dolayı depolanması yaygın kullanımı açısından önündeki en büyük engellerden biridir.Hidrojen gaz veya sıvı olarak saf halde tanklarda depolanabileceği gibi, fiziksel olarak karbon nanotüplerde veya kimyasal olarak hidrür şeklinde depolanabilmektedir.Hidrojen ancak uygun nitelikli çelik tanklarda gaz veya sıvı olarak depolanabilir. Ancak gaz olarak depolamada yüksek basınç nedeniyle tank ağırlıkları problem yaratmaktadır. Hidrojen gazını depolamanın belki de en ucuz yöntemi,doğal gaza benzer şekilde yer altında,tükenmiş petrol veya doğalgaz rezervuarlarında depolamaktır. Maliyeti biraz yüksek olan bir depolama şekli ise,maden ocaklarındaki mağaralarda saklamaktır. Hidrojen petrole göre 4 kat fazla hacim kaplar; hidrojenin kapladığı hacmi küçültmek için hidrojeni sıvı halde depolamak gereklidir.Bunun içinde yüksek basınç ve soğutma işlemine ihtiyaç vardır. Sıvılaştırılmış hidrojen yüksek basınç altında çelik tüplerde depolanabilir. Bu yöntem orta ve küçük ölçekli depolama için en çok kullanılan yöntemdir. Ancak büyük miktarlar için oldukça pahalı bir yöntemdir. Çünkü hidrojen enerjisinin yaklaşık ¼'ü sıvılaştırma işlemi için harcanmalıdır. Bir diğer pratik çözüm ise,sıvı hidrojenin düşük sıcaklıktaki tanklarda saklanmasıdır. Uzay programlarında, roket yakıtı olarak sürekli şekilde kullanılan sıvı hidrojen bu şekilde depolanmaktadır. Amerika'da kurulan bir uzay merkezinde depolanan 3400 m^3 sıvı hidrojen yakıt değeri olarak 29 milyon MJ veya 8 milyon kWh'e karşılık gelmektedir. Son yıllarda yapılan çalışmalar sonucu hidrojen karbon nanotüplerde de depolanabilmektedir. Karbon nanotüpler kısaca grafit tabakaların tüp şekline dönüşmüş halidir. Çapları birkaç nanometre veya 10-20 nanometre mertebesinde, boyları ise mikron seviyesindedir. Hidrojen kimyasal olarak metallerde, alaşımlarda ve ara metallerde hidrür olarak depolanabilmektedir. Metal hidrürler hidrojen depolamak için çok uygun bir yöntem olmasına karşın, kendi ağırlıkları ciddi sorun olarak ortaya çıkmaktadır. Özellikle son 10 yıldır yüksek depolama kapasiteleri nedeniyle alüminyum ve bor içeren kompleks hidrürler yoğun olarak çalışılmaktadır. Bor içeren kompleks hidrürler sıvı koşullarda kullanılması nedeni ile de önem taşımaktadır. Bor esaslı sistemler ana olarak sodyum bor hidrürü esas almaktadır. $NaBH_4$, katı halde ağırlıkça %10,5 hidrojen içermektedir. Çözelti halinde, sodyum bor hidrür, aşağıdaki reaksiyona göre hidrojenini vermekte ve sodyum metaborata dönüşmektedir.

$NaBH_4(s)+H_2O \Rightarrow 4H_2 + NaBO_2$

H_2O ve NaOH ilavesi ile sodyum bor hidrürün sıvı içerisindeki miktarı ağırlıkça %20-35 arasında olabilmekte, bu da sistemde ağırlıkça %4,4-7,7 arasında hidrojenin depolanmasına olanak vermektedir

Sodyum bor hidrürde hidrojen depolamanın en önemli üstünlüğü depolanan hidrojenin oda sıcaklığında geri alınabilmesi ve geri alımın katalizör yardımı ile kolaylıkla kontrol edilebilmesidir. Sodyum bor hidrürün hidrojen amaçlı kullanımında en önemli darboğaz ise oluşan metaboratın tekrar $NaBH_4$ dönüştürülmesidir.

5.7. HİDROJEN ÜRETİM YÖNTEMLERİ

Hidrojen evrenin dörtte üçünü oluşturmasına rağmen dünyada genellikle bileşikler halinde bulunur. En yaygın bileşiği ise sudur. Bu nedenle, hidrojenin üretilebileceği kaynaklar su (H_2O) ve fosil yakıtlardır (CxHy). Günümüzde yaygın olarak fosil yakıtlardan (doğalgaz, petrol ve kömür) üretilmektedir ve uzay programları dışında çoğunlukla endüstride (petrokimyada, amonyak, metanol vb sentezinde ve metalürjide) kullanılmaktadır. Dünyada toplam üretim 40 milyon ton ($5,6x10^{18}$J) dolayındadır. Hidrojen üretimi konusunda yapılan çalışmalara ve kuruluşlara bazı örnekler *Tablo 5.9*.'da verilmektedir.

5.7.1. FOSİL YAKITLARDAN HİDROJEN ÜRETİMİ

Fosil yakıtlardan hidrojen üretimi, buharla dönüştürme, kısmi oksidasyon, ısıl parçalanma ve kömür gazlaştırma yöntemleriyle yapılabilir. Bu yöntemlerde yer alan reaksiyonlar ve koşullar *Tablo 5.10*'da verilmektedir.

Fosil temelli hidrojen üretimi
Metan buhar reforming
Sıvı yakıt dönüştürücü reaktörleri
Katalitik yakıt dönüştürme
H2S'ün süper adyabatik parçalanması
CO_2'siz termokatalitik H_2 üretimi
Hidrojen membran ayırma
Kömür gazlaştırma
Metanın ısıl parçalanması
Biyokütle temelli üretim
Biyokütle gazlaştırma
Hızlı piroliz ve katalitik buharla dönüşüm
Biyokütle pirolizi
Süper kritik su, kısmi oksidasyon
Yenilenebilir organik atıklardan biyohidrojen üretimi
Fotoelektrokimyasal/Biyolojik üretim
Fotoelektrokimyasal H_2 üretimi
Fotoelektrokimyasal esaslı doğrudan dönüşüm sistemleri
Suyun elektrolizi ile üretim
Solar fotokatalitik sistem
Algden H_2 üretimi
Algden fotobiyolojik H_2 üretimi
Fotosentetik su parçalanması ile H_2 üretimi
Mikrodalga kültürler ile H_2 üretimi
Glikozdan hidrojenin fotoüretimi
Gaz yakıtlar ve sudan biyolojik H_2 üretimi

Tablo 5.9. HİDROJEN ÜRETİMİ PROSESLERİ

Buharla dönüştürme, genellikle doğal gazın buharla sentez gazına dönüştürülmesi şeklindedir. Sentez gazındaki ($CO+H_2$) karbonmonoksit, su gazı dönüşüm reaksiyonuyla hidrojene dönüştürülür. Daha sonra gaz karışımından hidrojen ayrılır ve saflaştırılır. Buharla dönüşüm reaksiyonu katalitik olduğu için başlangıç yakıtındaki kükürdün atılması gerekmektedir.

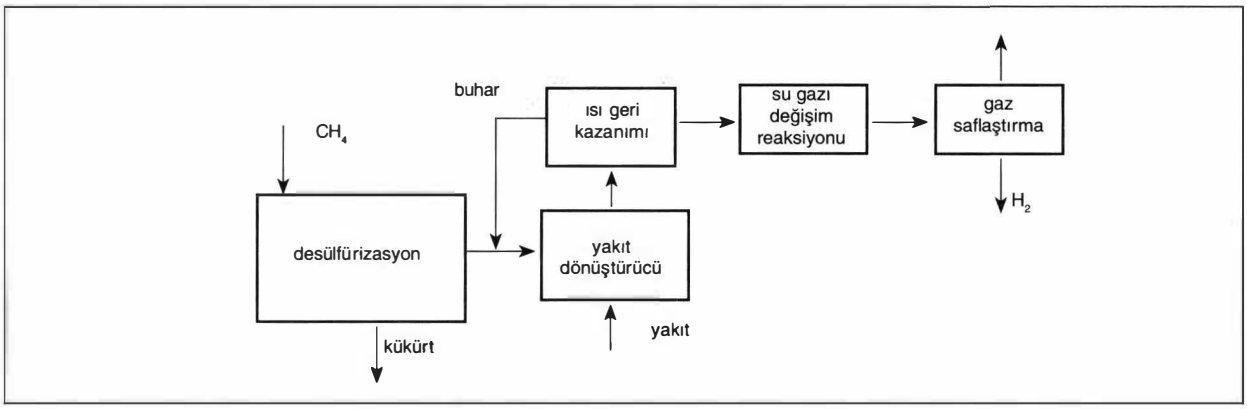
Kısmi oksidasyon, çoğunlukla naftayı buharla dönüştürmek mümkün olmadığı için ağır hidrokarbonlara uygulanır. Yakıt, önce kısmi oksidasyonla sentez gazına dönüştürülür, ardından buharla dönüşüm reaksiyonu uygulanır. Hidrojenden azotun ayrılmasının zorluğu nedeniyle eğer üretilen hidrojen yakıt pilinde kullanılmayacaksa hava yerine saf oksijen kullanılır.

Hidrojen üretimi için kısmi oksidasyon (egzotermik) ve buharla dönüşüm (endotermik) yöntemleri birlikte kullanılabilir. Kısmi oksidasyon soğuk ortamda başlar, yeterli ısı üretildikten sonra endotermik dönüşüm prosesi gerçekleşir. Doğalgaz ve diğer hidrokarbon yakıtlar buhar ve oksijen (veya buhar ve hava) ile eş zamanlı reaksiyona girebilirler. Egzotermik oksidasyon, endotermik dönüşüm için gerekli enerjiyi sağlar. Giren karışımın sıcaklık ve bileşiminin kontrolü uygun reaksiyon sıcaklığının korunması için önemlidir. Bu reaksiyonun başlıca ürünleri CO, CO_2, ve H_2'dir.

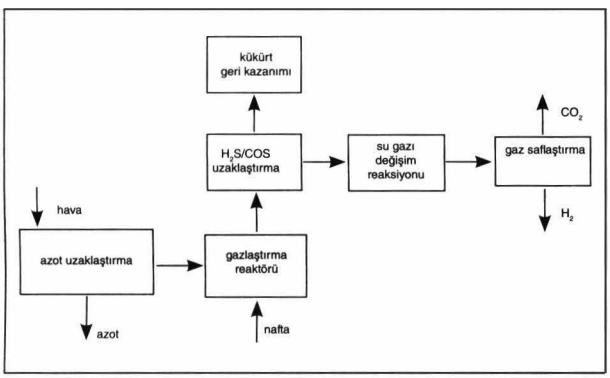
Doğal gazın ısıl parçalanması ile vulkanizasyon ve baskı pigmenti için gerekli karbon siyahı üretilmektedir. Bu üretimin yan ürünü hidrojendir. Bu prosesle üretilen karbon siyahı, yakıt amaçlı kullanılmadığından, CO_2 emisyonuna neden olmadan fosil yakıtlardan enerji üretimi sağlayan tek yöntemdir.

Yöntem	Reaksiyonlar	Koşullar	Katalizör	Verim (%)	Fiyat USD/GJ	Notlar
Buharla dönüşüm	Buharla dönüşüm	700-925°C	Nikel bazlı	65-70	6	Yakıtın kükürdü giderilmeli
	$CH_4 + H_2O \Rightarrow CO + 3H_2$	4-10 M Pa				
	Su gazı değişimi	1. 340-455°C	Cr hızlandırıcılı demir oksitler			
	$CO + H_2O \Rightarrow CO_2 + H_2$	2. 455 MPa	Al'e bindirilmiş bakır ve çinko oksit			
Kısmi oksidasyon	Sentez gazı üretimi	1150-1315°C	Katalizörsüz	50	10*	Yakıt pili dışında kısmi oksidasyon O_2 ile yapılır
	$C_nH_m + n/2\ O_2 \Rightarrow nCO + m/2H_2 + ısı$					
	Buharla dönüşüm					
	$C_nH_m + n\ H_2O + ısı \Rightarrow nCO + (n+m/2)H_2$					
Su gazı değişimi	$CO + H_2O \Rightarrow CO_2 + H_2 + ısı$					
Isıl parçalanma	$CH_4 \Rightarrow C + 2H_2$	800-1400°C				Karbon siyahı ekonomik değeri olan bir yan üründür. CO_2 emisyonu yoktur
Kömür gaziaştırma	$C_nH_m + n/2\ O_2 \Rightarrow n\ CO + m/2\ H_2$				12-14	Atmosferik basınçta yer alır. Kül sorunu vardır.
	$C_nH_m + H_2O + ısı \Rightarrow nCO + (n+m/2)H_2$					
* Yakıt fiyatı 4 USD/J'den az ise						

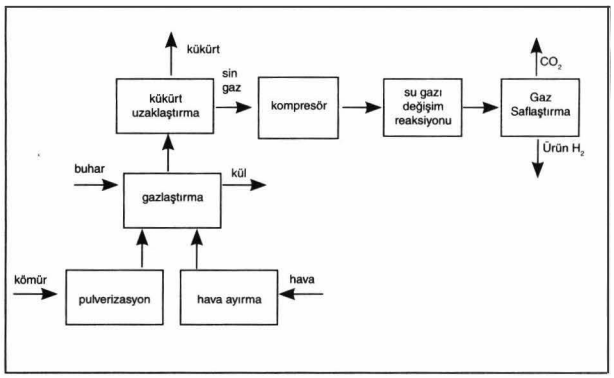
Tablo 5.10. FOSİL YAKITLARDAN HİDROJEN ÜRETİM YÖNTEMLERİ.



Şekil.5.11. DOĞAL GAZDAN BUHARLA DÖNÜŞTÜRME İLE HİDROJEN ÜRETİMİ AKIM ŞEMASI



Şekil 5.12. KISMİ OKSİDASYONLA HİDROJEN ÜRETİM AKIM ŞEMASI



Şekil 5.13. KÖMÜR GAZLAŞTIRMA İLE HİDROJEN ÜRETİMİ AKIM ŞEMASI

Kömür gazlaştırmada (Koppers-Totzek prosesi), pulverize kömür, atmosfer basıncında oksijen ve buharla kısmi oksidasyona sokulur. Sonra değişim ve gaz saflaştırma işlemleriyle hidrojen gazı üretilir (*Şekil 5.11*). Bu yöntemde katı yakıt kullanılması, gazın basıncının artırılması ve yüksek miktarlardaki kül önemli sorunlar ve maliyet artırıcı etkenlerdir.

5.7.2 BİYOKÜTLEDEN HİDROJEN ÜRETİMİ

Dünya nüfusunun hızlı artışına ve gelişen teknolojiye paralel olarak enerjiye olan talep sürekli artmaktadır. Bununla birlikte, fosil yakıt rezervlerinin sınırlı ve yakın bir gelecekte tükenecek olması günümüzde alternatif enerji kaynaklarının daha verimli bir şekilde değerlendirilmesi mecburiyetini doğurmaktadır. Dünyada birçok ülke, tükenebilir enerji kaynakları yerine yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarından daha fazla yararlanma yoluna gitmektedir. Biyokütle, güneş, hidroelektrik, rüzgar, jeotermal enerji yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları arasında yer almaktadır. Biyokütle birincil yenilenebilir enerji kaynakları arasında %43'le hidroelektriğin ardında ikinci sırada yer almaktadır. Sera gazının çevreye olumsuz etkileri ve fosil yakıtların hızla azalması özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimi gerektirmektedir. Biyokütle, her yerde yetiştirilebilmesi, çevrenin korunmasına katkısı, elektrik üretimi, kimyasal madde ve özellikle taşıt araçları için yakıt elde edilebilme özellikleri nedeni ile hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde büyük önem taşımaktadır. Biyokütle miktarı ülkeden ülkeye önemli ölçüde değişmektedir. Alp Dağları ve İskandinavya ülkeleri düşük nüfus ve geniş orman alanlarına sahiptir. Bu yüzden, Avusturya'da toplam enerji tüketiminin yaklaşık %10'u biyokütleden sağlanan enerji ile karşılanmaktadır. Ancak biyokütle sınırsız değildir ve bu nedenle biyokütlenin dönüşüm teknolojilerinin verimi oldukça önemlidir.

Biyokütle, 100 yıllık periyottan daha kısa sürede yenilenebilen, karada ve suda yetişen bitkiler, hayvan atıkları, besin endüstrisi ve orman yan ürünleri ile kentsel atıkları içeren tüm organik maddeler olarak tanımlanmaktadır. Biyokütle kaynakları iki grupta incelenir. Bunlar yaş biyokütle (melas, nişasta, gübre) ve kuru biyokütledir (odun, zirai atıklar gibi). Biyokütlenin doğrudan yakılması ile elde edilen enerji yoğunluğu düşük olduğundan genellikle piroliz veya gazlaştırma gibi yöntemlerle sıvı ve gaz yakıtlara dönüştürülmektedir. *Şekil 5.14*'de değişik biyokütle kaynakları, uygulanan işlemler, biyokütle yakıtları ve dönüşüm teknolojileri topluca görülmektedir.

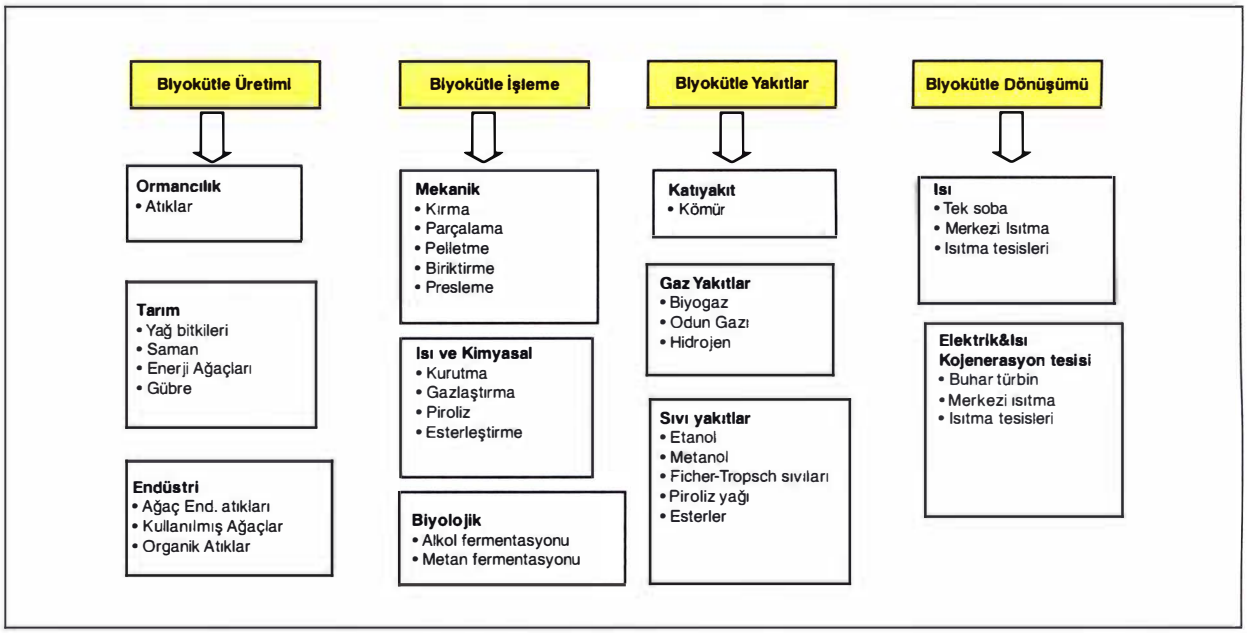
Biyokütleden hidrojene dönüşüm teknolojileri, uygulanan proses, elde edilen ürün türleri veya üretim yöntemlerine göre farklı şekillerde sınıflandırılmaktadır.

Bunlar:

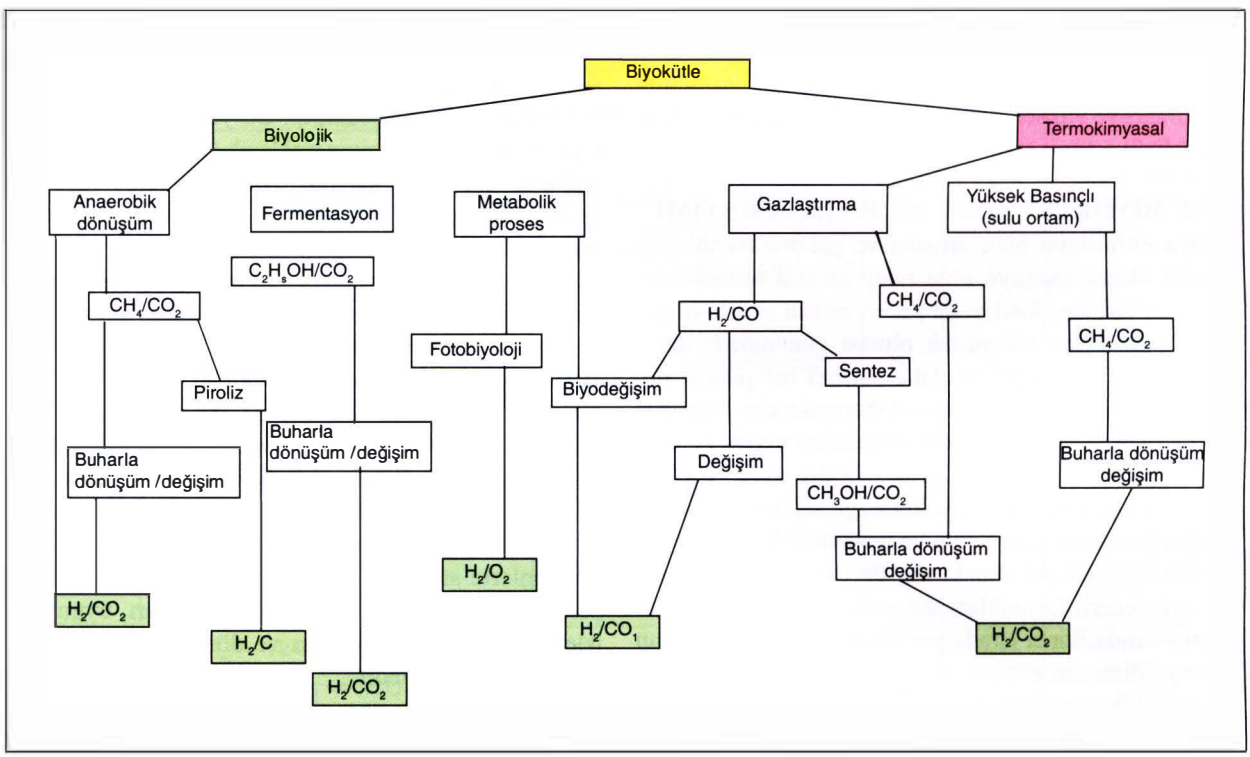
- Doğrudan üretim yolları
- Depolanabilir ara ürünlere dönüştürmedir.

Biyokütleden doğrudan üretim teknolojileri basit olmasına karşın, doğrudan olmayan üretim teknolojileri, ara ürünlerin farklı yerlerde üretimi ve bunun sonucu olarak biyokütlenin taşıma maliyetinin ortadan kaldırılması gibi kolaylıklar sunmaktadır. Bu ara ürünler daha büyük hidrojen üretim kapasiteli merkezlere nakledilmektedir. Her iki dönüşüm teknolojisi de termokimyasal ve biyolojik yollara sahiptir. *Şekil 5.15*'de biyokütleden hidrojen üretim yöntemleri görülmektedir.

Biyokütleden hidrojen üretiminin bir diğer yolu ise, fotobiyolojik oganizmalarla değişim reaksiyonu veya suyu fotosentezle parçalama gibi metabolik işlemlerdir. Tüm bu proseslerde biyokütlenin nem oranı (% olarak su



Şekil 5.14. BİYOKÜTLE KAYNAKLARI, UYGULANAN İŞLEMLER, BİYOKÜTLE YAKITLAR VE DÖNÜŞÜM TEKNOLOJİLERİ (CHUM VE OVEREND, 2001).



Şekil 5.15. BİYOKÜTLEDEN HİDROJEN ÜRETİM YOLLARI

miktarı), karbon/azot oranı (C/N), kimyasal ve fiziksel özellikleri çok önemlidir. Örneğin, içerisinde %35'den daha fazla su içeren biyokütle termokimyasal dönüşüm sonucu elektrik üretimi için uygun değildir. Biyokütle içerisinde yüksek oranda şeker bulunuyorsa bu ürün alkol fermentasyonu ve anaerobik fermentasyon için uygundur. Nemli biyokütlede biyolojik dönüşüm, oda sıcaklığında gerçekleşir. Fermentasyon yoluyla alkol ve metan üretimi yapılır. Isıl işlemde kullanılan biyokütle içerisinde nem %50'nin altında olmalıdır.

Aşağıda biyokütleden doğrudan hidrojen üretimi ve ara ürünlerin oluşmasından sonra hidrojen üretimi için uygulanan prosesler kısaca verilmiştir. Ancak doğrudan hidrojen üretim prosesleri hariç gazlaştırma, piroliz veya fermantasyon prosesleri ile üretilen gaz veya sıvı ürünler sonraki aşamada buharla dönüştürme ve su gazı değişim reaksiyonları gibi klasik proseslerle hidrojene dönüştürülmektedir.

5.7.2.1 Gazlaştırma

Gazlaştırma işleminde biyokütle yanabilir gazlara dönüştürülür. Pratikte gazlaştırma ile, biyokütlenin sahip olduğu enerjinin %60-90'ı gaza aktarılır. Gazlaştırma iki basamaklı endotermik bir prosestir. Birinci basamakta (piroliz) biyokütle, düşük veya orta enerji içerikli gaza termokimyasal olarak dönüştürülmektedir (doğalgaz ile 35 MJ/Nm^3, hava ve oksijen ile sırasıyla 5 ve 15 MJ/Nm^3). Piroliz reaksiyonunda 600°C sıcaklığa kadar yakıtın uçucu bileşenleri buharlaştırılır. Uçucu bileşenler, hidrokarbon gazları, hidrojen, karbonmonoksit, karbondioksit, katran ve su buharıdır. Kömür (sabit karbon) ve kül, pirolizin yan ürünleridir ve buharlaşmazlar. Kömür ikinci basamakta oksijen ve buhar ile gazlaştırılır. 1.000 °C'ye kadar ısıtıldığında karbon da su buharıyla reaksiyona girerek CO ve H_2 oluşturur. Gazlaştırmada önemli olan biyokütlenin nem oranının %30'u geçmemesidir. Yanmamış kömür ise, endotermik piroliz reaksiyonu için gereken ısıyı sağlamak için yakılabilir. Gazlaştırma ile birlikte su gazı değişim reaksiyonu, biyokütleden hidrojen üretimi için yaygın bir prosestir. Gazlaştırma reaksiyonu ile elde edilen karışım %20 H_2, %20 CO, %10 CO_2, %5 CH_4 ve %45 N_2 içerir. Bu karışım daha fazla hidrojen üretimi için su buharı ile reaksiyona sokulur.

Gazlaştırma işlemi doğrudan (hava veya oksijen kullanılarak ısı üretimi) ekzotermik reaksiyonla veya dolaylı olarak reaktöre dışarıdan ısı aktarılarak gerçekleşir. Doğrudan gazlaştırmanın temel avantajı tek aşamalı basit bir işlem olmasıdır. Gazdan biyokütleye olan ısı aktarımı oldukça verimlidir.

5.7.2.2 Piroliz (Karbonlaştırma)

Organik maddelerin oksijensiz ortamda ısıtılması ile ısıl parçalanma prosesidir. Pirolizde dışarıdan ısı uygulanarak biyokütleden parçalanma yoluyla kömür, yağ, katran ve gaz elde edilir. Proses, farklı sıcaklık bölgelerinde gerçekleşir. Yaklaşık 170°C'ye kadar suyun buharlaşması tamamlanır. Yanma ısısının % 6-10'u biyokütleyi kurutmak için harcanır. Bu ısı, kısmi yanma ile sağlanır. 180°C'den yüksek sıcaklıklarda parçalanma reaksiyonları gerçekleşmeye başlar. 200-350°C sıcaklıklar arasında ekzotermik reaksiyonlar meydana gelerek metanol, asetik asit, katran, CO ve su gibi ürünler açığa çıkar. Bu sıcaklıların üzerindeki sıcaklıklarda, ek olarak katran ürünleri oluşur. Piroliz ile biyoyağ olarak adlandırılan sıvı ürün de üretilir. Biyoyağ verimi, biyokütle türüne ve uygulanan sıcaklığa bağlı olarak değişmektedir. Biyoyağ 750-850°C'de, nikel esaslı katalizör üzerinde katalitik buharla hidrojene dönüştürülmektedir. Maksimum verim 17,2 g/100 g biyoyağdır. 500°C'dan daha yüksek piroliz sıcaklıklarında dehidrasyon tepkimeleri gerçekleşir ve hidrokarbonlar, CO_2 ve H_2 oluşur.

5.7.2.3. Alkol Fermentasyonu

1970'li yıllardaki petrol krizinden sonra bazı şirketler biyokütle kimyasallarının üretimi ile ilgilenmişlerdir. Biyokütleden, başta etanol olmak üzere sıvı yakıtların üretimine 1970'li yılların sonlarında başlanmış ve daha sonra kapasiteler artırılmıştır.

Fermentasyon, biyokütlenin mikro-organizmalar ve enzimler ile dönüştürüldüğü biyolojik bir prosestir. Fermentasyon koşullarına göre ürünler değişmektedir. İki yaygın fermentasyon ürünü etanol ve metandır. Lignoselülozik biyokütleden biyoetanol üretimi, dönüşüm teknolojisinde son gelişmelerden dolayı önem kazanmaktadır.

Biyokütle kompleks bir yapıda olduğu için kimyasallara dönüşümü verimli değildir. Örneğin bitkiler selüloz, hemiselüloz ve lignin olmak üzere üç ana bileşen içermektedir. Proseste yalnızca bir bileşiğin kullanılması durumunda diğer bileşenler atık olur ve çoğunlukla proses ekonomik olmaz. Bu nedenle bu bitkilerin ayrılarak kullanımı uygundur. Ancak ayırma zor olduğundan öncelikle termokimyasal proseslerle biyokütle kimyasalları üretilir. Biyokütle kimyasalları, lignoselülozun saflaştırılan bileşenleridir. Etanol, bütanol, aseton, sitrik asit ve ksantan gum içeren kimyasallar için besleme genellikle şeker ve nişastadır. Biyokütlenin mısır gibi nişastalı türleri, özel maya (S.cerevisiae) ve organizmaların varlığında kolayca etanole dönüştürülmektedir. Bununla birlikte, yüksek selüloz içeren biyokütleler, alkolik fermentasyonu ile polisakarit bileşen monosakarite dönüştürüldükten sonra etanole dönüşebilmektedir. Tipik fermentasyonla %10 veya daha az istenen ürün içeren seyreltik ürün karışımı elde edilir ve sonraki aşamada damıtmayla ayrılır. Ayırmada geleneksel yöntem damıtmadır fakat yüksek saflık istenildiğine pervaporasyon da kullanılmaktadır.

Fermentörde etanol üretiminin ısıl verimi yüksektir; ancak prosesin toplam verimi enerji tüketen basamaklar ve yan ürün oluşumundan dolayı düşüktür.

Proses	Hacim	Sabit yatırım [Yen]	Toplam yatırım [Yen]	Fiyat [Yen/GJ H_2]
Dönüştürücü	250/köy	$3,25x10^6$	$780x10^9$	>8
Biyogaz taşıma	1 km, 20,6 GJ/yıl	9.262	$555x10^9$	68
Biyogaz taşıma	50 km, 7.884 GJ/yıl	$8,04x10^6$	$1.928x10^9$	152
Biyogaz depolama	10.811 GJ/gün	$482x10^6$	$231x10^9$	19
Biyogaz işleme	10.811 GJ/gün	$1,03x10^6$	$0,5x10^9$	İhmal edilebilir
Metan taşıma	250 km, $3,95x10^6$ GJ/yıl	$668 x10^6$	$320x10^9$	25
Metan depolama	518.945 GJ/gün	$9,5x10^9$	$95x10^9$	8
H_2'e dönüşüm	21.623 GJ/saat	$2,16x10^9$	$22x10^9$	3
H_2 depolama	430.476 GJ/gün	$26,8x10^9$	$268x10^9$	27
Toplam			**$4.199,5 x10^9$**	

Tablo 5.16. BİYOGAZDAN HİDROJEN ÜRETİMİ İÇİN FİYATLAR

5.7.2.4. Anaerobik Dönüşüm

Metan, anaerobik ortamda nemli biyokütleden üretilebilir. Kompleks organik bileşikler, asidojenik bakterilerin varlığında, ilk olarak düşük molekül ağırlıklı suda çözünür ürünlere dönüşür (karboksilik asit). Metajonik bakteri, oluşan ara ürünleri, sonraki aşamada ısı değeri 20-30 MJ/m^3 arasında değişen gaza dönüştürür. Başlıca gaz bileşeni metan ve karbondioksittir. Azot, fosfor ve potasyum içeren gazlaşmamış katı ürünler ise hayvan besini ve gübre olarak da kullanılabilmektedir. Geleneksel yüksek hızlı dönüşüm prosesi, steril olmayan koşullarda ve atmosferik basınçta ~35°C (mezofilik aralık) veya 55°C'de (termofilik aralık) gerçekleştirilmektedir ve pH 6,8-7,2 aralığındadır. Biyokütlenin metana anaerobik dönüşümünün toplam ısıl verimi, proses tasarımı ve ham madde özelliklerine bağlıdır. Tipik gazlaştırma tesisi, hidroliz, anaerobik dönüşüm, gaz temizleme ve susuzlaştırma birimleri ve sıvı atık giderme birimlerinden oluşmaktadır.

Biyogaz üretim teknolojisi, Asya ve Afrika'nın pek çok ülkesinde kırsal alanlarda oldukça gelişmiştir. Biyogaz teknolojisi, sulu çözeltide insan ve hayvan atıkları gibi selüloz içeren maddelerin havasız ortamda bakterilerle metan üretimine dayanmaktadır. Bugün Güney Doğu Asya ve Afrika'nın çoğu ülkelerinde değişik büyüklükte biyogaz tesisleri mevcuttur. Dönüştürücünün kapasitesi 0,2 m^3'den, 7.600 m^3'e kadar değişmektedir. Dönüştürücü kurma maliyetleri ülkeden ülkeye ve türden türe göre değişkenlik gösterir. Fakat üçüncü dünya ülkelerinde maliyet 100 $/m^3'den azdır. Yaş biyogaz işlemesinde nem, öncelikle basit bir yoğuşturucuyla uzaklaştırılır ve H_2S ve CO_2'den ayrıştırılır. Sonraki aşamada, biyogazdan katalitik buharla dönüşüm prosesi ile hidrojen elde edilir. *Tablo 5.9*'da biyogazdan hidrojen üretimi için üretim fiyatları verilmiştir.

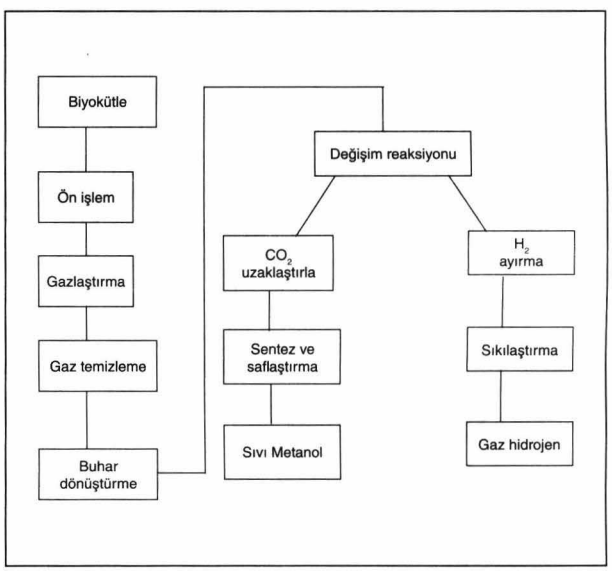
5.7.2.5. Biyolojik Prosesler

Biyolojik proseslerle hidrojen üretimi temel olarak iki şekilde gerçekleştirilmektedir;

- Fotosentetik organizmalar (ışıkla çoğalan organizmalar, fotobiyolojik prosesler) ve alglerle hidrojen üretimi
- CO'den çevre sıcaklığında su gazı değişim reaksiyonu ve mikro-organizmaların yardımıyla hidrojen üretimi

İkinci üretim şekli, biyokütle veya diğer karbon içeren hammaddeler kullanıldığında hidrojen üretimi için önemli potansiyele sahiptir. 25-50°C'de CO, doğadan izole edilen mikro-organizmalarla 0,1 ppm seviyesine düşürülebilmekte ve hidrojen üretilebilmektedir. Üzerinde en fazla çalışılan biyolojik prosesler fotobiyolojik proseslerdir. Aşağıda biyokütleye uygulanan işlemlerle metanol ve hidrojen üretimi için örnek bir yöntem verilmiştir.

Biyokütleden hidrojen üretimi için genel olarak bilinen prosesler dışında süperkritik koşullarda biyokütlenin hidrojene dönüşümü gibi daha az bilinen üretim teknolojileri de mevcuttur.



Şekil 5.17. BİYOKÜTLEDEN METANOL VE HİDROJEN ÜRETİMİ İÇİN YÖNTEM

5.7.2.6. Biyokütleden Metanol ve Hidrojen Üretimi

Biyokütleden metanol ve hidrojen üretim prosesleri benzerdir. *Şekil 5.17*'de biyokütleden metanol ve hidrojen üretimi için bir yöntem verilmiştir. Prosesin ilk aşamasında, gazlaştırma yöntemiyle, biyokütlede kullanılan gazlaştırıcı türüne bağlı olarak değişen miktarlarda CO, H_2, CH_4, CO_2, su buharı ve ilave hidrokarbonlar içeren sentez gazı elde edilmektedir. Sonraki aşamada gaz soğutulur, tanecikler ve diğer kirleticiler uzaklaştırılır. Daha sonra, üretilen metanolün klasik teknolojilerle hidrojene dönüşümü de mümkündür.

5.7.3. SUDAN HİDROJEN ÜRETİMİ

Dünyada yüksek miktarda hidrojen üretimine yetecek kadar su vardır. Sudan hidrojen üretim yöntemleri:

- Doğrudan ısıl bozunma veya termoliz
- Isıl mekanik prosesler
- Fotoliz
- Elektroliz

olarak sıralanabilir. Bunlardan sadece elektroliz yüksek miktarda hidrojen üretiminde kullanılacak kadar geliştirilmiştir. Diğer yöntemler geliştirme aşamasındadır. Japonya'da yürütülen, bu yöntemlerle ilgili bazı araştırmalar aşağıdaki bölümde verilmektedir

5.7.3.1 Suyun Doğrudan Isıl Bozunmasıyla Hidrojen Üretimi

Suyun ısıyla doğrudan bozunması 2.000°K'nin üzerindeki sıcaklıklarda gerçekleşir.

$H_2O \Rightarrow a\ H_2O + b\ OH + c\ H + d\ O + e\ H_2 + f\ O_2$

Bozunma oranı sıcaklıkla artar, 2.000°K'de %1'den, 3.000°K'de %34'e çıkar. Temel sorunlar bu kadar yüksek sıcaklıklarda kullanılabilecek malzemelerin sağlanması ve gaz karışımından hidrojenin ayrılmasıdır. Electro Chemistry Laboratory tarafından yürütülen bir çalışmada yüksek sıcaklıkta sudan hidrojen üretiminde elde edilen gaz karışımının ayrılması üzerinde yoğunlaşılmıştır. Gözenekli alüminyum oksit plakaya kaplanmış saf alüminyum oksit ve alüminyum yüzeye kaplanmış Nb, Ta ve Pd tozu bu amaçla çalışmalarda denenmiştir.

5.7.3.2. Isıl-Mekanik Yöntemlerle Hidrojen Üretimi

Isıl-mekanik döngüyle hidrojen üretimi termolizden daha düşük sıcaklıklarda yer alan ve hidrojen açığa çıkaran bir seri kimyasal reaksiyon döngüsünü içerir. Üzerinde çalışılan binlerce döngüden ancak 20-30'u uygulanabilir görünmektedir. Bunlardan bazıları;

- İyot-magnezyum döngüsü
- Magnezyum-kükürt-iyot döngüsü
- Demir-brom döngüsü
- Sülfürik asit-iyot döngüsü
- Hibrid-sülfürik asit döngüsü
- Hibrid-sülfürik asit-hidrojen bromür döngüsü
- Kalsiyum bromür-demir oksit döngüsü
- Demir klorür döngüsüdür.

Sıcaklığa bağlı olarak %40-50 verimlere ulaşılabilir. Bu çalışmalarda kimyasal ürünlerin ayrılması, reaktör malzemesi ve pilot ölçekli çalışmaların endüstriyel ölçeğe aktarılması gibi konular ana araştırma konularıdır.

Fotokimyasal-Termokimyasal-Elektrokimyasal Döngü :

"Yokohama National University" tarafından 1981'den başlayarak çalışılan bu döngü aşağıdaki reaksiyonlarla tanımlanabilir:

$2\ Fe_3(PO_4)_2 + 3\ I_2 + 2\ H_3PO_4 \Rightarrow 6\ FePO_4 + 6\ HI$ fotoliz

$6\ HI \Rightarrow 3\ H_2 + 3\ I_2$

$6\ FePO_4 + 3\ H_2O \Rightarrow 2\ Fe_3(PO_4)_2 + 2\ H_3PO_4 + 1{,}5\ O_2$ elektroliz

Bu döngünün avantajları, üretilen H_2'in reaksiyon sisteminden kolayca ayrılması, oluşan $FePO_4$'ın kolayca elektroliz edilebilmesi ve reaksiyonun hızlı olmasıdır.

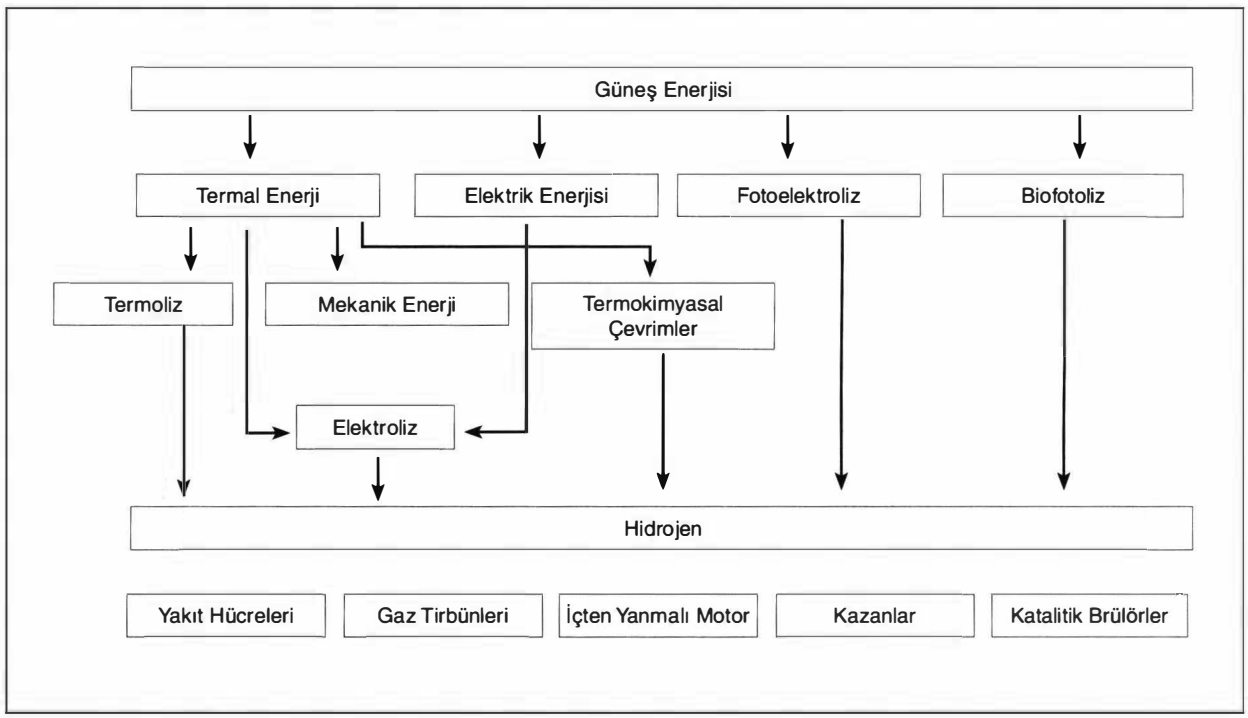
5.7.3.3. Foto Dönüşümler

Fotoliz ya da başka bir deyişle güneş enerjisi yardımıyla sudan hidrojenin doğrudan ayrılması, fotokimyasal düzeneklerle, fotokatalitik proseslerle, fotoelektrokimyasal pillerle veya fotobiyolojik sistemlerle gerçekleştirilebilir. Bu amaçla redoks katalizörleri, kolloidal yarı iletkenler, immobilize enzimler ve mikroorganizmaların kullanımı gibi konularda çok yoğun araştırmalar devam etmektedir.

Japonya'da pek çok üniversite, ulusal ve özel araştırma kurumları tarafından çalışılan bu proses için Honda-Fujishima ve Sagami Central Chemical Research Laboratory'de Sunshine projesi yürütülmüştür. İki aşamalı prosesin, ilk aşamasında bir organik bileşik oluşturulmakta, ikinci aşamada ise su ile organik oksidan indirgenmesi gerçekleştirilmektedir. Kobalt ve rodyum komplekslerinin birinci aşama için, rutenyum kompleksinin ise ikinci aşama için iyi birer foto-katalizör özellik taşıdıkları bulunmuştur.

Güneş enerjisi, bol ve bedelsiz olması ve kirletici olmaması gibi avantajlara sahiptir. Ancak yayılma şekli ve ışınım yapısı dezavantajlarıdır. Yer yüzündeki güneş radyasyonu miktarı, enlem derecesi, yerden yükseklik ve atmosferik koşullar gibi bazı faktörlere bağlıdır. Sonuç olarak herhangi bir bölgede güneş enerjisi sistemi kurmadan önce bazı yerel ve iklimsel özellikler araştırılmalıdır.

Dünyaya ulaşan güneş ışığının dalga boyu, yakın ultraviyoleden (~300 nm) görünür ve infrared bölgeye (~800 nm) ulaşır. Su, bir fotonun doğrudan absorbsiyonu ile hidrojen ve oksijene ayrılabilir. Ancak bu işlem 200 nm'nin altındaki dalga boylarında gerçekleştiğinden pratik değildir. Bazı sistemlerde daha uzun dalga boylarında absorbsiyon sağlanır (örneğin, yüksek yoğunlukta güneş ışıklarının bulunduğu 500 nm) ve uyarılma ile suyun iyonlarına ayrışması gerçekleşir. Bu maddelere fotouyarıcı adı verilir. Rutenyum (2) tri-bipiridil en çok kullanılan bir örnektir. Bu portakal renkli bileşik 450 nm'de absorbsiyon piki verir. *Şekil*



Şekil 5.18. GÜNEŞ ENERJİSİNDEN HİDROJEN ÜRETİMİ

5.18'de güneş enerjisinden hidrojen üretimi için temelde kullanılan farklı metotlar gösterilmektedir.

Güneş enerjisi kullanılarak üretilen hidrojen için bazı farklı yaklaşımlar aşağıda anlatılmaktadır:

a. Fotokimyasal Proseslerle Hidrojen Üretimi

Güneş enerjisi yardımı ile hidrojen üretim yöntemlerinden biri de suyun doğrudan fotokimyasal olarak indirgenmesidir. Görünür ışık kaynağı ile uyarıcı, redoks reaksiyonunu etkiler. Sistemin bir avantajı, çeşitli tipte absorbsiyon karakteristikleri olan uyarıcıların ardarda kullanılarak bir alan için daha yüksek kuantum verimi elde edilebilmesidir. Normal ve uyarılmış haldeki uyarıcıların redoks potansiyelleri farklıdır.

Suyun fotokimyasal olarak indirgenmesi için genellikle bir katalizör gereklidir ve çoğunlukla kullanılan heterojen soy metal katalizörlerdir. Bu metaller genellikle küçük tanecikler halindedir ve çökelmenin engellenmesi için koruyucu bir kimyasal (genellikle polimer) eklenir. Ancak bu madde katalitik aktiviteyi azaltır. Sentez koşullarındaki çok küçük değişiklikler katalizörün aktivitesinde önemli sapmalara neden olabileceğinden böyle bir katalizör ile tekrarlanabilen sonuçlar elde etmek zordur. Ayrıca katalizörün yaşlanması da önemlidir.

Katalizör olarak kolloidal soy metal kullanılan sistemlerde, ayrı bir elektron düzenleyici bileşiğe ihtiyaç vardır. Böyle bir elektron düzenleyici bileşik için karşılaşılacak en önemli sorun bileşiğin çift bağının hidrojenasyonudur. Ayrıca bileşiğin indirgenmiş formu (radikal) oksijene karşı oldukça reaktiftir.

Homojen katalizör kullanımının çökme probleminin olmaması ve yüksek katalitik aktivitesi nedeniyle daha iyi bir çözüm olduğu düşünülmektedir. Ayrıca homojen katalizör ile uyarıcıların daha iyi dağılımı sağlanabilir. Su indirgen katalizörü olarak çeşitli enzimler denenmiş ancak başarı sağlanamamıştır.

b. Fotokatalitik Prosesler

Güneş enerjisi, fotokatalitik veya ışığa duyarlı yarı iletken yüzeylerin fotokimyasal aktivasyonu ile kimyasal olarak depolanabilir. Katalizörün absorbsiyon bandında fotonların absorbe edilmesi, elektron boşluk çiftlerinin oluşmasına sebep olur ve bazıları da fotoışımayla bozunmaya uğrar. Bu yüzden reaktif moleküllerin varlığında fotoışıma çalışmalarının yapılması, uyarılmış durumda katalizörün yüzey yapısının, fotokimyasal olarak elektronların ve boşlukların oluşmasını sağlayan proseslerin anlaşılması için önemlidir.

Suyun çeşitli metallerle yüklenmiş yarı iletkenler kullanılarak oksijen ve hidrojene fotokatalitik olarak parçalanması geniş ölçüde çalışılmıştır. Sodyum karbonatın Pt, RuO_2 ve NiOx gibi metallerle yüklenmiş TiO_2 ve $SrTiO_3$ katalizörü üzerine eklenmesinin sıvı haldeki suyun foto-parçalanmasında önemli bir rol oynadığı görülmüştür. Suyun fotolizi sıvı fazda $RuOx/Pt/TiO_2$ nötral sulu süspansiyonları ve UV ışığı kullanılarak da çalışılmıştır.

Monolitik gözenekli titanyum camı üretmek için pahalı olmayan bir metod saptanmıştır. Yüksek yüzey alanı, metallere gereksinim duymadan sudan hidrojeni fotokimyasal olarak oluşturması yanında pahalı olmayan üretim metodu bu katalizörü diğerleriyle kıyaslandığında birinci sıraya oturtmuştur.

c. Fotoelektrokimyasal Prosesler

Fotoelektrokimyasal hücreler alanındaki çalışmalar son yıllarda geniş ölçüde artmıştır. Elektrotların sıcaklık bağımlılığı ve Y-Ba-Cu-O ve Bi-Sr-Ca-Cu-O gibi süper iletkenlerin fotokimyasal özellikleri araştırılmıştır. Ayrıca silikon ve galyum fotoelektrotların özellikleri güneş enerjisi ile hidrojen üretimi için bir araştırma alanıdır.

Hidrojen sülfürden (H_2S) yarı iletken tozlar ile hidrojen üretimi yakın geçmişte elde edilen ilginç bir gelişmedir. Isıl oksidasyon ile elde edilen hematit ve magnetit bazlı kaplamalar fotoanot olarak kullanılabilir. Hidrojen üretimi için kullanılan fotoelektrotlardaki temel problem fotoanot yüzeyindeki fotokorozyondur.

Güneş enerjisinin depolanabilen bir enerji taşıyıcı olan hidrojene doğrudan dönüşümü prensipte fotoelektrokimyasal olarak mümkündür. Yaş solar hücrelerde elektrolit içinde geri dönüşümlü redoks sistemler kullanılarak yüksek verimle elektrik enerjisine dönüşüm sağlanmasına rağmen görünen ışık kullanılarak suyun doğrudan ayrışması sağlanamamıştır. Son yıllardaki gelişmeler problemlerin anlaşılması ve çözümüne yöneliktir. Asıl sorun yarı iletken elektrolit ara yüzeyindeki modifikasyonun çözülmesidir. Prensipte detaylı araştırmalar yüksek dönüşüm için yarı iletken ve elektrolit arayüzeyinin yüksek kalitede olması gerektiğini doğrulamaktadır.

d. Fotobiyolojik Prosesler

Güneş enerjisinden hidrojen üretimi için biyolojik sistemlerin kullanımı alanındaki çalışmalar fotovoltaik sistemlerle karşılaştırıldığında oldukça sınırlı kalmıştır. Bu alandaki teknolojik gelişmeyi engelleyen en önemli sebep fotosentez olayındaki düşük verimdir. Bitkilerde güneş enerjisinin dönüşümü %1'in altındadır. Bu ise fotovoltaik sistemlerde elde edilen %10 değerinin çok altındadır. Kontrollü laboratuvar koşullarında bitkiler ve algler ışık enerjisini fotovoltaik sistemlerdekine yakın bir etkinlikte dönüştürebilir. Ancak önemli olan bu etkinliği fotosentez reaksiyonunu hidrojen üretimine yönlendirip, hidrojen gazını pratik koşullarda (tam güneş ışığı altında vb.) elde etmektir.

Fotobiyolojik hidrojen üretiminde bitki ve alg fotosentezindeki proses kullanılır. Fakat burada karbon içeren biyokütle yerine hidrojen gazı üretilir. Fotosentez seri halde çalışan iki fotosentetik sistemde ışığın absorbsiyonunu içerir. Bu sistemlerden ilki suyun ayrıştığı ve oksijenin elde edildiği sistem ("fotosistem2" ya da PS2) ikincisi ise CO_2 indirgenmesi için kullanılan indirgeni üreten bir fotosistemdir (PSI). Bu çift proseste 2 foton (her fotosistem için bir tane) her bir elektronun sudan uzaklaştırılmasında ve CO_2 indirgenmesinde ya da hidrojen üretilmesinde kullanılır.

Günümüzde laboratuvarda belirli koşullar altında mikroalgler gibi bazı fotosentetik organizmalar kullanılarak ışık enerjisinin %22'sinin hidrojen gazı ile kimyasal enerjiye dönüştürülmesinin (güneş enerjisinin %10'unun depolanmış enejiye dönüşmesine denktir) mümkün olduğu teorisi hakimdir. Fakat güneş enerjisinin ağaçlarda ve diğer bitkilerde dönüşümü beslenme, hasat gibi bazı kısıtlamalar nedeniyle çok daha düşük, genellikle % 1'in altındadır. Prensipte fotosentezi karbon kütle üretimi yerine hidrojen üretimine yönlendirdiğimizde fotobiyolojik üretim daha etkindir. Bu güne kadar H_2/O_2 üretebilen en verimli fotobiyolojik sistemlerin, yeşil alg ve siyano-bakteri gibi algler olduğu anlaşılmıştır. Yeşil alglerin havasız ortamda inkübasyon sonucu hidrojen ürettiği saptanmış ve verim yaklaşık %10'u bulmuştur. 1995 sonlarında Greenbaum tarafından yayınlanan bir çalışma, *"Chlamydomonas reinhardii"* gibi bazı mutantlarda %15-20 ye yaklaşan verimin mümkün olabileceği gösterilmiştir.

Yeşil alglerde hidrojen gelişim aktivitesi karanlıkta hücrenin aneorobik inkübasyonuyla olur. Yüksek spesifik aktiviteli hidrojenaz enzimi inkübasyon sırasında oluşur ve ışıkla H_2 oluşur. Fotosentetik cihazla ışık absorpsiyonu hidrojen gazının üretimi için esastır. Çünkü ışık enerjisi su moleküllerinin oksidasyonunu, proton ve elektronların uzaklaşmasını, bu elektronların ferrodoksine endergonik taşınımını kolaylaştırır. Fotosentetik ferrodoksin Fe-hidrojenaza elektron verici olarak görev yapmaktadır. Bu koşullar altında hidrojenazın aktivitesi kısa sürelidir (saniyeden bir kaç dakikaya kadar). Çünkü elektron ve protonlara ilave olarak suyun ışıkla oksidasyonu O_2 moleküllerinin serbest bırakılmasını zorunlu kılar. Oksijen Fe-hidrojenaz için güçlü inhibitördür. Bu alandaki teknolojik gelişmeler henüz O_2 ve H_2'in fotoüretim reaksiyonunun sorununu çözememiştir.

Bitkilerde ve alglerde fotosentezi gerçekleştiren kısım güneş ışığının %10-20 üzerindeki ışık yoğunluğunda etkili olarak çalışmaz, yani fotosentez hızı artmaz. Bunun sebebi de ışığı çeken pigmentlerin prosesi gerçekleştiren klorofillere göre yüksek oranda olmaları ve fazla miktarda ışık absorbsiyonudur. Teorik etkinliğe ulaşmak için fotosentez sistemindeki bu pigmentlerin sayısını azaltmak gerekmektedir. Bu fotosentez sistemindeki genel bir problemdir ve sadece fotobiyolojik proseslere bağlı değildir. Fotosentetik etkinliği arttırmadan güneş enerjisiyle hidrojen üretiminin arttırılması mümkün gözükmemektedir.

Bitki ve alg fotosentezi suyun oksijen ve CO_2 ya da protonu karbonhidrat ya da hidrojene indirgeyecek bir indirgen ajana parçalanması ile sonuçlanır. Yeşil bitkilerde hidrojen oluşumunu katalizleyen hidrojenaz enzimi olmadığı için sadece CO_2 indirgenmesi gerçekleşir. Mikroalgler hem ökaryotik tipi (yeşil algler gibi) hem de prokaryotik (kronabakteri ya da mavi-yeşil alg) tipi hidrojenaz enzimlerine sahiptir ve belirli koşullar altında hidrojen üretebilir.

Hidrojenin alg kullanılarak ilk üretimi Gaffron ve Rubin tarafından gösterilmiştir (1942). Daha sonra yapılan çalışmalarda oksijenin suyun ayrışması reaksiyonuna etkileri araştırılmıştır. Doğrudan bir biyofotoliz

reaksiyonunda elektronlar sudan iki fotosistemi geçerek (PS2 ve PS1) hidrojen üreten enzimlere doğru elektron taşıyıcılar (Ferrodoksin, Fd) vasıtasıyla taşınır reaksiyon şu şekildedir.

Doğrudan biyofotoliz reaksiyonu:

$$H_2O \rightarrow PS2 \rightarrow PS1 \rightarrow Fd \rightarrow \text{Hidrojenaz} \rightarrow H_2 \quad (+ O_2)$$

Ancak hidrojen üretim hızı CO_2 indirgenmesinden daha düşüktür. Hidrojenaz enzimi ve reaksiyonun kendisi oksijene karşı çok hassastır ve biofotoliz reaksiyonu sonunda oluşan küçük miktarda oksijen bile hidrojen üretimini engeller. Son 20 yılda çalışmalar oksijen duyarlılığının azaltılması yönünde olmuştur. Hidrojenazın modifikasyonu ile bu problemin üstesinden gelinmeye çalışılmıştır. Ancak oksijen hem hidrojenaz ile hem de hidrojenaz indirgeni (genellikle ferrodoksin) ile reaksiyona girdiği için oksijenin olumsuz etkisinin azaltılması için daha kapsamlı araştırmalar yapılmalıdır.

Alg ve kronobakterilerde hidrojen üretimini sağlayan üç tipte enzim vardır:

- **Tersinir ya da klasik hidrojenaz:** Ferrodoksin ya da diğer elektron taşıyıcılarını hem doğal hem de suni olarak tersinir bir reaksiyonla oksitler.
- **Membran bağlı hidrojenaz:** Düşük kısmi basınçlarda bile hidrojen verir fakat hidrojen üretimi yok denecek kadar azdır.
- **Nitrojenaz enzimi:** Normalde azotu amonyağa indirger fakat azot gazının olmadığı bir ortamda hidrojen verir. Alglerin içinde sadece yeşil alg (kronobakteri) bu enzime sahiptir.

Birçok "yeşil alg" olarak sınıflandırılan alg karanlıkta anaerobik koşullarda hidrojenazın sentezi ve aktivasyonu esnasında hidrojen üretir. Anaerobik ortama adapte edilen bu alg yine anaerobik şartlarda ışığa tutulursa hidrojen üretimi hızlanır. Kronobakteriler deniz ortamında, toprakta ve farklı ekosistemlerde bulunurlar ve biyofotoliz ışığın etkisiyle suyun hidrojen ve oksijene ayrıştırılmasında kullanılırlar.

Yukarıdaki reaksiyonda gösterilen doğrudan biyofotoliz prosesi sadece laboratuvar şartlarında gerçekleşir. Özellikle yeşil alg olarak sınıflandırılan bir çok mikro alg hidrojeni hidrojenaz enziminin aktive edilip sentezlendiği aneorobik şartlarda ve karanlıkta geçen belirli bir zaman içinde üretir. Anaeorobik şartlardaki algler ışığa tutulursa fotosentezdeki şartlar (oksijen oluşumu ve karbondioksit fiksasyonu) yeniden oluşur. Karanlıkta ve ışıkta başlangıç aşamasında oksijen oluşumuna kadar elde edilen hidrojen organik maddelerin parçalanması ile oluşur. Doğrudan biyofotoliz geleneksel fotosentezin ilk aşamasında oluşur ve hücre ortamındaki üretilen oksijen miktarı ile sınırlıdır. Bu yöntemin avantajı karanlık ortamda aneorobik şartlarda ekstra indirgenlerin hidrojen olarak salınımı ve enerji üreten metobolizmaların oluşması ayrıca ışığa tutulduğunda fotosentezin hızla başlamasıdır.

Oluşan oksijenin bir inert gaz yardımı ile uzaklaştırılması doğrudan fotosentez olayının daha uzun bir sürede gerçekleştirilmesi ile mümkündür. Ancak kullanılan inert gaz miktarına karşılık hidrojen üretiminin az olması bu yöntemin uygulanmasını zorlaştırır. Doğrudan fotosentezde oksijenin uzaklaştırılması için diğer yöntem oksijen adsorbe eden glükoz ve glükoz oksit gibi maddelerin kullanılmasıdır. Ancak bu maddelerin rejenerasyonunun kompleks ve yüksek maliyetli olması bu yöntemin dezavantajıdır.

Yüksek oksijen kararlılığı gösteren algal mutantların hidrojen üretimi için kullanımı moleküler genetik alanındaki gelişmiş tekniklerle geliştirilecek bir araştırma konusudur. Oksijen kararlılığına sahip hidrojenaz reaksiyonlarının gerçekleştirilmesine kadar bu alanda teknolojik gelişme mümkün görünmemektedir.

Doğrudan fotosenteze alternatif proseslerde CO_2, fotosentez ve hidrojen üretim reaksiyonlarının arasında elektron taşıyıcı olarak görev yapar. Bu tip doğrudan olmayan sistemler içinde en çok çalışan sistemler azot fiksasyonu yapan kronobakterilere dayanır. Nitrojen fiksasyonu yapan kronobakteriler nitrojenaz yardımı ile hidrojen üretebilir. Ancak bu olay laboratuvar ortamında olan doğada gerçekleşmeyen bir durumdur.

5.7.3.4. Suyun Elektrolizi

Suyun elektrolizi ile hidrojen üretimi 50 yıldan fazla geçmişiyle en gelişmiş hidrojen üretim yöntemidir. Basittir, verimi yüksektir ve hareketli parça içermeyen ekipmanlarda gerçekleştirilir. Uygun bir elektrolitle (KOH, NaOH veya NaCl'nin sulu çözeltileri) doldurulmuş hücrede doğru akım elektrik gerilimi uygulanınca gerçekleşen reaksiyonlar aşağıda verilmektedir.

Katot reaksiyonu:

$$2\,H_2O_{(sıvı)} + 2\,e^- \Rightarrow H_{2(gaz)} + 2\,OH^-_{(çözelti)}$$

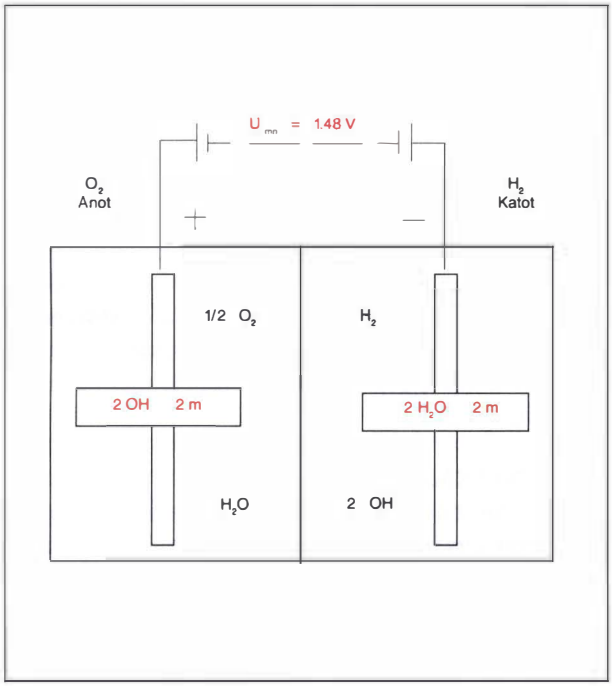
Anot reaksiyonu:

$$2OH^-_{(çözelti)} \Rightarrow H_2O_{(sıvı)} + 0{,}5\,O_{2(gaz)} + 2\,e^-$$

Toplam hücre reaksiyonu:

$$H_2O_{(sıvı)} \rightarrow H_{2(gaz)} + 0{,}5\,O_{2(gaz)}$$

Katot olarak genellikle çelik, anot olarak ise nikel veya nikel kaplı çelik kullanılmaktadır. Çelik katotta hidrojen aşırı gerilimini azaltmak için yüzey çeşitli katalizörlerle kaplanabilir veya aktifleştirilebilir. Anotta en düşük oksijen aşırı gerilimini veren platindir. Ancak maliyet nedeniyle platinden sonra en düşük oksijen aşırı gerilimi olan nikel kullanılır. Gazların birbirine karışmasını önleyen diyafram asbest olabilirse de sağlık nedeniyle seramikler ve hidrofilik polimerler kullanılır (iyon değiştirici polimerik membranlar gibi). Elektrolizör sıcaklığını ve basıncını artırmak gerekli hücre gerilimini azaltır.



Şekil 5.19. SU ELEKTROLİZÖRÜNÜN ŞEMATİK GÖSTERİMİ

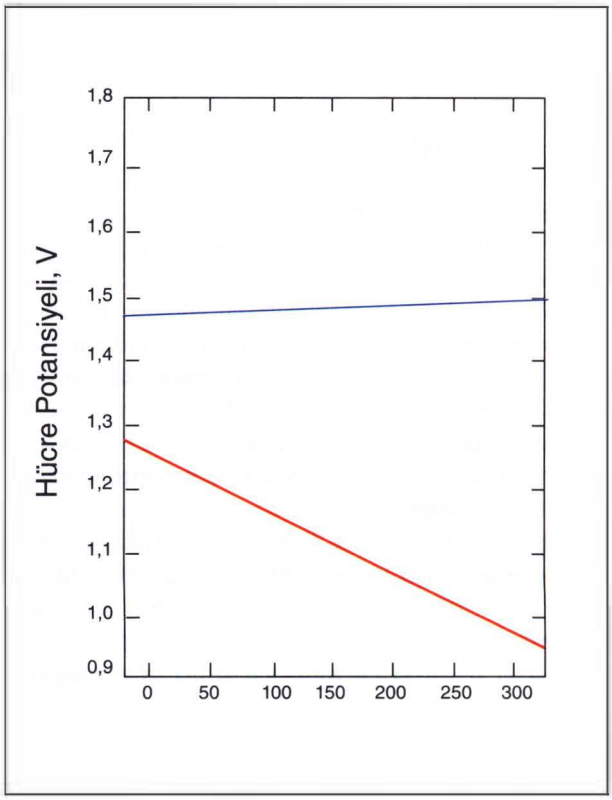
Geri dönüşümlü ayrışma gerilimi (E_{rev} = ΔG/nF) standard koşullarda 1.229 V'dur. ΔH = ΔG + TΔS olduğundan toplam teorik su ayrışma gerilimi 1,48 V'dur. Geri dönüşümsüz reaksiyonlar, hidrojen entalpisi, hücre direnci gibi nedenlerle gerçek gerilim 1,75-2,05 V arasında değişir ki bu %72-82 verim demektir. 1970'lerin sonunda ticari elektrolizörlerde 1-200 atm basınç, 70-95°C sıcaklıkta % 25-35 KOH çözeltisi kullanılarak, 1,84-2,04 V gerilim altında 0,16-1,08 A/cm² akım yoğunluğunda %74-82 enerji verimi sağlanmıştır. Günümüzde verim değeri % 88-94'e çıkmıştır.

Elektrolizörlerin avantajları;

- Yüksek verim
- Düşük maliyet
- Kesikli işletme olanağı
- Çok geniş aralıkta çalışabilme
- Kontrol kolaylığı
- Emniyet

olarak sıralanabilir. Gelişmiş elektrolizör teknolojilerinden bazıları aşağıda verilmektedir.

- İleri Alkali Elektrolizi: Geliştirilmiş yeni elektrot ve membranların kullanıldığı bu proseste verim % 90'a kadar çıkarılabilmiştir.
- Katı Polimer Elektrolitli (SPE) Proses: Bu sistemde bir proton ileten membran hem elektrotları ayırıcı hem de elektrolit olarak kullanılmaktadır. Bu tip elektrolizörler 2 A/cm² kadar yüksek akım yoğunluklarında çalıştırılabilir. Suda iletkenliği sağlamak için ayrıca çözünmüş elektrolite gerek yoktur.
- Yüksek Sıcaklık Su Buharı Elektrolizi: Elektrolit olarak oksijen iyonu ileten seramiklerin kullanıldığı bu tip elektrolizörlerde çalışma sıcaklığı 700-1.000°C arasındadır. Elektrik enerjisi gereksinimi diğerlerine göre düşüktür.



Şekil 5.20. SU ELEKTROLİZİ İÇİN İDEAL ÇALIŞMA KOŞULLARI

Su elektrolizi sistemlerinin kapasiteleri çok küçük ölçeklerden tonlarca hidrojen üretebilen elektrolizörlere değişebildiğinden, fotovoltaikler gibi yenilenebilir kaynaklarla birlikte uygulanabilir. Bu sistemlerde fotovoltaikte düşük gerilimli doğru akım üretilir ve elektrolizde kullanılır. Pek çok fotovoltaik-elektrolizör sistemi ve bir çok deneysel PV-elektroliz tesisi çeşitli yerlerde çalışılmaktadır . Örneğin;

- Almanyada Neanburg vorm Wald'de pilot tesis,
- Suudi Arabistan'da HYSOLAR projesi,
- Arcata Humboldt State University, Kaliforniya' da Schatz Energy Center,
- Finlandiya Helsinki'de Helsinki University of Technology,
- İspanya'da Huelva'da INTA Energy Laboratory,
- Japonya'da The Government Industrial Research Institute, Osaka New Energy Development Organization ve Showa Denko, Hitachi Zosen, Mitsubishi Kakoi'de çalışılan yüksek sıcaklık ve yüksek basınç alkali su elektrolizi,
- Japon Atomic Energy Research Institute tarafından gerçekleştirilen yüksek sıcaklık su buharı elektrolizi.

VI. BÖLÜM
BİYOENERJİ

6.1. BİYODİZEL

Biyodizel, kolza (kanola), ayçiçek, soya, aspir gibi yağlı tohum bitkilerinden elde edilen yağların veya hayvansal yağların, bir katalizatör eşliğinde kısa zincirli bir alkol ile (metanol ve ya etanol) reaksiyonu sonucunda açığa çıkan ve yakıt olarak kullanılan bir üründür. Evsel kızartma yağları ve hayvansal yağlar da biyodizel hammaddesi olarak kullanılabilir.

Biyodizel petrol içermez; fakat saf olarak veya her oranda petrol kökenli dizel yakıt ile karıştırılarak yakıt olarak kullanılabilir.

Saf biyodizel ve dizel-biyodizel karışımları, motor üzerinde herhangi bir modifikasyona gerek kalmadan veya küçük değişiklikler yapılarak herhangi bir dizel motorunda kullanılabilir.

Biyodizel ile dizel karışım oranlarına göre aşağıdaki gibi adlandırılmaktadır:

- B5 : % 5 Biyodizel + %95 Dizel
- B20 : % 20 Biyodizel + %80 Dizel
- B50 : % 50 Biyodizel + %50 Dizel
- B100 : %100 Biyodizel

6.2. BİYODİZEL ÜRETİM YÖNTEMİ

Biyodizel üretiminin çeşitli metotları olmakla birlikte günümüzde en yaygın olarak kullanılan yöntem transesterifikasyon yöntemidir. Transesterifikasyon; yağ asitlerinin (bitkisel yağlar, evsel atık yağlar, hayvansal yağlar) bazik bir katalizör eşliğinde alkol (metanol,etanol vb) ile esterleşme reaksiyonudur. *Şekil 6.1*'de bu işlemlerin kimyasal reaksiyonları görülmektedir. Bu yöntem ile biyodizel üretiminde aşağıdaki işlemler takip edilmektedir.

6.2.1. ALKOL VE KATALİZÖRÜN KARIŞTIRILMASI

Katalizör tipik olarak sodyum hidroksit (kostik soda) veya potasyum hidroksittir. Katalizör, standart bir karıştırıcı ve mikser kullanılarak alkol içerisinde çözülür.

6.2.2. REAKSİYON

Alkol/katalizör karışımı, kapalı reaksiyon kabı içerisine doldurulur ve bitkisel veya hayvansal yağ ilave edilir. Daha sonra alkol kaybını önlemek amacıyla sistem atmosfere tamamen kapatılır. Reaksiyon karışımı, reaksiyonu hızlandırmak amacıyla belli bir sıcaklıkta tutulur ve reaksiyon gerçekleşir. Önerilen reaksiyon süresi 1 ile 8 saat arasında değişmektedir ve bazı sistemler reaksiyonun oda sıcaklığında olmasını gerektirir.

Hayvansal veya bitkisel yağların, kendi esterlerine tamamen dönüştürüldüğünden emin olmak için normalden fazla alkol kullanılır.

Beslemedeki hayvansal veya bitkisel yağların içerisindeki su ve serbest yağ asitlerinin miktarları dikkatlice izlenmelidir. Serbest yağ asidi veya su seviyesinin yüksek olması, sabun oluşumu ve gliserin yan ürününün alt akım olarak ayrılması problemlerine neden olabilir.

6.2.3. AYIRMA

Reaksiyon tamamlandıktan sonra ortaya çıkan iki ana ürün gliserin ve biyodizeldir. Her bir reaksiyonda önemli miktarda metanol oluşur. Gerek görülürse, reaksiyon karışımı bu basamakta nötralize edilir. Gliserin fazının yoğunluğu, biyodizel fazınınkinden çok daha fazla olduğundan, bu iki faz yoğunluk farkı ile ayrılabilir ve gliserin fazı çöktürme kabının dibinden kolayca çekilebilir. Bazı durumlarda, bu iki malzemeyi daha hızlı ayırabilmek amacıyla santrifüj yöntemi kullanılır.

6.2.4. ALKOLÜN UZAKLAŞTIRILMASI

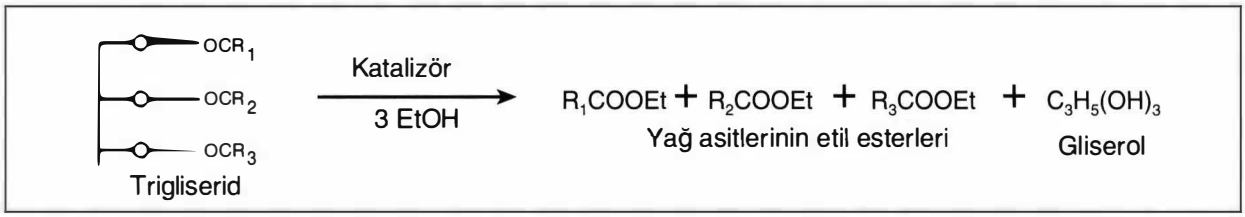
Gliserin ve biyodizelin fazları ayrıldıktan sonra her bir fazdaki fazla alkol, hızlı buharlaştırma veya distilasyon prosesi ile uzaklaştırılır ve reaksiyon karışımı nötralize edilir. Gliserin ve ester fazları ayrılır. Her iki durumda da alkol, distilasyon kolonu kullanılarak geri kazanılır ve tekrar kullanılır. Geri kazanılan alkol içerisinde su bulunmamalıdır.

6.2.5. GLİSERİN NÖTRALİZASYONU

Gliserin yan ürünü, kullanılmamış katalizör ve asit ile nötralize edilmiş sabunlar içerir ve ham gliserin olarak depolama tankına gönderilir. Bazı durumlarda, bu fazın geri kazanılması sırasında oluşan tuz, gübre olarak kullanılmak amacıyla geri kazanılır. Pek çok durumda tuz, gliserinin içerisinde bırakılır. Su ve alkol, ham gliserin olarak kullanılabilen %80–88 saflıkta gliserin elde etmek amacıyla uzaklaştırılır. Daha karmaşık işlemlerde gliserin %99 veya daha yüksek saflığa kadar distile edilir ve kozmetik ve ilaç sektöründe kullanılır.

6.2.6. METİL ESTER YIKAMA İŞLEMİ

Biyodizel, gliserinden ayrıldıktan sonra katalizör kalıntıları ve sabunları uzaklaştırmak amacıyla ılık suyla yavaşça yıkanır, suyu uzaklaştırılır ve depolamaya gönderilir. Bazı proseslerde bu basamak gereksizdir. Bu, açık sarı renkte, petrodizele yakın viskoziteli bir sıvı veren üretim prosesinin sonucudur. Bazı sistemlerde de biyodizel distillenerek saflaştırılabilir.



Şekil 6.1. TRANSESTERİFİKASYON İŞLEMİ

6.3. BİYODİZELİN ÇEVRESEL ÖZELLİKLERİ

Sera gazları içinde büyük bir pay sahibi olan CO_2, dünyanın en önemli çevre sorunu olan küresel ısınmaya neden olmaktadır ve yanma sonucu ortaya çıkan bir emisyondur. Yine yanma sonucu açığa çıkan ve sera gazları arasında yer alan CO, SOx, NOx emisyonları insan sağlığına da zararlıdır.

Biyodizel, tarımsal bitkilerden elde edilmesi ve biyolojik karbon döngüsü içinde fotosentez için CO_2'i kullanıp karbon döngüsünü hızlandırdığı için sera etkisini artırıcı yönde etki göstermez. Yani biyodizel, CO_2 emisyonları için doğal bir yutucu olarak düşünülebilir. Ayrıca biyodizel kullanıldığında CO, SOx emisyonlarının, partikül madde ve yanmamış hidrokarbonların (HC) da daha az salındığı kanıtlanmıştır.

Biyodizelin NOx emisyonları, dizel yakıta göre daha fazladır. Emisyon miktarı, motorun biyodizel yakıta uygunluğuna bağlı olarak değişir. NOx emisyonlarının %13 oranına kadar arttığı test edilmiştir. Bununla birlikte biyodizel kükürt içermez. Bu yüzden, NOx kontrol teknolojileri biyodizel yakıtı kullanan sistemlere uygulanabilir. Konvansiyonel dizel yakıtı kükürt içerdiği için NOx kontrol teknolojilerine uygun değildir.

Ozon tabakasına olan olumsuz etkiler, biyodizel kullanımında dizel yakıta nazaran % 50 daha azdır. Asit yağmurlarına neden olan kükürt bileşenleri biyodizel yakıtlarda yok denecek kadar azdır.

	B100	B20	Dizel
Yanmamış Hidrokarboniar	%7	%70	%100
Karbonmonoksit	%50	%80	%100
Partikül Madde	%70	%78	%100
NOx (Azot Oksitler)	%113	%102	%100
Sülfatlar	%0	%80	%100
Polisikilk Aromatik Hidrokarboniar – PAH (Kanserojen Maddeler)	%20	%87	%100
nPAH (nitratlı PAH'lar)	%10	%50	%100
Hidrokarbonların Ozon Tabakasına Etkisi	%50	%90	%100

Tablo 6.2. BİYODİZEL YAKITLARIN DİZEL YAKITLARA GÖRE SALINIM KARŞILAŞTIRMASI

Biyodizel yakıtlarının yanması sonucu ortaya çıkan CO (zehirli gaz) oranı dizel yakıtların yanması sonucu oluşan CO oranından %50 daha azdır.

Saf biyodizel (B100) ve %20 oranında (B20) biyodizel kullanılması durumunda ortaya çıkabilecek emisyon değerlerinin karşılaştırması *Tablo 6.2*'de verilmektedir. Ayrıca, biyodizelin sudaki canlılara karşı herhangi bir toksik etkisi yoktur. Buna karşılık 1 litre ham petrol, 1 milyon litre içme suyunun kirlenmesine neden olabilmektedir.

6.4. BİYODİZEL YAKITININ TOPLUMSAL FAYDALARI

- Daha az zararlı yanma ürünleri nedeniyle sürdürülebilir gelecek ve sağlıklı bir kalkınma için katkıları büyüktür.
- Fosil kaynaklı motorin ile çalışan bir çok mevcut brülör ve dizel motorlarda kullanılabilir. Bu şekilde motorların emisyonlarında ciddi oranda azalma olacaktır.
- Biyodizel, bitkilerden elde edildiği için kapalı bir CO_2 çevrimi ile sera etkisi bulunmamaktadır.
- Yabancı kaynaklı petrole bağımlılığı azaltması nedeniyle ekonomik ve stratejik katkı sağlar.
- Kırsal kesimin sosyo-ekonomik yapısında iyileşme sağlar ve göçün önlenmesine katkıda bulunur.
- İş imkanları yaratır, yan sanayinin gelişimini sağlar.
- Ekonomide katma değer yaratır.
- Motor ömrünü uzatması ve motorun karakteristik değerlerinde iyileşme sağlamasıyla verimliliği artırır.
- Mevcut dizel motorlarında hiçbir tasarım değiştirmeden kullanılabilen, ticari başarıyı yakalamış bir yeşil yakıttır.

6.5. BİYODİZEL ÜRETİM VE TÜKETİM ALANLARI

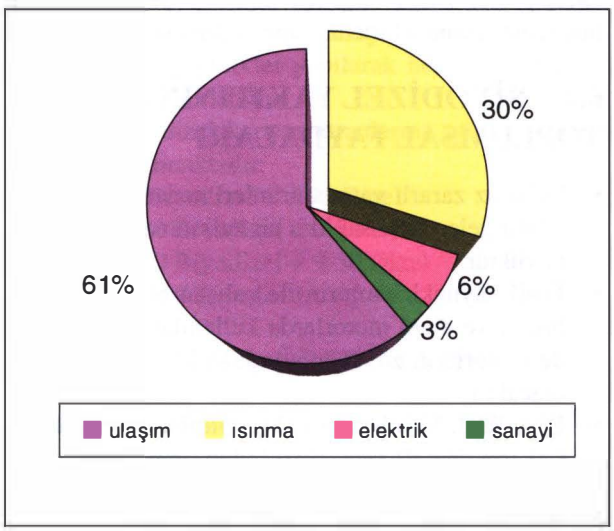
Biyodizel sanayi ölçekli modern tesislerde üretilebildiği gibi küçük ölçekli evsel üretim tesislerinde de üretilebilmektedir.

Biyodizelin sahip olduğu özellikler, alternatif yakıtın dizel motorları dışında da yakıt olarak kullanımına olanak vermektedir. Biyodizel bu nedenle, "Acil Durum Yakıtı" ve "Askeri Stratejik Yakıt" şeklinde adlandırılabilir. Biyodizelin jeneratör yakıtı ve kalorifer yakıtı olarak da değerlendirilmesi mümkündür.

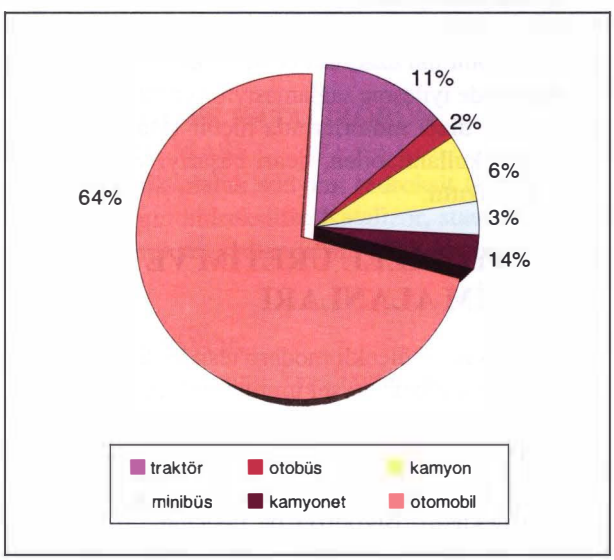
Kükürt içermeyen biyodizel, seralar için mükemmel bir yakıt olabilir. Ayrıca yer altı madenciliğinde ve sanayide (gıda işleme sanayii de dahil) kullanımı önerilmektedir.
Ülkemizde de biyodizel, çok soğuk bölgelerimizin dışında dizelin kullanıldığı her alanda kullanılabilecek bir yakıttır.
Biyodizel, ulaştırma sektöründe dizel yakıtı yerine kullanıldığı gibi konut ve sanayi sektörlerinde de fueloil yerine kullanılabilecek bir yakıttır.

6.5.1. ULAŞTIRMA SEKTÖRÜ

Biyodizel, dizel kullanan motorlarda herhangi bir teknik değişiklik yapılmadan veya bazılarında küçük modifikasyonlar yapılarak kullanılabilir ve dizelin depolandığı koşullarda ve mekanlarda depolanabilir. Bu özelliği nedeniyle ulaştırma sektöründe de yaygın olarak kullanılmaktadır. Gerek tarım makineleri üreticileri gerekse otomobil üretici firmalar biyodizeli yakıt olarak araçlarında kullanma garantisi vermişlerdir. Ülkemizde 2007 yılında sivil dizel yakıt tüketimi 14.000.000 ton olarak gerçekleşmiştir.
Şekil 6.3'de de görüldüğü gibi dizel yakıt tüketiminde en büyük pay %61 ile ulaştırma sektörüne aittir. Isınma için harcanan dizel yakıt miktarı da %30 gibi küçümsenmeyecek bir paya sahiptir.
EİE'nin yapmış olduğu istatistiklere göre 2007 tarihi itibariyle ülkemizdeki motorlu kara taşıtlarının sayısı toplam 10.601.071'dır. Dağılımı *Tablo 6.4*'de verilen kara taşıtlarının %35,37'si dizel yakıtla çalışmaktadır ve ticari araç kategorisindedir.
Otobüs, minibüs, kamyonet, kamyon ve traktörün dizel yakıt kullandığı düşünülerek Türkiye genelinde sayıları *Tablo 6.5*'de verilmiştir.
Ayrıca; ülkemizde dizel yakıtı deniz taşıtlarında da yaygın olarak kullanılmaktadır. Dünyada biyodizelin dizel yerine deniz taşıtlarında kullanımı oldukça yaygındır. Ülkemizde biyodizelin deniz taşımacılığında kullanım potansiyeli *Tablo 6.6*'dan görülebilmektedir.



Şekil 6.3. TÜRKİYE'NİN 2001 YILI DİZEL YAKIT TÜKETİMİNİN SEKTÖRLERE GÖRE DAĞILIMI



Şekil 6.4. ULAŞTIRMA SEKTÖRÜNDEKİ KARA TAŞITLARININ DAĞILIMI (2007)

Araç	Adet
Otobüs	195.148
Minibüs	379.931
Kamyonet	2.004.415
Kamyon	739.732
Traktör	1.347.323

Tablo 6.5. TÜRKİYE GENELİNDEKİ OTOBÜS, MİNİBÜS, KAMYONET, KAMYON VE TRAKTÖR SAYILARI (Temmuz, 2008)

6.5.2. KONUT SEKTÖRÜ

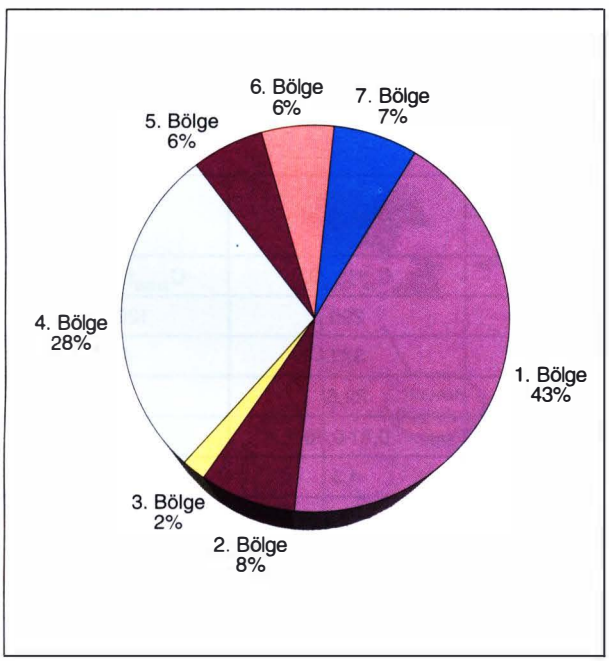
Biyodizel, fueloil yakan kazanlarda da yakıt olarak kullanılabilmektedir. EİE'nin 2004 yılı verilerine göre Türkiye'de toplam 17.096.000 adet konut bulunmakta olup, bu konutlarda tüketilen toplam enerji 16.565.000 TEP'dür. Tüketilen toplam enerjinin 726.000 TEP (% 4,4) kadarı fueloil ile karşılanmıştır.
Şekil 6.7'de verilen istatistik bilgilerinin kapsadığı iller *Tablo 6.8*'de verilmiştir. Bu dağılıma göre biyodizel kullanım potansiyeli ve iklim koşulları itibarıyla biyodizel kullanımına en uygun bölge Marmara Bölgesidir.

6.5.3. SANAYİ SEKTÖRÜ

2004 yılı verilerine göre ülkemiz sanayisinde tüketilen enerji miktarı 27.406.000 TEP olup, bu enerjinin 4.110.900 TEP (%15) kadarı fueloilden karşılanmıştır. 2001 yılı kalorifer yakıtı tüketimi 1.280.098 ton, 6 numaralı fueloil tüketimi ise 6.528.936 ton olarak gerçekleşmiştir.

GEMİ TİPLERİ	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
KURUYÜK	472	479	476	475	469	465	465	460	445	417
DÖKMEYÜK	109	121	157	173	181	171	167	156	154	138
OBO	7	8	9	8	7	6	7	5	1	1
PETROL TANERİ	102	100	99	103	98	98	105	119	125	119
KİMYEVİ MAD.TANK	22	27	31	39	41	43	52	57	58	51
LPG TANKERİ	5	5	7	5	5	5	5	7	6	6
ASFALT TANKERİ	5	5	5	5	5	5	4	3	3	3
SU GEMİSİ	8	11	11	10	10	10	10	10	10	12
RO/RO	8	14	22	24	25	29	28	30	29	26
KONTEYNER	0	1	3	7	11	18	25	28	34	39
FERİBOT	13	14	15	16	17	19	19	19	20	20
TREN FERİSİ	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
FRIGORİFİK	0	0	1	1	1	1	1	3	3	2
BALIKÇI GEMİSİ	17	20	31	42	42	42	44	54	55	52
YOLCU&YOLCU YÜK	31	31	33	35	36	40	42	39	39	31
BİLİMSEL ARAŞ.	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4
ŞEH.HAT./DEN.OTO.	75	75	71	68	72	73	72	73	74	76
ŞEH.HAT.ARABALI	31	30	26	25	26	26	26	28	28	20
ROMORKÖR/HİZMET	96	97	134	131	139	141	158	167	165	157
DİĞER	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
TOPLAM	1.012	1.050	1.143	1.179	1.197	1.204	1.242	1.270	1.261	1.185

Tablo 6.6. TÜRKİYE'DEKİ DENİZ TAŞITLARININ SAYISI (1993-2002)



Şekil 6.7. KONUTLARDA TÜKETİLEN FUELOİLİN BÖLGELERE GÖRE DAĞILIMI

Bölge	Coğrafi Bölge	Kapsanan İller
1	Marmara	Balıkesir, Bilecik, Bursa Çanakkale, Edirne, İstanbul, Kırklareli, Kocaeli, Sakarya, Tekirdağ, Yalova
2	Ege	Aydın, Denizli, İzmir, Kütahya, Manisa, Muğla, Uşak, Afyon
3	Akdeniz	Adana, Antalya, Burdur, Hatay, Isparta, İçel Kahramanmaraş
4	İç Anadolu	Ankara, Eskişehir, Çankırı, Kayseri, Kırşehir, Konya, Nevşehir, Niğde, Sivas, Yozgat, Aksaray, Karaman, Kırıkkale
5	Karadeniz	Amasya, Bolu, Çorum, Kastamonu, Samsun, Sinop, Bartın, Zonguldak, Artvin, Giresun, Gümüşhane, Ordu, Rize, Tokat, Trabzon, Bayburt, Karabük
6	Doğu Anadolu	Ağrı, Bingöl, Bitlis, Elazığ, Erzincan, Erzurum, Hakkari, Kars, Malatya, Muş, Tunceli, Van
7	Güneydoğu Anadolu	Adıyaman, Diyarbakır, Gaziantep, Mardin, Siirt, Şanlıurfa, Batman, Kilis

Tablo 6.8. ŞEKİL 6.6'DA VERİLEN BÖLGELERİN KAPSADIĞI İLLER

SEKTÖR ADI	ENERJİ TÜKETİMİ (Bin TEP)
Sanayi	30.996
Konut ve Hizmet	23.860
Ulaştırma	15.010
Tarım	3.610
Diğer	27.470

Tablo 6.9. 2006 YILINDA SEKTÖRLERE GÖRE ENERJİ TÜKETİM MİKTARLARI

6.6. BİYODİZELİN YAKIT OLARAK TEKNİK ÖZELLİKLERİ

Biyodizelin alevlenme noktası, dizelden daha yüksektir (>110°C). Bu özellik biyodizelin kullanımı, taşınımı ve depolanmasında daha güvenli bir yakıt olmasını sağlar.

Biyodizel, petrol kaynaklı dizel ile her oranda tam olarak karıştırılabilmektedir. Bu özellik petrol kaynaklı dizelin kalitesini yükseltir. Örneğin yanma sonucu oluşan çevreye zararlı gazların emisyon değerlerini düşürür, motordaki yağlanma derecesini artırır ve motor gücünü azaltan birikintileri çözer.

Biyodizelin setan sayısı, dizelin setan sayısından daha yüksek olduğu için motor daha az vuruntulu çalışmaktadır.

Petrol dizeline göre yanmamış hidrokarbon oranı %90, kanserojen etkisi olan aromatik hidrokarbon oranı ise %75-90 daha azdır.

Biyodizel, dizel yakıt kullanan motorlarda herhangi bir teknik değişiklik yapılmadan veya küçük değişiklikler yapılarak kullanılabilir. 1996 yılı öncesinde üretilen bazı araçlarda kullanılan doğal kauçuk malzemesi biyodizel ile uyumlu kullanılamamıştır. Çünkü biyodizel, doğal kauçuktan yapılan hortum ve contaları tahrip etmiştir. Ancak, bu problemler B20 (% 20 biyodizel - % 80 dizel) ve daha düşük oranlı biyodizel/dizel karışımlarında görülmez. Bununla birlikte, biyodizelin çözücü özelliği nedeniyle dizel yakıtının depolanmasından kaynaklanan ,yakıt deposu duvarlarındaki ve borulardaki kalıntıları çözdüğü için filtrelerin tıkanmamasına yönelik önlemler alınmalıdır. Ayrıca yakıt istasyonları ve araç tamirhanelerinde herhangi bir değişikliğe gerek yoktur.

Tablo 6.10'da dizel ile biyodizelin yakıt özellikleri karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Bu değerler incelendiğinde her iki yakıt arasında büyük farklılıklar olmadığı görülmektedir.

6.7. DAĞITIM VE TÜKETİM AŞAMALARINDA DEPOLAR VE MOTORLAR ÜZERİNDE UYGULANAN ÖNLEMLER

Dizel için gerekli dağıtım ve depolama yöntem ve kuralları biyodizel için de geçerlidir. Biyodizel temiz, kuru, karanlık bir ortamda depolanmalı, aşırı sıcaktan kaçınılmalıdır. Depo tankı malzemesi olarak yumuşak çelik, paslanmaz çelik, florlanmış polietilen ve florlanmış polipropilen seçilebilir.

Depolama, taşıma ve motor malzemelerinde bakır, kurşun, çinko kullanılmaması önerilmektedir. Bazı elastomerlerin, doğal ve butil kauçukların kullanımı da sakıncalıdır; çünkü biyodizel bu malzemeleri parçalamaktadır. Bu gibi durumlarda biyodizelle uyumlu Viton B tipi elastomerik malzemelerin kullanımı önerilmektedir. Depolama tanklarının bileşiminde aluminyum, çelik, florlanmış polietilen, florlanmış polipropilen ve teflon bulunabilir ancak bakır, pirinç, kurşun, kalay ve çinko bulunmamasına dikkat edilmelidir.

Biyodizelin alevlenme sıcaklığı, dizel yakıta nazaran daha yüksektir. Bu nedenle taşınması ve depolanması

Yakıt Özellikleri	Birim	Sınır Değeri	Biyodizel	Dizel
		Min-Maks.		
Kapalı Formül			$C_{19}H_{35,2}O_2$	$C_{12,226}H_{23,29}S_{0.0575}$
Molekül Ağırlığı	g/mol		296	120-320
Kütlesel Alt Isıl Değer	MJ/kg		37,1	42,7
Hacimsel Alt Isıl Değer	MJ/l		32,6	35,5
Özgül Ağırlığı (15°C)	kg/l	0,875-0,90	0,87-0,88	0,82-0,86
Kinematik Vizkosite (40°C)	mm^2/s	2-4,5	4,3	2,5-3,5
Tutuşma Noktası	°C	55>	>100	>55
Kükürt İçeriği	% Kütlesel	<0,05	<0,01	<0,05
Tutuşma Katsayısı	Setan Sayısı	49-..	>55	49-55
Kül	% Kütlesel	<0,01	<0,01	<0,01
Su Miktarı	mg/kg	<200	<300	<200

Tablo 6.10. DİZEL YAKIT VE BİYODİZELİN YAKIT ÖZELLİKLERİ

daha güvenli bir yakıttır.
Almanya'da 1996 yılından itibaren piyasaya sürülen VW ve AUDI motorlu araçların hepsinde ve Mercedes kamyonlarında biyodizel kullanımı tamamıyla serbest bırakılmıştır. Taksi amaçlı kullanılan Mercedes otomobiller de kullanımda serbesttir.
Fransa'da Sofiproteol, Rouen, Novaol gibi biyodizel üreticileri, Peugeot, Citroen, Renault gibi otomotiv üreticileri ve Elf, Total gibi petrol firmaları genelinde Avrupa Birliği politik desteği ile gerçekleşen biyodizel üretimi kolza yağından sağlanmaktadır.

6.8. BİYOGAZ

6.8.1. BİYOGAZ NEDİR?

Biyogaz, organik maddelerin, anaerobik (oksijensiz) ortamda, farklı mikroorganizma gruplarının varlığında, biyometanlaştırma süreçleri (havasız bozunma - biyolojik bozunma - mikrobiyal bozunma - anaerobik fermentasyonun kontrollü süreci) ile elde edilen bir gaz karışımıdır. *Şekil 6.11*'de fotosentez, biyogaz üretimi ve kullanımı döngüsü şematik gösterilmektedir.
Biyogaza "Bataklık Gazı", "Gübre Gazı", "Gobar Gaz" gibi isimler de verilmektedir. Biyogaz; renksiz, yanıcı, ana bileşenleri metan ve karbondioksit olan, az miktarda hidrojen sülfür, azot, oksijen ve karbonmonoksit içeren bir gazdır. Genellikle organik maddenin %40 - %60 kadarı biyogaza dönüştürülür. Biyogazın genel bileşimi %60 CH_4 ve %40 CO_2'den oluşmakta ve ısıl değeri 17 - 25 MJ/m^3'tür. Geri kalan atık ise kokusuz, gübre olarak kullanmaya uygun bir katı veya sıvı atıktır. *Tablo 6.12*'de biyogaz bileşim değerleri sunulmaktadır.

BİLEŞENLER	Hacimsel Yüzdesi
CH_4: Metan	40-80
CO_2: Karbon dioksit	20-50
H_2S: Hidrojen sülfür	0,0005-0,0002
NH_3: Amonyak	0,0005-0,0001
N_2: Azot	0-3
H_2: Hidrojen	0-5

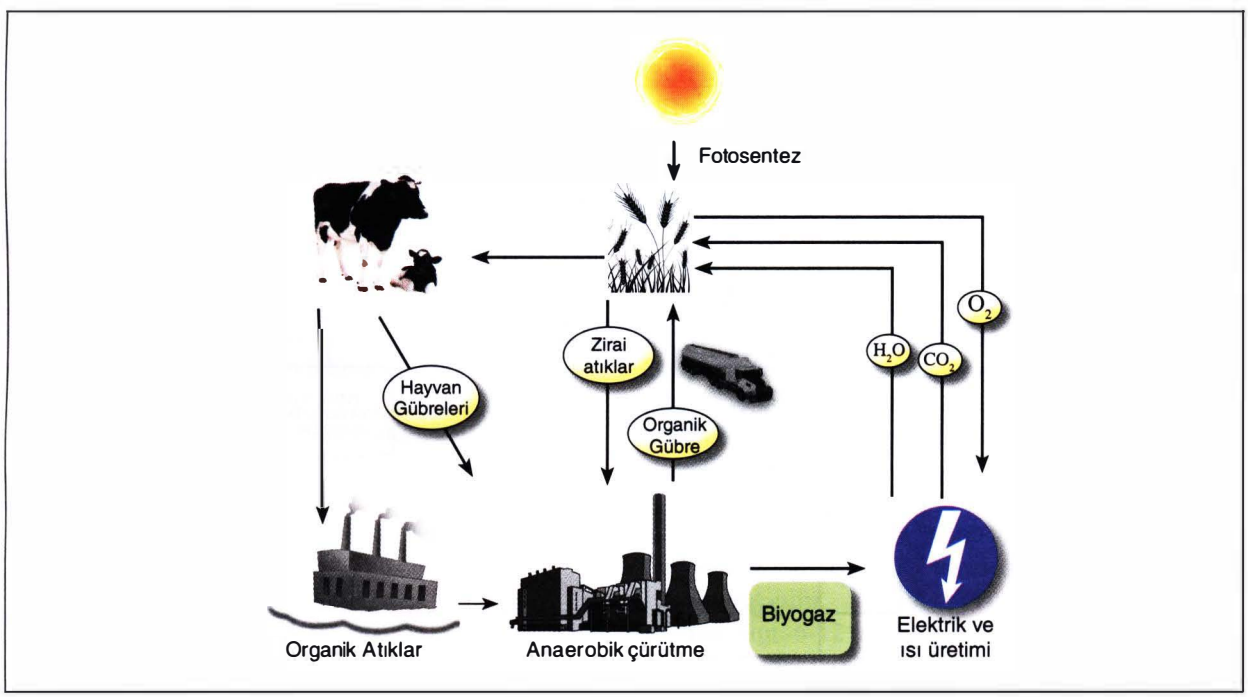
Tablo 6.12. BİYOGAZ BİLEŞİMİ

6.8.2. BİYOGAZIN KULLANIM ALANLARI

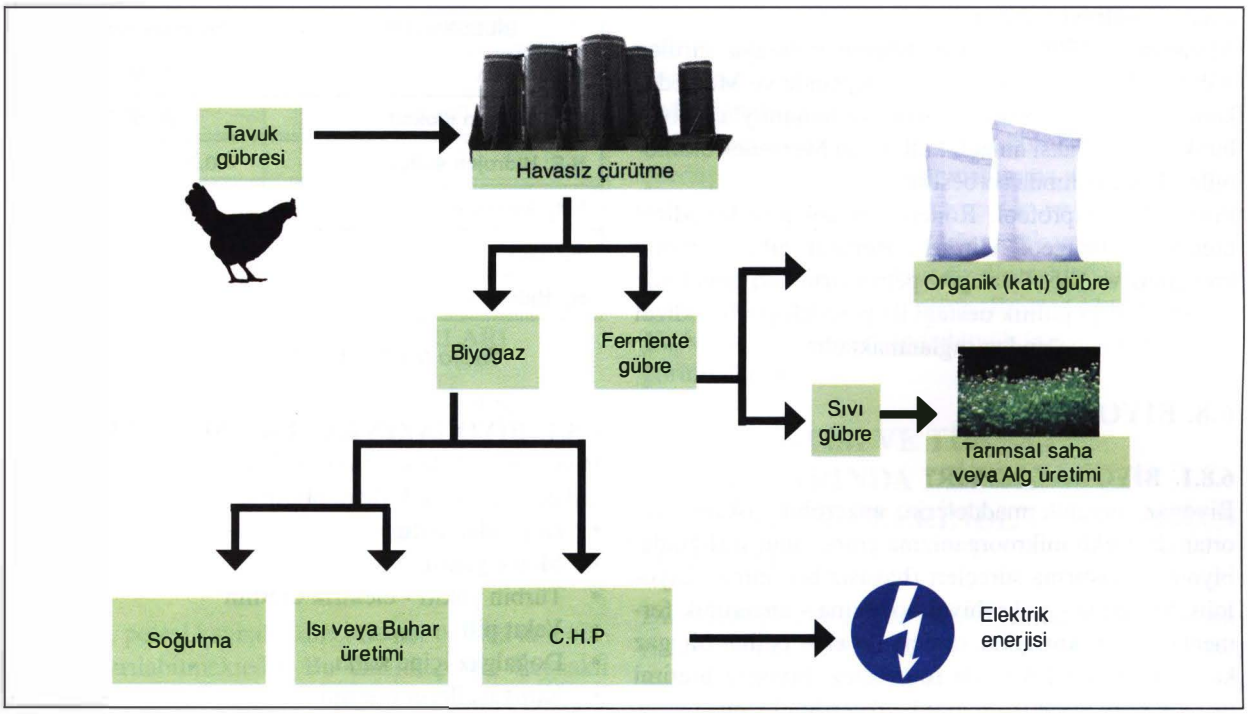
Biyogaz, doğalgaza alternatif bir gaz yakıt olarak aşağıdaki alanlarda kullanılabilir:

- Doğrudan ısıtma
- Motor yakıtı
- Türbin yakıtı - elektrik üretimi
- Yakıt pili
- Doğalgaz içine katkı
- Kimyasalların üretimi

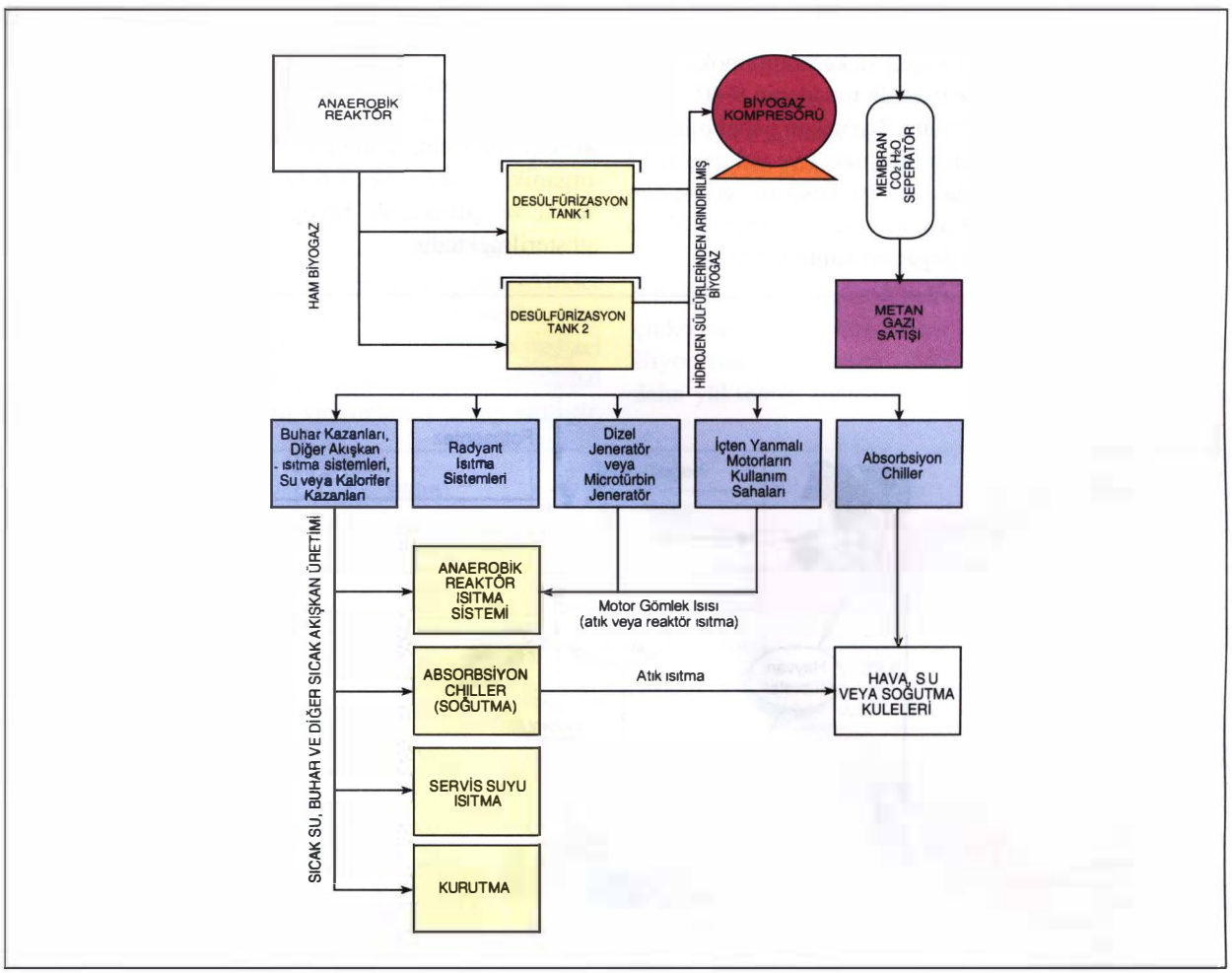
Biyogaz sistemleri, kullanıcılar için pek çok bakımdan avantaja sahiptir. Her şeyden önce biyogaz sistemlerini kullananlar, bu sistemleri organik gübre ve enerji üretiminin doğal bir kaynağı olarak görmelidirler. Biyogaz üniteleri, genellikle enerji üreten sistemler olarak görülmektedir. Bu yaklaşım doğrudur. Fakat bir biyogaz sisteminden elde edilen en önemli ürün enerji değil, organik gübredir. *Şekil 6.13* ve *Şekil 6.14*'de biyogaz tesisi ve çiftliklerde biyogazın kullanım seçenekleri gösterilmektedir.



Şekil 6.11. FOTOSENTEZ BİYOGAZ DÖNGÜSÜ



Şekil 6.13. BİYOGAZ TESİSİ



Şekil 6.14. ÇİFTLİKLERDE BİYOGAZ KULLANIM SEÇENEKLERİ

6.8.3. BİYOGAZIN DİĞER YAKITLARLA KARŞILAŞTIRILMASI

ÖZELLİKLER	DOĞAL GAZ	BİYOGAZ
Bileşimde hacimce oranı	95 – 98	55 – 65
Mol Ağırlığı, kg/mol kg	16,04	26,18
Yoğunluk, kg/m³	0,82	1,21
Isıl Değer, MJ/m³	36,14	21,48
Maksimum Tutuşma Hızı, m/san	0,39	0,25

Tablo 6.15. DOĞAL GAZ VE BİYOGAZ ÖZELLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

YAKIT CİNSİ	ISIL DEĞER, kcal/kg	BİYOGAZ MİKTARI KARŞILIKLARI
1 kg No:6 Fuel- Oil	9.200	0,56 kg
1 kg Karışık Dökme Gaz	11.000	0,46 kg
1 kg Propan Dökme Gaz	11.000	0,46 kg
Sıvılaştırılmış Petrol Gazı-45 kg tüp	11.000	0,46 kg
1 kg Motorin	10.200	0,50 kg
1 m³ Doğalgaz	8.250	0,62 m³
1 kg Soma Kömürü	4.700	1,09 kg
1 kg İthal Linyit Kömürü	6.500	0,79 kg

Tablo 6.16. BİYOGAZIN DİĞER YAKITLARLA KARŞILAŞTIRILMASI (BİYOGAZ METAN MİKTARI : %60)

6.8.4. BİYOGAZ ÜRETİMİNDE KULLANILABİLECEK ATIKLAR

- Hayvancılık atıkları
- Zirai atıklar
- Orman endüstrisi atıkları
- Deri ve tekstil endüstrisi atıkları
- Kağıt endüstrisi atıkları
- Gıda endüstrisi atıkları (çikolata, maya, süt, içecek üretimi)
- Sebze, meyve, tahıl ve yağ endüstrisi atıkları
- Bahçe atıkları
- Yemek atıkları
- Hayvan gübreleri (büyükbaş hayvancılık, küçükbaş hayvancılık, tavukçuluk)
- Şeker endüstrisi atıkları
- Evsel katı atıklar
- Atık su arıtma tesisi atıkları

Tablo 6.17'de çeşitli kaynaklardan elde edilebilecek biyogaz verimi ve gazdaki metan miktarı verilmektedir.

KAYNAKLAR	BİYOGAZ VERİMİ (l/kg)	METAN ORANI (Hacimsel Yüzdesi)
Sığır Gübresi	90-310	65
Kanatlı Gübresi	310-620	60
Domuz Gübresi	340-550	65-70
Buğday Samanı	200-300	50-60
Çavdar Samanı	200-300	59
Arpa Samanı	290-310	59
Mısır Sapları ve Artıkları	380-460	59
Keten	360	59
Kenevir	360	59
Çimen	280-550	70
Sebze Atıkları	330-360	Değişken
Ziraat Atıkları	310-430	60-70
Yerfıstığı Kabuğu	365	-
Dökülmüş Ağaç Yaprakları	210-290	58
Alg	420-500	63
Atık Su Çamuru	310-800	65-80

Tablo 6.17. ÇEŞİTLİ KAYNAKLARDAN ELDE EDİLEBİLECEK BİYOGAZ VERİMLERİ VE BİYOGAZDAKİ METAN MİKTARLARI

6.8.5. BİYOGAZ ÜRETİMİ

Biyogaz teknolojisi, ilk yatırım maliyetini kısa sürede geri ödeyen, pahalı olmayan bir sistemdir. Bu sistem, enerji ve gübre üreten bir fabrika olarak düşünülebilir. *Şekil 6.13*'de biyogaz tesisi ürünleri gösterilmektedir. Görüldüğü gibi sistemden, ısı, elektrik, sıvı gübre, katı gübre ve yüksek kalitede gübre elde edilmektedir.

Biyogaz üretiminde yaygın olarak kullanılan reaktör çeşitleri aşağıdaki gibidir:

- Sabit Kubbeli veya Çin Tipi
- Hareketli Kubbeli veya Hint Tipi
- Torba Tipi veya Tayvan Tipi

Bu reaktörler tropik iklime uygundurlar ve ülkemiz koşullarında verimli kullanımları mümkün değildir. Günümüzde biyogaz üretiminde kullanılan reaktör ve sistemler, kullanılan atığın katı madde içeriğine göre sınıflandırılmakta ve uygun reaktör tipi seçilmektedir. Biyogaz üretiminin, gelişmiş reaktör teknolojileri ile, ülke koşulları dikkate alınarak yapılması gerekmektedir.

Biyogaz üretimi, kesikli veya sürekli yöntemlerle gerçekleştirilebilir. Biyogaz tesisleri aşağıdaki kapasitelerde kurulabilir.

- Aile Tipi: 6-12 m³
- Çiftlik Tipi :50-100 m³
- Köy Tipi :100-200 m³
- Büyük Tip:1.000-10.000 m³

6.8.6. BİYOGAZ TESİSLERİNİN TASARLANMASINDA DİKKAT EDİLECEK KONULAR

- **Tesisin Özellikleri**
  - Tesis yeri seçimi
  - Uygun tesis inşaatı
  - Tesis enerji gereksiniminin belirlenmesi
  - Tesisin ısıtılması – yalıtımı
- **Hammadde Özellikleri**
  - Cins ve miktar
  - Yoğunluk
  - Kuru madde içeriği
  - Tanecik büyüklüğü
  - Karbon/Azot oranı
  - Organik asit içeriği
  - Toksik madde içeriği
- **Reaktör Tasarımı**
  - Tip
  - Kapasite
  - Çalışma koşulları
- **Biyometanlaştırma Süreci**
  - Uygun mikro organizma seçimi
  - Sıcaklık
  - pH
- **Biyogaz**
  - Bileşim
  - Isıl değer
  - Tesis içi kullanım koşulları (ısı ve elektrik üretimi bileşenlerinin belirlenmesi)
  - Depolanma, taşıma, kullanım koşullar
- **Gübre**
  - Sıvı veya katı form
  - Depolanma, taşıma, kullanım koşulları

Biyogaz üretimi, organik atıkların uygun koşullarda kontrollü olarak depolanmasını sağlar. Çiftlik kökenli organik atıkların kontrolsüz depolanması yer altı ve yerüstü sularının, toprağın ve havanın kirlenmesine neden olur. Gübrenin içerdiği azotlu bileşenler, toprakta depolarur, yıkanır ve gaz halinde atmosfere karışır. Azot, nitrat formunda (NO_3-) yer altı suyuna karışarak, amonyak halinde (NH_3) azot oksit yağmurları ile ve azot oksit (N_2O) yapısında da sera etkisine neden olarak çevreyi kirletir. Ayrıca, gübreden metan gazı (CH_4) çıkışı havayı kirletmektedir. Azot oksitler, ozon tabakası için karbondioksitten (CO_2) 150 kat daha fazla zararlıdırlar. Biyogaz üretimi sonrasında organik yapıdaki C/N oranı küçülür; böylece NH_3 , CH_4 ve N_2O ve nitrat kirleticileri azalır.

6.9. BİYOGAZ VE TÜRKİYE

Biyogaz kullanımı Asurlular'a kadar dayanmaktadır. Asurlular ve daha sonra İranlılar banyo ısıtılmasında biyogazı kullanmışlardır. 17. yüzyılda Jan Baptita Van Helmont, organik maddelerin bozunumu ile gaz oluştuğunu, 1776'da Alessandra Volta organik maddelerin bozunma hızı ile, yanıcı gaz miktarı arasında bir paralellik olduğunu ortaya koymuştur. İlk kez 1859 yılında Hindistan'da biyogaz üretilmiştir.

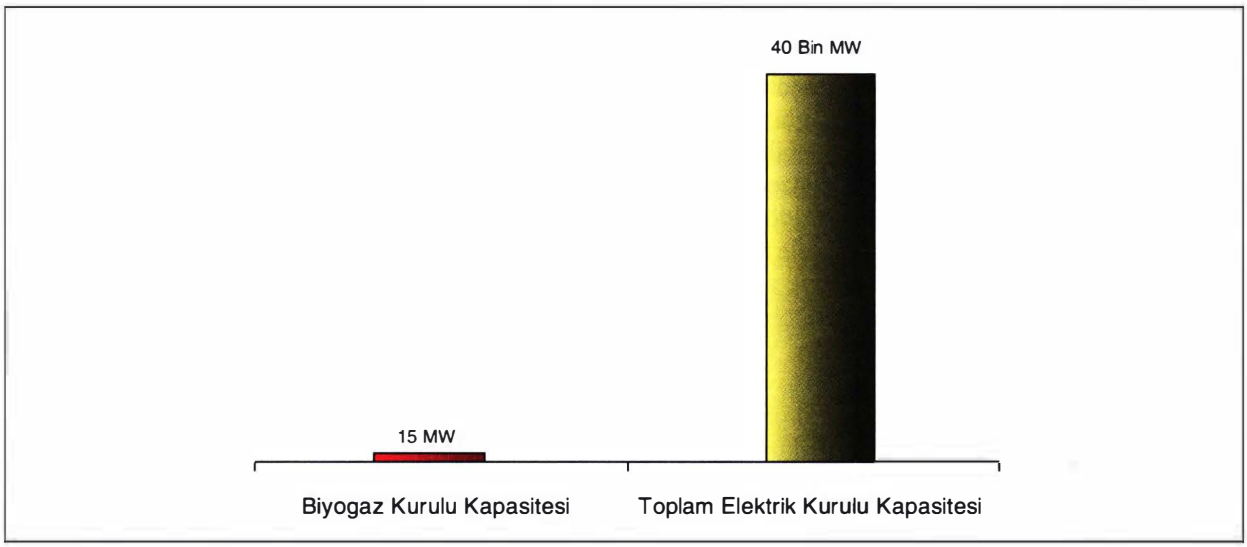
Türkiye'de biyogaz çalışmaları 1957 yılında "Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü"nde başlamıştır. Daha sonra 1963-1969 arasında "Eskişehir Bölge Toprak Su Araştırma Enstitüsü"nde çalışmalar sürdürülmüştür. 1982'de ülkemizde ciddi bir biyogaz projesi başlatılmış, pilot uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Bu sırada Türkiye'nin biyogaz potansiyeli 2,8 – 3,9 milyar m^3 olarak belirtilmiştir. Biyogaz ile ilgili çalışmalar, şimdiki adı "Köy Hizmetleri Ankara Araştırma Enstitüsü" olan "Merkez Toprak Su Araştırma Merkezi"nde devam etmiştir. O tarihlerde, her ilde üç adet, bölge merkezlerine ise beş adet biyogaz tesisi kurulumu planlanmış ve işletmeye açılmıştır. Özel girişimcilere kredi ve teknik yardım sağlanmıştır fakat yeterli eğitim, üreticilere danışacak kurum yada kişi bulunamadığından tesisler işletilememiştir.

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİEİ) kurumunda 21 Ocak 2004 tarihinde biyogaz konusunda bir toplantı yapılarak yeni bir süreç başlatılmıştır.

2002 yılından itibaren yerel yönetimler de bu konuya ilgi duymaya başlamıştır. Türkiye'de biyogaz tesislerinin kurulması için uluslararası firmaların ilgisi yüksektir. 2004 yılında, öncelikle tavuk çiftliklerinde olmak üzere diğer büyükbaş ve küçükbaş hayvan çiftliklerinin de bu konuya önem verdikleri görülmeye başlanmıştır. 8. Beş Yıllık Kalkınma Planı kapsamında 2005 yılında 15 GWh biyogaz üretimi planlanarak hayata geçirilmiştir. Yapılan çeşitli değerlendirmelerde Türkiye biyogaz potansiyeli, 2,5 - 4,0 Milyar m^3/yıl (Yaklaşık 25 GWh/yıl) olarak belirtilmektedir.

Hayvan Cinsi	Hayvan Sayısı (Adet)	Yaş Gübre Miktarı (ton/yıl)	Biyogaz Miktarı (m^3/yıl)	Taşkömürü Eşdeğeri (ton/yıl)
Sığır	11.054.000	39.794.400	1.313.215.200	1.181.894
Koyun-Keçi	38.030.000	26.621.000	1.544.018.000	1.389.616
Tavuk-Hindi	243.510.453	5,357.230	417.863.937	376.078
Toplam	292.594.453	71.772.630	3.275.097.137	2.947.587

Tablo 6.18. TÜRKİYE'NİN HAYVANSAL ATIK POTANSİYELİNE KARŞILIK GELEN ÜRETİLEBİLECEK BİYOGAZ MİKTARI VE TAŞKÖMÜRÜ EŞDEĞERİ



Şekil 6.19. TÜRKİYE'DE ELEKTRİK ENERJİSİ VE BİYOGAZ KURULU KAPASİTESİ

6.10. BİYOKÜTLE ENERJİSİ

6.10.1. KONUNUN TANIMI, AMAÇ VE KAPSAMI

Biyokütle enerjisi, klasik ve modern olmak üzere iki grupta ele alınır. Klasik biyokütle enerjisi, ormanlardan elde edilen yakacak odun ve yine yakacak olarak kullanılan bitki ve hayvan artıklarından (özellikle tezek) oluşmaktadır. Klasik biyokütle enerjisi kullanımının temel karakteri, biyokütle malzemesinden enerjinin ilkelden gelişmişe çeşitli yakma araçları ve doğrudan yakma tekniği ile elde edilmesidir. Sanayileşmemiş toplumlarda kullanımı yaygındır.

Modern biyokütle kaynakları ise, enerji ormancılığı ürünleri ile orman ve ağaç endüstrisi atıkları, enerji tarımı (bir yetiştirme sezonunda ürün alınan enerji bitkileri), tarım kesimindeki bitkisel ve hayvansal atıklar, kentsel atıklar, tarıma dayalı endüstri atıkları olarak sıralanır. Yakıt üretimi açısından, bitkisel üretim ve hasat ile, son tüketim çevrimi birbirinden ayrı işlemler zinciridir. Biyokütle kökenli sentetik akaryakıt kapsamında yer alan alkol karışımlı benzin ve bitkisel yağ karışımlı motorin dışında, bazı enerji bitkilerinden elde edilen yağlar (bir karışım yapılmasına gerek olmadan) dizel yakıtın yerine kullanılabilmektedir. Ayrıca biyokütleden yapay ham petrol üretmek de mümkündür.

Enerji ormanları için uygun olan türler, özellikle öze yakın yıllık halkaları hızla büyüyen genç odunlar dikkate alınarak seçilir. Yine bu seçimde enerji ormanı yapılacak bölgeye en iyi uyabilecek türlerin (yerli türlere öncelik vermek koşulu ile) iyi sürgün verme özelliği olmalı, ayrıca mantar ve böcek zararlarına karşı dayanıklı olmalıdır. Yapraklı ağaçlar genç odun büyümeleri daha hızlı ve baltalık orman için elverişli olduklarından ibrelilere oranla daha çok tercih edilirler. Dünyada enerji ormancılığı için en fazla karakavak, balzam kavakları ve titrek kavaklar kullanılmaktadır.

Enerji ormancılığının yanı sıra plansız ağaçlandırmanın bir sonucu olarak kentlerde, kent zararlısı olarak nitelenen gerek kökleri, gerekse dalları ve polenleri ile kent altyapısını ve insanları olumsuz etkileyen kavak, söğüt, kokar ağaç, akasya gibi ağaçlar saptanıp, biyokütle materyali olarak değerlendirilebilir. Böylece, istenmeyen ağaç türleri kentlerden uzaklaştırılırken, bu ağaçlardan biyokütleden enerji üretiminde faydalanılabilinir. Bunların yerine kent ekoloji ve estetiğine uygun alternatif türler dikilerek kent peyzajı da geliştirilebilir. Henüz iskana açılmamış kent alanlarının, biyokütle materyal üretimi amacıyla uygun ağaç yetiştirilmesinde kullanımları da olanaklıdır.

Günümüzde enerji tarımı ya da enerji yetiştiriciliği denilen yeni bir tarım türü geliştirilmiştir. Bu tarım özellikle bir yıllık ve C_4 tipi bitkilerle yapılmaktadır. C_4 tipi bitkiler grubuna şekerkamışı, mısır gibi bitkiler dahildir. C_4 tipi bitkiler, diğer bitkilere göre $C0_2$ ve suyu daha iyi kullanır, kuraklığa dayanaklıdır, ve foto sentetik verimleri de daha yüksektir. Bu bitkilerden alkol ve diğer biyokütle yakıtlar üretilebilir. Alkol üretiminde en yüksek verim 3.500 l/ha.yıl ile şeker kamışından sağlanmakta olup, bunu 3.200 l/ha.yıl ile odun, 3.000 l/ha.yıl ile sorghum izlemektedir. Mısırda bu değer 2.000 lt/ha.yıl düzeyine düşmektedir. Buna karşın şekerkamışının tonundan 60 l, mısırın tonundan 300 l alkol elde edilmektedir.

6.10.2. BİYOKÜTLE TEKNOLOJİSİ

Biyokütle, ön hazırlama ve dönüştürme işlemlerinden geçirilerek biyoyakıtlara çevrilir. Biyoyakıtlar, ısı ve elektrik üretimi için kullanılabilmektedir. Biyoyakıtların fosil yakıt türevleri ile karıştırılmış biçimde kullanılması da olanaklıdır. Biyoyakıt kullanımı büyük merkezi güç santrallerinden taşıtlara kadar uzanmaktadır. Modern bi-

yoyakıtların birim maliyetlerinin veya fiyatlarının fosil yakıt fiyatlarının üzerinde olması kullanımı sınırlandırmaktadır. Birleşik ısı ve güç üretim teknolojileri (kojenerasyon ve entegre enerji sistemleri) ile biyokütle enerjisinden yararlanmak daha ekonomik olabilmektedir.

Modern biyokütle enerji teknikleri, malzemenin fiziksel durumu değişmeden veya değişerek dönüştürülmesi çevrimlerine dayanır ve alçak biyokütle teknikleri ile yüksek biyokütle teknikleri olarak ikiye ayrılır. Alçak biyokütle teknikleri, direkt yanma, anaerobik bozunma, fermantasyon - distilasyon işlemleridir. Yüksek biyokütle teknikler ise piroliz, hidrogazifikasyon, hidrojenasyon, parçalayıcı distilasyon, asit hidroliz, biyolojik hidrojen üretimi işlemlerinden oluşmaktadır. Modern biyokütle enerjisi, çevre ile tam uyumlu, sürdürülebilir bir enerji kaynağıdır.

Biyokütleden değişik yöntemler kullanarak hem enerji, hem de yeni kimyasal maddeler üretmek mümkündür. Bu yöntemler aşağıda belirtilen gruplarda toplanabilir:

- Anaerobik ortamda fermentasyon (biyogaz ve melastan etanol üretimi)
- Isıl parçalanma (katı yüzdesi fazla olan atıklardan piroliz ile gaz yakıt ve aktif karbon üretimi)
- Hidrogazifikasyon ve hidrojenasyon ile sentetik yakıt üretimi
- Doğrudan yanma (çöp veya katı atıkların havayla yakılması ile ısı enerjisi ve elektrik üretimi)
- Kompostolaştırma (çöp ve hayvan dışkılarının kompostolaşması sonucu organik gübre üretimi)

Biyokütlenin yakma dışında en basit değerlendirilmesi, anaerobik fermantasyonla biyogaz üretimidir. Biyogaz, organik içerikli biyolojik parçalanabilir maddelerin havasız ortamda (anaerobik) bakteriler tarafından parçalanması esnasında oluşan ve bileşimi organik maddeyi oluşturan bileşiklere göre değişebilen yanıcı bir gaz karışımıdır. Biyogazı oluşturan bileşenler, metan (CH_4), karbondioksit (CO_2), su buharı (H_2O), hidrojen sülfür (H_2S), amonyak (NH_3), azot (N_2) ve hidrojen (H_2) olabilmektedir. Bu tanıma göre insan faaliyetleri sonucu üretilen organik içerikli çöpler, tarım faaliyetleri sonucu açığa çıkan hayvan dışkıları, pamuk, mısır, buğday sap ve saman artıkları, şeker ve gıda sanayii faaliyetleri sonucunda oluşan melas, meyve posaları gibi atıklar biyokütle için kaynak oluşturmaktadır.

İyi tasarlanmış bir biyogaz üretecinde elde edilen gaz, %55-70 CH_4, %30-45 CO_2, az miktarda H_2S ve H_2O şeklinde bir bileşime sahiptir. Biyogazın ısıl değeri, karışımdaki CH_4 yüzdesine bağlı olarak 19.000 ile 27.500 kJ/m^3 arasında değişebilmekte ve bu nedenle biyogaz özellikle kırsal bölgelerde alternatif bir yakıt olarak ele alınmaktadır.

Sıcaklık, mikro organizmaların üreme hızına etki eden bir faktör olup, sonuçta biyogaz üretimine de etki etmektedir. Organizmalar değişik sıcaklık aralıklarında faaliyet gösterdiklerinden, düşük sıcaklıklarda da gaz üretimi olmaktadır. Ancak, düşük sıcaklıkta gaz üretimi az olmakta ve sonuçta istenilen miktarda gaz üretimini gerçekleştirmek için gerekli fermentör hacmi, dolayısıyla yatırım maliyeti artmaktadır. Sonuçta, çalışma sıcaklığının belirlenmesi bir optimizasyon problemi olarak ortaya çıkmaktadır. Yapılan incelemeler sonucunda, 35°C sıcaklığın mezofilik bölge, 60°C sıcaklığın da termofilik bölge için optimum olduğu saptanmıştır.

Diğer taraftan anaerobik fermentasyonla organik maddelerin parçalanması, önemli çevre sorunlarına da alternatif çözüm getirebilmektedir. Çünkü, yerleşim bölgelerinin önemli bir sorunu haline gelen organik içerikli çöpler, anaerobik ortamda fermente edildiklerinde atık içerisinde varolan ve aerobik ortamda yaşayan koliform gibi zararlı organizmalar, anaerobik ortamda yok olmakta ve sonuçta söz konusu zararlı atıklar fermente olmuş hijyenik gübreye dönüşmektedirler. Büyük yerleşim bölgelerinde bazı zorluklar gösterebilecek bu uygulama, tarım bölgelerine yakın yerleşimlerde ekonomik olabimektedir. Anaerobik fermantasyonda sıcaklık da önemli bir faktör olmaktadır. Ülkemizde geçmişte yapılan çalışmalarda biyogaz fermantasyon kazanlarının, güneş kolektörleri ve eşanjör devresi ile ısıtılması sonucu verim değerleri artırılmıştır.

6.10.3. DÜNYADA BİYOKÜTLE ENERJİSİ KULLANIMI, ULAŞILAN TEKNOLOJİK DÜZEY VE GELECEĞİ

Yenilenebilir enerji kaynaklarına topluca bakıldığında, bunlar biyokütle enerjisi, hidrolik enerji (klasik varsayılan büyük hidrolik enerji ile yeni yenilenebilir grubuna sokulan küçük hidrolik enerji), güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, deniz enerjileri (gel-git, dalga, ısıl) ve jeotermal enerjidir. Biyokütle enerjisi, güneş enerjisi türevleri arasına da sokulmaktadır. 1990 yılında dünyada tüketilen biyokütle enerjisi miktarı, uluslararası sivil toplum kuruluşlarından olan "Biyokütle Kullanan Uluslar Topululuğu (BUN)" verilerine göre 1.083 MTEP (milyon TEP) ve "Dünya Enerji Konseyi (WEC)" raporlarına göre 1.051 MTEP, "Birleşmiş Milletler" istatistiklerine göre ise 880 MTEP olmuştur. Kısaca, yenilenebilir enerji kullanımının %55-67,6 kadarı, yani yarısından çoğu biyokütle kaynağından sağlanmıştır.

Ormancılık, ağaç endüstrisi atıkları, bitkisel atıklar ve hayvansal gübreler, kara tipi enerji bitkileri ve su bitkileri niteliğindeki biyokütle kaynaklarından 2010 yılı için hedeflenen toplam biyokütle enerji üretim miktarları, minimum ve maksimum sınırlar alınarak, ABD'de 235 - 410 MTEP, Almanya'da 11 - 21 MTEP, Avustralya'da 12 - 21 MTEP, İngiltere'de 6,6 – 12,8 MTEP, İsveç'te 8,3-17,4 MTEP, Japonya'da 9 - 17 MTEP arasındadır. İsveç ve Japonya'da en büyük pay, orman ürünü ve ağaç endüstrisi artıkları, diğer ülkelerde ise enerji bitkilerine ait olacaktır. Enerji bitkilerinin payının ABD'de %66-70, Almanya'da %39-44, Avustralya'da %49-54 ve İngiltere'de %64-68 olacağı öngörülmektedir.

6.10.4. TÜRKİYE'DE BİYOKÜTLE POTANSİYELİ VE KULLANIMI

2005 yılı verileri ile Türkiye'nin enerji üretiminde 13,8 milyon ton odun (35 MW), 6,67 milyon ton bitki ve hayvan artıkları kullanılmıştır. Söz konusu odun miktarı 5.512 BTEP (bin TEP), hayvan ve bitki artıkları da 1.533 BTEP enerjiye eşdeğerdir. 1996 yılında Türkiye'nin yerli kaynaklarından enerji üretimi 26.887 BTEP olduğundan, bunun toplam 7.045 BTEP ile %26'sı klasik biyokütle kaynaklardan sağlanmıştır. Öte yandan, 1996 yılında Türkiye'nin birincil enerji tüketimi 68.035 BTEP olmuştur. 7.045 BTEP klasik biyokütle kaynakla tüketimin yaklaşık %10'u karşılanmıştır.

Ülkemizde klasik biyokütle kaynaklar olan odun ile bitki ve hayvan artıkları, özellikle ısıtma, pişirme alanlarında yıllardan beri kullanılmaktadır. Bu geleneksel enerji kaynağı, konutlardaki enerji tüketiminin %40 kadarını oluşturmaktadır. Tezek olarak yakılan hayvansal atıklar, tarımın ihtiyacı olan çiftlik gübresini yok etmektedir. Bu nedenle ülkemizde klasik biyokütle enerji kullanımı, ilkel ve ekonomik olmayan biçimde gerçekleşmektedir.

Ülkemizde yakacak odun sorununa çözüm olarak enerji ormancılığı konusuna el atılmış, özellikle meşe türlerinin egemen olduğu bozuk bataklık alanların verimli hale getirilmesi doğrultusunda yürütülen enerji ormanı kurma çalışmaları 25 yılı aşkın bir süredir uygulanmaktadır. 2007 ye kadar toplam 562.513 ha alanda enerji ormanı kurulması çalışmaları yapılmıştır. Enerji ormanı oluşturmaya elverişli 4 milyon hektar bozuk, 1 milyon hektar verimli olmak üzere 5 milyon hektarlık alan varlığı resmi raporlara geçmiştir. Hayvan gübresinin tezek olarak yakılmasının önüne geçmek için, biyogaz projesi başlatılmış, pilot uygulamalar yapılmış, 2,8 – 3,9 milyar m^3 ile 1,4-2 MTEP kadar enerji sağlayabilecek biyogaz potansiyeli belirlenmiş, ama bu proje 1984 yılından sonra terk edilmiştir.

Türkiye, tarımsal tekniklerle biyokütle üretimi açısından, güneşlenme ve alan kullanılabilirliği, su kaynakları, iklim koşulları gibi özellikleri uygun olan bir ülkedir.

Yine biyokütle enerjisi içinde değerlendirilen çöp termik santralleri ile ilgili olarak, Adana ve Ankara'da birer çöp santralı kurulmasına ilişkin iki girişim vardır. Ankara'da Mamak-Ankara çöp santrali 2002 yılında kurulmuş, 2007 yılında ise kurulu gücü 5,6 MW'a yükseltilmiştir. Adana'da ise Tufanbeyli termik çöp santralinin 2010 – 2011 yılları arasında işletmeye açılacağı öngörülmüştür.

6.11 TÜRKİYE'DE ÖNCELİKLE İNCELENMESİ GEREKEN KONULAR

Enerji sorununun çözümüne katkı ve ulusal ekonomiye yeni kazanç olanağı sağlanması açısından, biyokütle enerjisi konusunun geliştirilerek uygulamaya aktarılması için, araştırma amacı ile ele alınması gereken konular şöyle sıralanabilir:

- Ayrıntılı biyokütle enerji potansiyeli
- Biyokütle enerjisi için izlenmesi gereken stratejiler
- Enerji ormancılığı
- Enerji bitkileri tanıtımı
- Akuatik biyokütle yetiştiriciliği
- Bakteriyel kültürlerle biyoyakıt üretimi
- Biyokütleden katı, sıvı, gaz yakıt üretim teknikleri ve araçlarda kullanımı
- Biyokütle yakıtların yanma teknolojisi, biyokütle için geliştirilmiş termokimyasal çevrimler ve yeni teknolojik uygulamalar
- Endüstriyel ve tarımsal yan ürünler ile atıkların biyokütle enerji üretiminde değerlendirilmesi
- Kentsel atıkların biyokütle enerji üretiminde değerlendirilmesi.
- Biyokütle enerji ekonomisi

Bu sıralamaya başka konular eklenebilir. Yukarıdaki konular öncelik sıralamasına konulmamış olmakla birlikte, en başta belirtilen biyokütle enerji potansiyeli konusu, gerçekten bir öncelik taşımaktadır. Biyokütle enerji potansiyelinin saptanması, stratejik bir odak projesi olarak ele alınıp geliştirilmelidir.

Ülkemizde klasik biyokütle kaynaklarından olan odun ile bitki ve hayvan artıkları, uzun yıllardan beri, özellikle ısınma ve pişirme alanlarında kullanılmaktadır. Ancak bu kullanımın ilkel ve ekonomik olmayan bir biçimde gerçekleştiği söylenebilir. Modern biyokütle kaynakları ise, enerji ormancılığı ürünleri ile orman ve ağaç endüstrisi atıkları, enerji bitkileri tarımı (bir yetiştirme sezonunda ürün alınan enerji bitkileri), tarım kesimindeki bitkisel ve hayvansal atıklar, kentsel atıklar, tarıma dayalı endüstri atıkları olarak sıralanır.

Türkiye'de atıklara dayalı biyokütle enerjisi (biyogaz ve çöp santralleri) için bazı çalışmalar yapılmıştır. Ormancılık potansiyeli ile ilgili bilgiler bulunmakla birlikte, ormanlarımız, biyokütle enerjisi üretim potansiyeli açısından değerlendirilmiş değildir. Enerji plantasyonları biçimindeki tarımsal üretim olanakları üzerinde hiç durulmamış ve konu, tarımsal üretim planlarında değerlendirilmemiştir. Ayrıca, kent zararlısı bazı ağaçların uygun peyzaj türleri ile değiştirilerek biyokütle kazanılması olanağı da hiç ele alınmamıştır. Kısacası, Türkiye'nin biyokütle enerji potansiyeli tam olarak bilinmemektedir.

Ülkemizin "biyokütle enerji potansiyelinin saptanması" konusu birinci öncelikte ele alınmalı ve bir proje ile enerji ormancılığından, enerji bitkileri tarımından, çeşitli yan ürün, atık ve artıklardan elde edilebilecek biyokütle materyalin çeşitleri ve coğrafi bölgeler açısından yıllık miktarları belirlenmelidir.

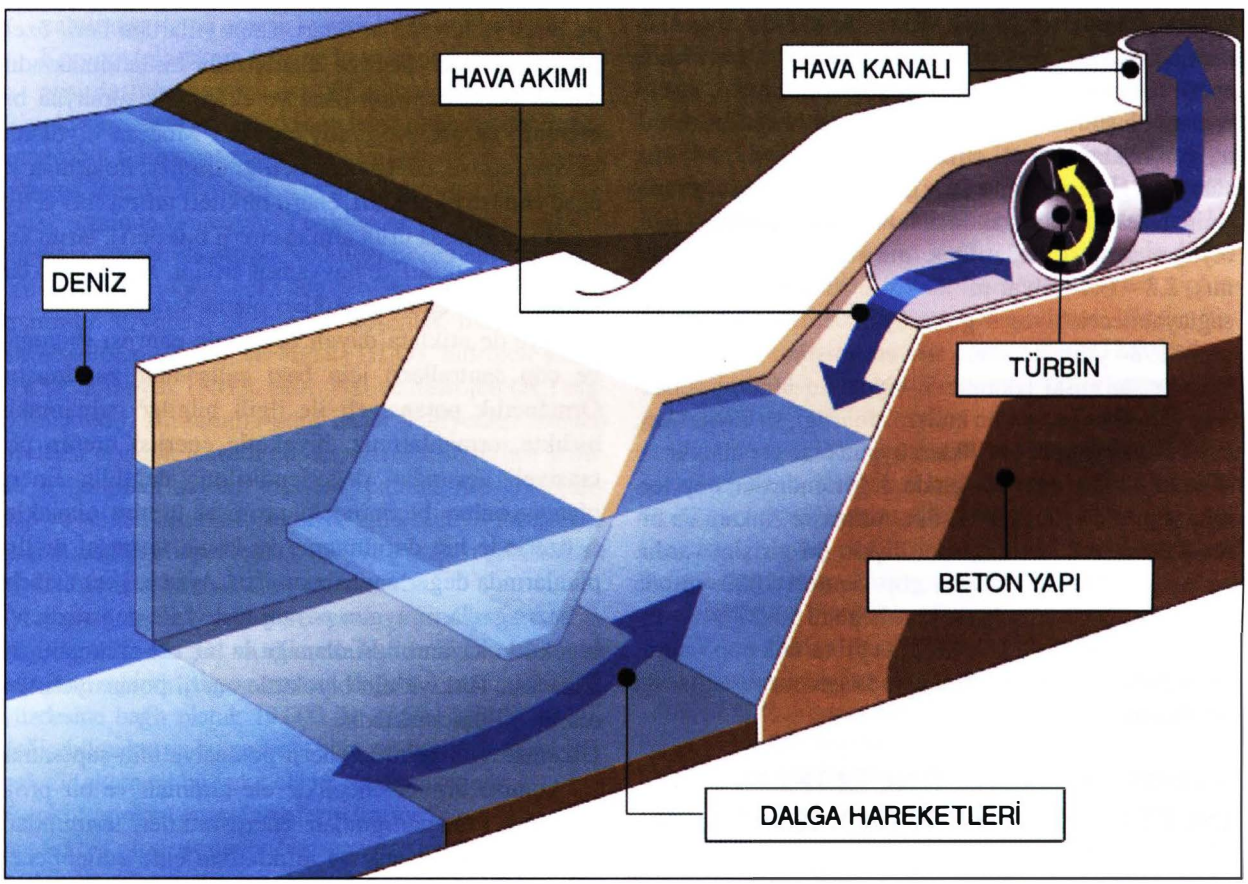
VII. BÖLÜM
DALGA ENERJİSİ

Günümüzde elektrik enerjisi vazgeçilmez temel enerji formlarından biridir. Ancak elektrik eldesi sırasında ortaya çıkan zararlı maddeler ve zehirli gazlar çevreyi olumsuz şekilde etkileyebilmektedir. Bu nedenle alternatif ve sürdürülebilir enerji dönüşüm sistemleri üzerinde çalışılmaktadır. Dalga enerjisinden elektrik enerjisi elde edilmesi de bu yaklaşımlardan biridir. Bununla ilgili 1970'li yıllarda birkaç araştırma projesi geliştirilmiş ve ilk çalışmalar Japonya'da yapılmıştır ve kirletici etkisi olmayan büyük bir enerji kaynağıdır. Okyanus dalgaları, enerjiyi uzak mesafelere taşırlar. Kullanılabilir kapasitenin, sahilin birim uzunluğu başına sakin havalarda birkaç kW/m olduğu hesaplanmaktadır. Kapasite derinlikle artar ve 100 m derinliğe kadar kullanılabilir. Dünya yüzeyinin farklı sıcaklık değerlerine ulaşması sonucu oluşan rüzgarların deniz yüzeyinde esmesi, güneşin ve ayın dünya üzerindeki çekim kuvveti ve depremler ile meydana gelen deniz dalgaları gücü, diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre 10-15 kat daha fazladır.

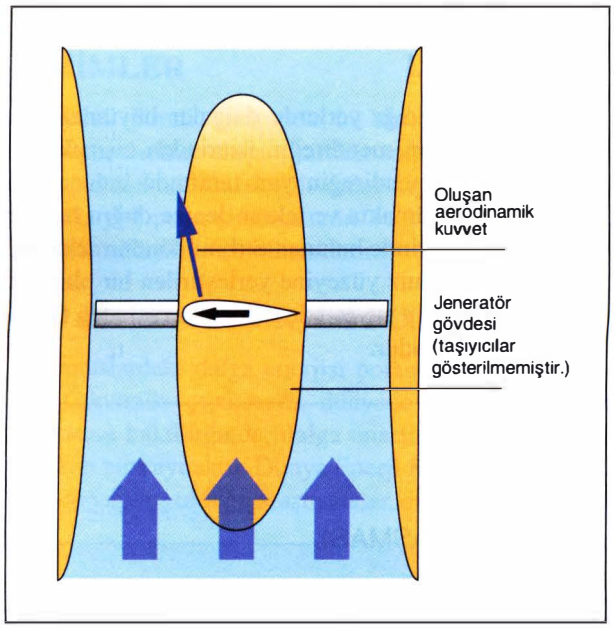
Türkiye'nin yüksek enerji ihtiyacı dikkate alındığında büyük santraller kurulması ekonomik ve verimli olabilir. Dalga enerjisinden elde edilen doğal enerjinin ısınma amaçlı kullanılması durumunda havadaki karbon ve nitrojen türevleri ve buna bağlı olarak soluduğumuz havanın kirliliği azalacaktır.

Dalga enerjisi dönüştürücüleri, dalgalar ile taşınan mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren sistemlerdir. 1970'lerden itibaren başlanan dalga enerjisi dönüştürücü çalışmaları sonucunda günümüzde 50'den fazla firma ticari olarak dönüştürücüler üzerinde çalışmaktadır. Bunlar arasında halen tasarım aşamasında olanlar, pilot veya tam ölçekli olarak kurulmuş, ticari olarak elektrik enerjisi üreten sistemler mevcuttur.

Enerji dönüştürücüler çok genel olarak kuruldukları alana göre açık deniz, yakın kıyı ve kıyı tipi tesisler olarak sınıflandırılabilir. Çalışma prensiplerine göre de farklı tipte enerji dönüşüm cihazları bulunmaktadır.



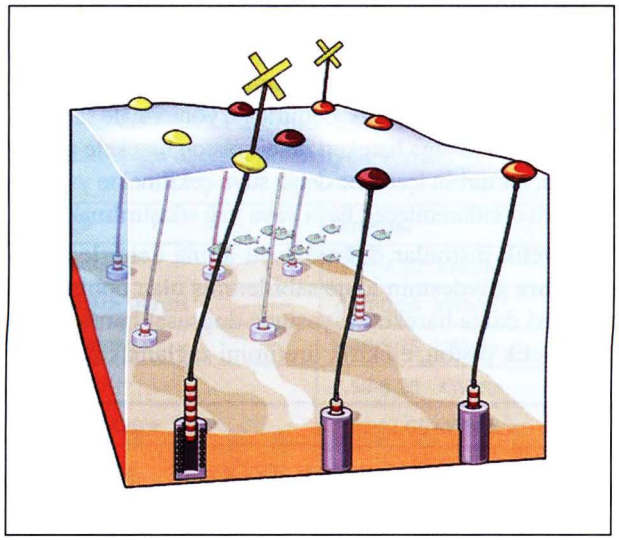
Şekil 7.1. SALINIMLI SU SÜTUNU PRENSİBİ İLE ÇALIŞAN ENERJİ DÖNÜŞTÜRÜCÜ



Şekil 7.2. WELLS TÜRBİNİ ŞEMATİK GÖSTERİMİ

7.1. SALINIMLI SU SÜTUNU PRENSİBİ İLE ÇALIŞAN ENERJİ DÖNÜŞTÜRÜCÜLERİ

Dalga ile enerji üretmekte kullanılan ilk cihazlar "Salınımlı Su Sütunu" prensibi ile çalışan enerji dönüştürücülerdir. Bu tür dönüştürücüler, kıyıda yada açık denizde inşa edilen, bir ucu denize, diğer ucu atmosfere açık bölmeleri olan yapılardır. Dalga hareketi ile bölmedeki su seviyesi aşağı yukarı salınım yaparken bölme içerisindeki hava sürekli olarak dışarı itilip içeri çekilir. Havanın bu dışarı çıkış ve içeri giriş hareketi bir türbini çevirmek için kullanılır ve bu türbin ile elektrik üretilir. Bu tür dönüştürücülerde, havanın hem giriş hem de çıkış hareketi sırasında aynı yöne dönebilen "wells" türbinleri kullanılmaktadır. Günümüzde açık denizde inşa edilebilecek ve dalgaları hava odasına odaklayarak yüksekliklerini arttıran parabolik duvarları olan sistemler tasarlanmaktadır.



Şekil 7.4. GÖVDELERİN SU ALTINA SABİTLENDİĞİ UYGULAMA

Wells türbini: Akışın yönüne bağlı kalmaksızın tek yönde dönebilen özel bir türbin çeşididir. Kanatçıkları uçak kanatlarına benzeyen bir yapıdadır. Kanatlara çarpan akışkan, türbin içinde geldiği yöne bağlı kalmaksızın düşük basınç oluşturur ve türbini döndürür. Bu türbin, denizde oluşan dalgaların bir su sütunu içerisinde tekrarlanarak oluşturduğu düşük ve yüksek basınçtan faydalanmak için kullanılır.

7.2. ŞAMANDIRA TİP ENERJİ DÖNÜŞTÜRÜCÜLERİ

Bu tip dönüştürücüler, dalga hareketi sırasında su yüzeyindeki salınım hareketini şamandıralar ile enerjiye çeviren sistemlerdir. Bazı dönüştürücüler, doğrusal jeneratörler kullanarak şamandıranın hareketini doğrudan elektrik enerjisine çevirirken, bazıları da bu hareketi çeşitli tipte pompalar kullanılarak basınca çevirip, bu hidrolik güç ile elektrik üretmektedir. Bu dönüştürücüler, mevcut dalgakıranlara hidrolik pistonlar ile bağlanabilen mafsallı şamandıralar ve jeneratörden oluşmaktadır. Dalga hareketi ile aşağı yukarı salınım yapan şamandı-



Şekil 7.3. ŞAMANDIRALI DALGA ENERJİSİ SİSTEMİ

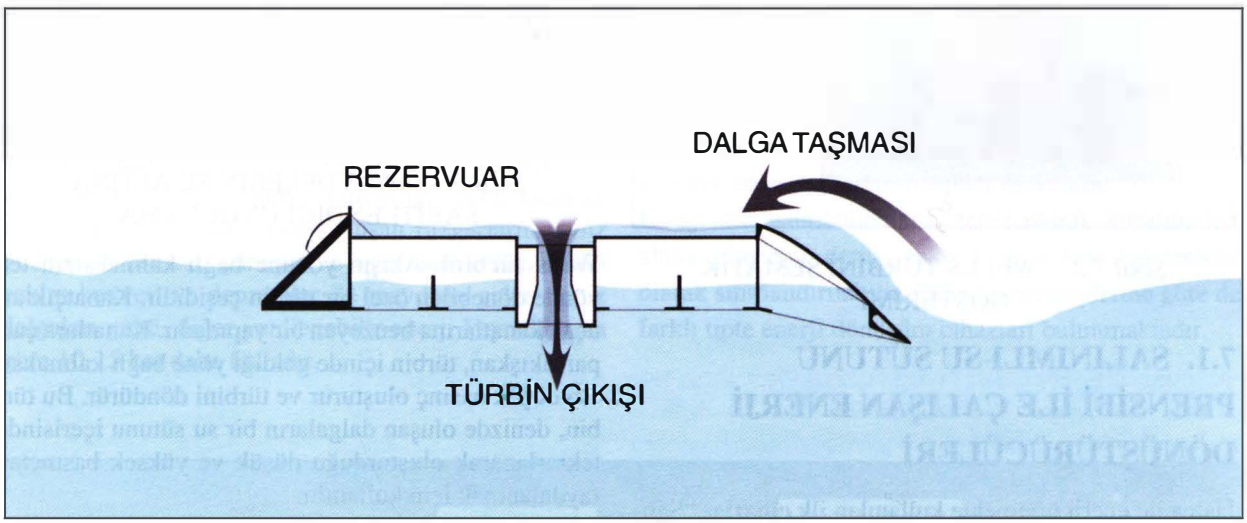
ralar bağlı oldukları pistonlar ile yağ pompalamakta, bu basınçlı yağ ile bir jeneratöre bağlı olan hidrolik motor döndürülmekte ve enerji üretilmektedir.

Bu şamandıralar, denizde demirleme yöntemi ile sabit kalmaktadırlar. Dalga hareketi ile bir piston harekete geçirilmekte, bir türbin içerisine deniz suyu çekilmekte ya da bir motoru döndürebilecek hava veya yağ sıkıştırılmaktadır.

Manyetik pistonlar doğrudan su altına demirlenir, şamandıra gövdesinin içine sabitlenmiş olan bobin içerisindeki dalga hareketi sayesinde doğrusal hareket eden manyetik piston, elektrik üretimini sağlamaktadır.

7.3. KANALLARDA DALGA TAŞMALARI

Kanalların daraldığı yerlerde dalgalar büyümekte ve kanalı çevreleyen mendireğin üzerinden taşmaktadırlar. Taşan su, mendireğin yan tarafında bulunan bir su haznesine dolmakta ve tekrar denize doğru hareket ederken yol üzerinde bulunan türbini döndürmektedir. Aynı şekilde, deniz yüzeyine yerleştirilen bir platform ile benzer prensip sayesinde dalga enerjisinden faydalanmak mümkündür.



Şekil 7.4. DALGA TAŞMASI



Şekil 7.5. DALGA TAŞMASI UYGULAMA ÖRNEĞİ

7.4. YÜZER SİLİNDİR ŞEKLİNDEKİ BİRİMLER

Dalgalar, silindir şeklindeki bu birimleri her yöne hareket ettirmekte, oluşan hareket sonucunda birimlerin birleşim noktalarındaki pistonlar sayesinde basınç altındaki yağ pompalanmaktadır ve bu hareket enerjisi elektrik enerjisine çevrilmektedir.

7.5. DALGA ENERJİSİ POTANSİYELİ

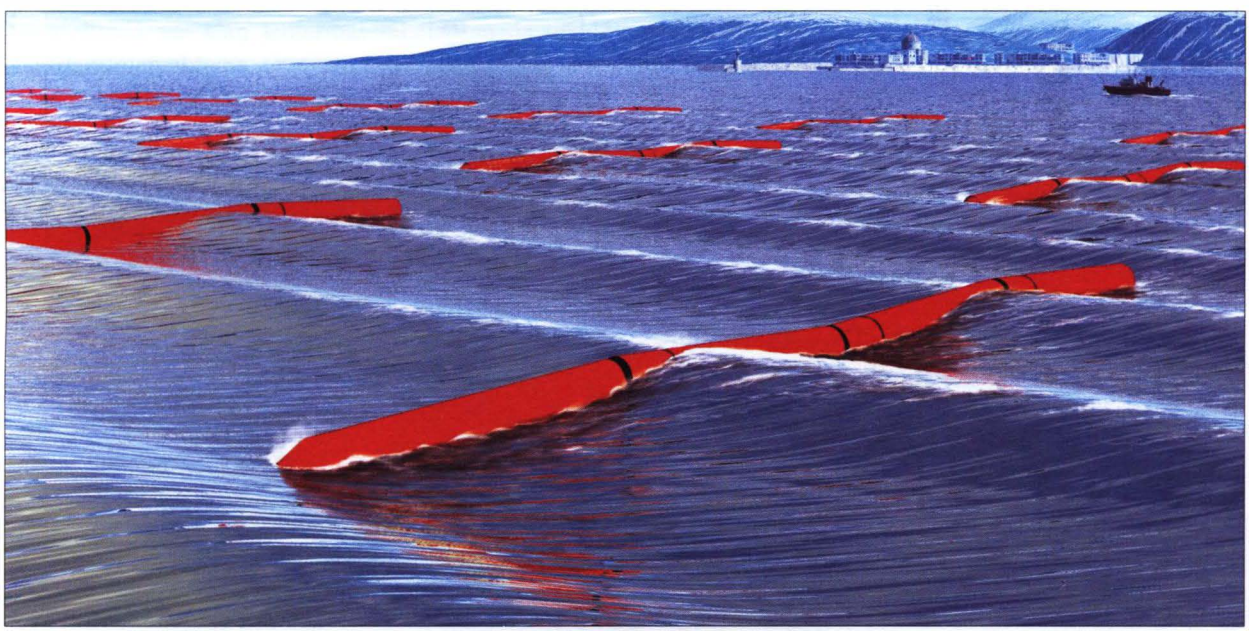
Okyanuslardaki dalga enerjisi potansiyeli çok büyüktür. Günümüz şartlarında dünyada elektrik tüketim miktarına bakıldığında, dalga enerjisi, faydalanılması gereken bir kaynaktır. Dünya Enerji Komitesi'nin 2001 yılında yapmış olduğu araştırmalar, dünyada potansiyel olarak 2 TW'lık dalga enerjisi olduğunu ve bu rakamlar ışığında, Avrupa'nın elektrik gereksiniminin yaklaşık %50'sini karşılayabileceğini ortaya çıkarmıştır. *Şekil 7.8*'deki harita üzerinde kW/m biriminden dünyada var olan dalga enerjisi potansiyeli verileri yer almaktadır.

Bölge	Enerjisi
Karadeniz	1,96-4,22 kWh/m
Marmara Denizi	0,31-0,69 kWh/m
Ege Denizi	2,86-8,75 kWh/m
Akdeniz	2,59-8,26 kWh/m
İzmir-Antalya	3,91-12,05 kWh/m

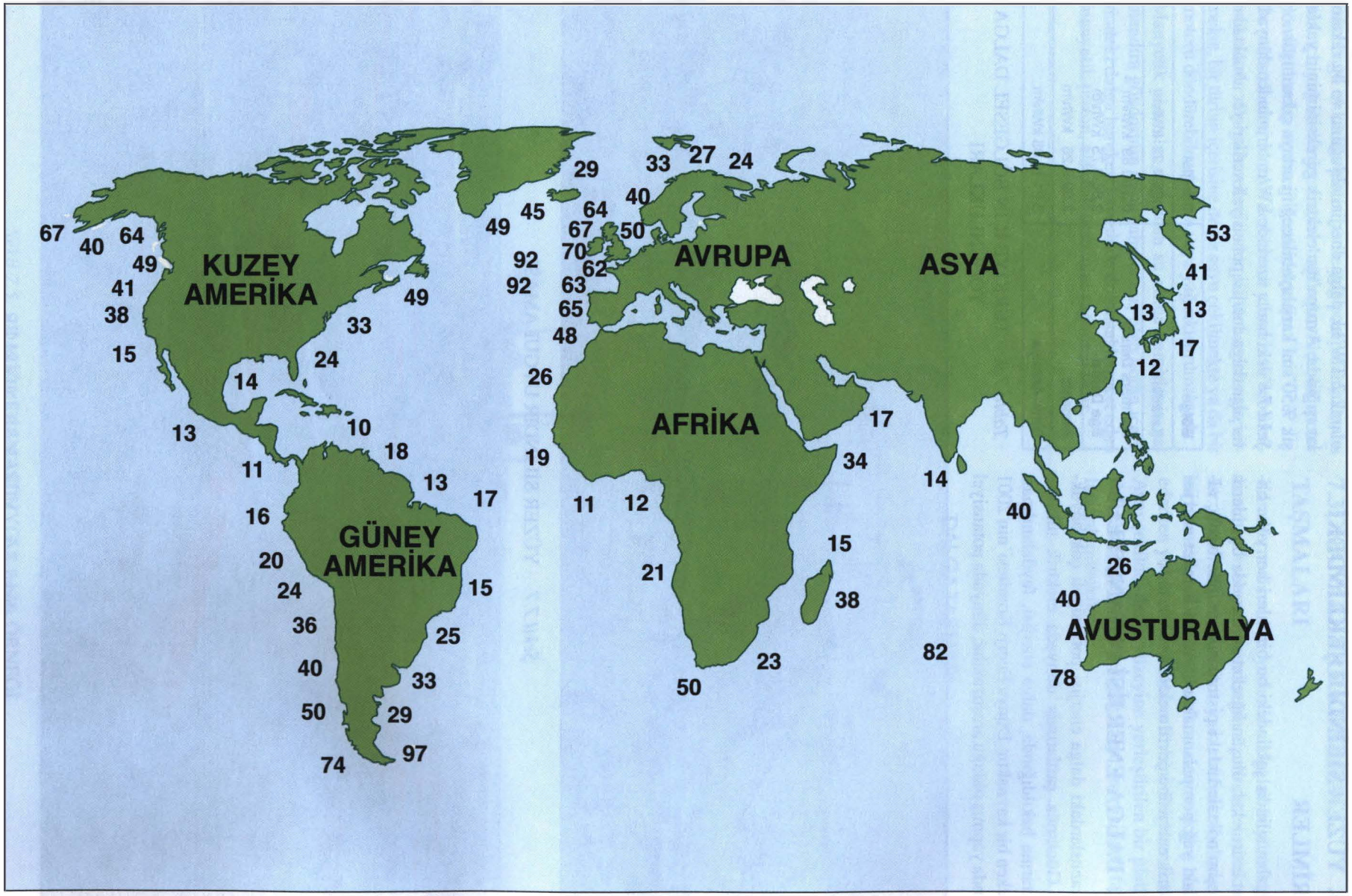
Tablo 7.9. TÜRKİYE İÇİN BÖLGESEL DALGA YOĞUNLUKLARI



Şekil 7.7. YÜZER SİLİNDİR UYGULAMASI



Şekil 7.6. YÜZER SİLİNDİRLER



Şekil 7.8. DÜNYA'DA POTANSİYEL DALGA ENERJİSİ VERİLERİ (kW/m)

VIII. BÖLÜM
JEOTERMAL ENERJİ

8.1. JEOTERMAL ENERJİ NEDİR ?

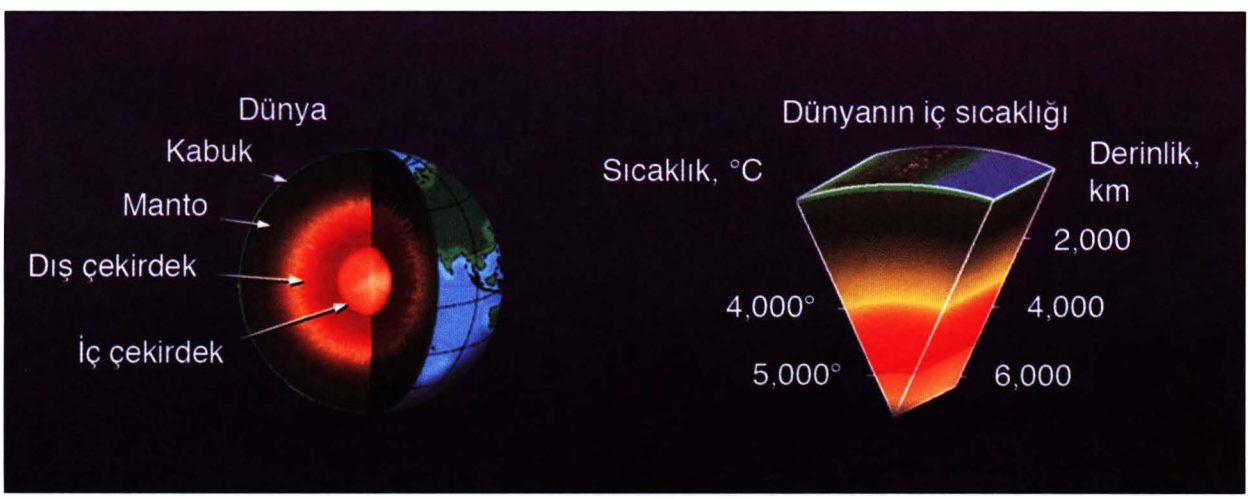
Yer ısısı anlamına gelen "geo" ve "thermal" kelimelerinden anlaşılacağı üzere, gezegenin derinlerinden gelen ısı enerjisi, jeotermal enerji olarak adlandırılmaktadır. Yerkürenin yarıçapı 6.400 km'dir. Merkezinde, çapı 3.000 km'ye yakın ve sıcaklığı 5.000°C'nin üzerinde bir sıcaklığa sahip çekirdek bulunur. Çekirdeğin etrafı, dış çekirdek ve manto ile kaplanmıştır. Mantonun üzerinde, kıtaların ve okyanusların yer aldığı ve kalınlığı 20-65 km arasında değişen kabuk bulunur (*Şekil 8.1*). Manto, merkezdeki devasa sıcaklığın etkisiyle, ergimiş haldedir ve hareketlidir. Bu hareketlilik, kabukta kırılma, çatlama ve çarpışmalara neden olur. Bunlar tektonik hareketler olarak adlandırılır. Kabuk aynı zamanda iyi bir izolasyon sağlayarak, sıcaklığın yüzeye ulaşmasını engellemeye çalışır. Kabuk içerinde ortalama her 100 m'de sıcaklık 3°C artar ve bu değer, normal jeotermal gradyen olarak adlandırılır. Ancak, kabuğun derin kırık ve çatlakları normalin üzerinde bir gradyene sahiptir. Öte yandan, jeotermal ısının kaynak ve taşıma mekanizmaları bu enerji kaynağına özgüdür. Yerkabuğunda ısı akışı ortalama 59 W/m²'dir.

Kabuktaki devasa çatlaklar plakaları oluşturur. Plakalar, bir futbol topunun üzerindeki parçaları andırır (*Şekil 8.2*). Jeotermal sahalar ile depremler ve volkanik etkinliklerin çoğu, söz konusu plakaların birleşme bölgelerinde yer alır. *Şekil 8.2*'den görüldüğü gibi bu etkinliklerin önemli bir kısmı okyanusların altında yer aldığından, çoğu zaman onları göremeyiz. Okyanusların altında yer alan jeotermal sahalardan da henüz yararlanılmamaktadır. Dünyanın merkezinde yer alan sıcak çekirdekteki ısının kaynağı olarak, gezegenin güneşten kopmasıyla birlikte oluşan birincil enerji ve çekirdekteki radyoaktif elementlerin bozuşması sırasında açığa çıkan radyojenik kökenli ısı gösterilmektedir.

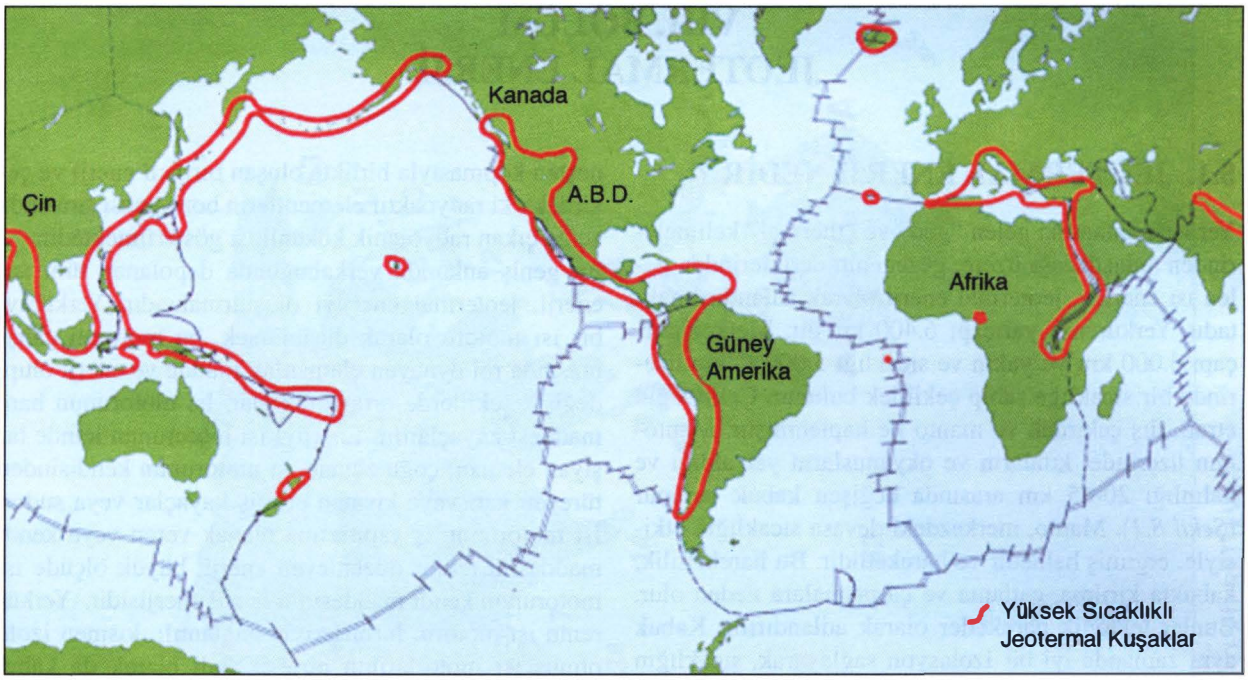
En geniş anlamda yerkabuğunda depolanan tüm ısıl enerji, jeotermal enerjiyi oluşturmaktadır. Yerküreyi bir ısı motoru olarak düşünürsek, bu motorun çalışmasında rol oynayan elemanlar, madde ve enerji olup, değişik şekillerde ortaya çıkarlar. Isı motorunun ham maddesi kayaçlardır. Enerjiyi ısı motorunun içinde taşıyan eleman, çoğu zaman ısı motorunun kendisinden türeyen katı veya kısmen erimiş kayaçlar veya sudur. Isı motorunun iş yapmasına olanak veren veya kendi maddesini tekrar düzenleyen enerji, büyük ölçüde ısı motorunun kendi maddesinin iç ısıl enerjisidir. Yerkürenin ısı motoru, birbirleriyle bağlantılı, kısmen izole olmuş ısı motorlarının birleşik hali olarak da kabul edilebilir. Jeotermal enerji sistemlerinin odak noktası, suyun taşınmasının esas olduğu ısı motorları olan hidrotermal sistemlerdir.

8.2. JEOTERMAL SİSTEMLER

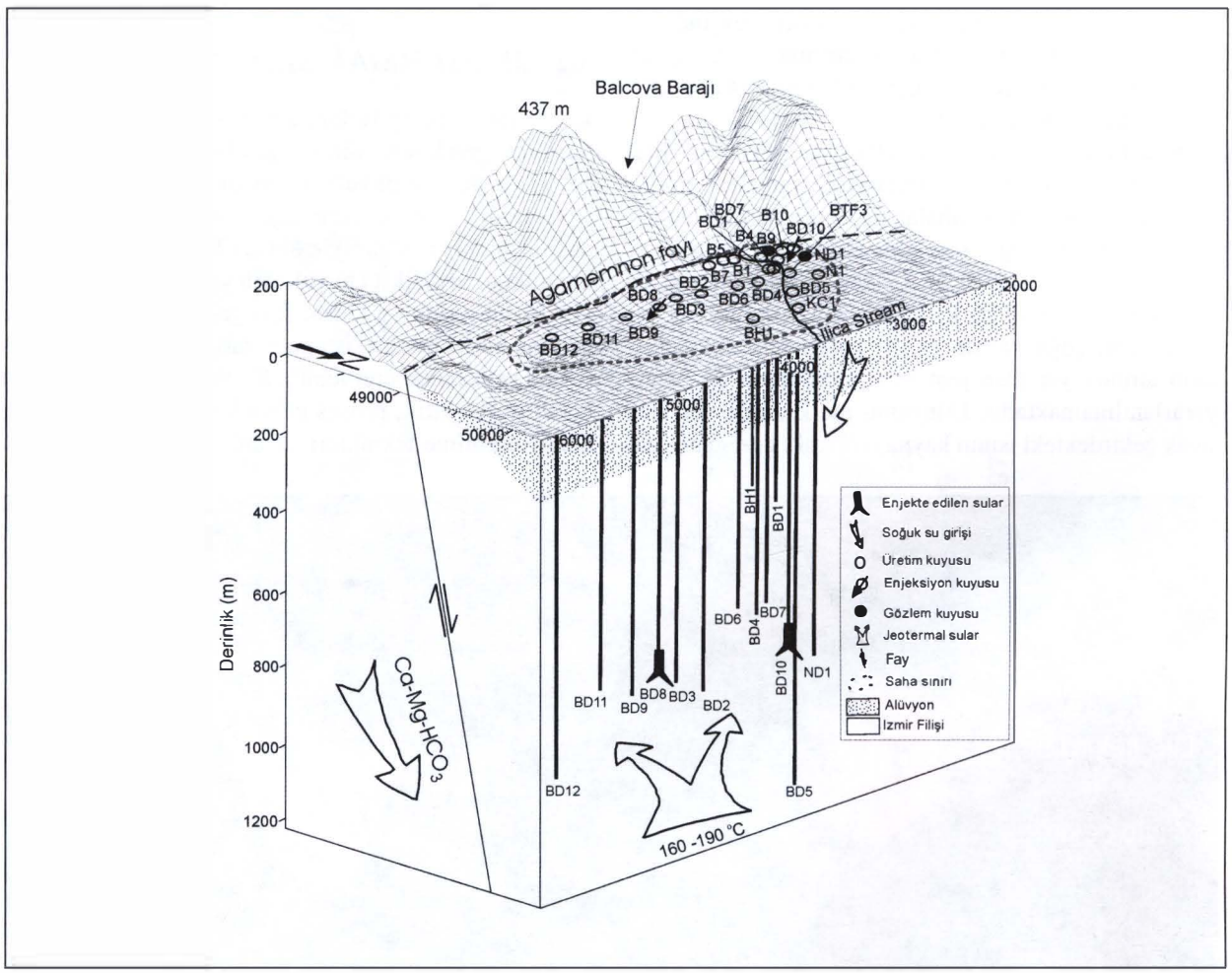
Jeotermal enerjinin kullanılabilmesi için bazı koşulların oluşması gerekmektedir. İlk gereksinim ulaşılabilirliktir. Bu da gözenekli ve/veya çatlaklı formasyonlardaki ısı taşınımı, ya da kayacın kendisindeki ısı iletimi gibi doğal taşıma prosesleriyle oluşur. Eğer depolanmış ısının miktarı ve fiziksel büyüklüğü yeterli, depolama yeri yeryüzüne yakın ve hidrolik ve jeolojik durum temeli üzerine bir ısı üretim sistemi başarıyla kurulabilirse, sıcak su veya buhar üretilebilir. Sıcak suyu pazarlanabilir bir ürün (elektrik, proses ısı ve konut ısıtması) haline dönüştürebilme teknikleri ve atık suyun yok edilmesi



Şekil 8.1. YER KÜRENİN İÇ YAPISI



Şekil 8.2. JEOTERMAL ALANLAR VE PLAKALAR



Şekil 8.3. BALÇOVA JEOTERMAL REZERVUARININ MODELİ

ile proses tamamlanır.

Jeotermal Sistemler aşağıdaki gibi gruplandırılabilir:

- Taşınımın (konveksiyon) hakim olduğu hidrotermal sistemler
- İletimin (konduksiyon) hakim olduğu kuru sıcak kayaçlar ya da yeni adıyla destekli jeotermal sistemler
- Üst tabaka basınçlı jeotermal sistemler
- Magma

8.2.1. HİDROTERMAL SİSTEMLER

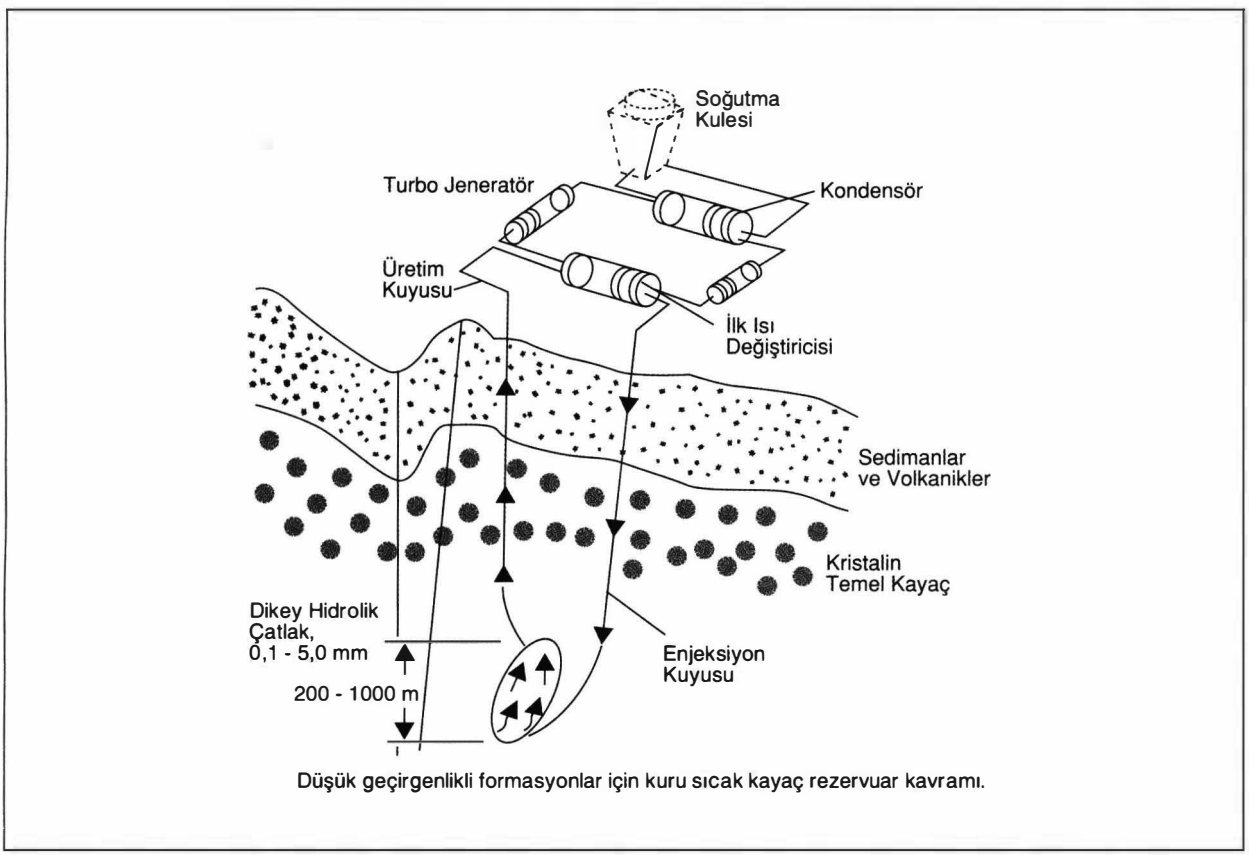
Bir hidrotermal (sulu jeotermal) sistemin üç ana unsuru vardır.

- Isı kaynağı
- Enerjiyi taşıyan akışkan (su)
- Depolanan yer (rezervuar)

Şekil 8.3'de Balçova jeotermal rezervuarının bir modeli görülmektedir. Bu modele göre, sahanın yüksek kısımlarına düşen yağmur suları, en az 40-50 yıl (>40.000 yıl olabilmektedir) derine doğru süzülmekte ve burada 160-190°C sıcaklığa kadar ısınmaktadır. Bu arada yoğunluğu azaldığı için fay hatları, kırık ve çatlakları kullanarak yeryüzüne doğru hareket etmektedir. Fayların çevresindeki paralanmış ve gözenekli kayaçlar, sıcak suların depolandığı hacimleri oluşturmaktadır. Rezervuardaki jeotermal su, buhar veya su/buhar karışımı şeklinde bulunabilmektedir. Rezervuar basıncını kontrol eden faza göre "su baskın" veya "buhar baskın" sahalar olarak adlandırılırlar. Ülkemizdeki sahaların tamamı su baskın sahalardır. Buhar baskın sahalara İtalya'daki Larderello ve ABD'deki Geysers sahaları örnek verilebilir.

8.2.2. DESTEKLİ JEOTERMAL SİSTEMLER

Suyun bulunmadığı sıcak ortamlar "sıcak kuru kaya sistemleri" olarak adlandırılır. Bu ortamlardan enerji elde edebilmek için su kullanılır. Sistemin temel kuramı basittir. Yararlı bir sıcaklığa erişebilecek derinliğe kadar bir kuyu açılır, sonra ikinci bir kuyu daha açılır ve iki kuyu arasındaki kayacın, hidrolik olarak çatlatılmasıyla büyük bir ısı iletim yüzey alanı yaratılır. Isı, suyun bir kuyudan diğerine çatlaklı bölgeden dolaştırılmasıyla üretilir (*Şekil 8.4*). Kavram basit olmasına rağmen, böyle bir sistemin ekonomik olarak yapılabilir olması için yanıtlanması gereken bir takım sorular vardır. Hidrolik çatlakların yaratılmasına ek olarak, jeokimya, ısı azalımının belirlenmesi, basılan suyun formasyondaki kaybı, kimyasal çözünme ve patlamayla yaratılabilecek geçirgenlik konularında da araştırmalar devam etmektedir. Bu yıl ilk kez Souzs-Strasburg/ Fransa'da 4.500 m derinlikte ve 200°C sıcaklıktaki bir formasyona delinen üç kuyu arasında yaratılan çatlaklarla oluşturulan böyle bir sistem ile 1,5 MWe gücünde çift çevrimli (binary) santral kurulmuştur.



Şekil 8.4. DESTEKLİ JEOTERMAL SİSTEM MODELİ

8.2.3. ÜST TABAKA BASINÇLI SİSTEMLER

Hidrostatik basınçtan çok daha büyük kapanma basınçları altında bulunan ve gözeneklerinde yüksek basınçlı akışkanlara sahip, çok sayıda çökel katmanları olan ve büyük rezervuarlar içeren bölgeler, üst tabaka basınçlı havzalar olarak anılırlar. Çökeller, birbiri içine girmiş çeşitli tortul kayaçların yanısıra en çok şeyl ve kumtaşları içerir. Genel olarak masif kumtaşı sedimanlarında bulunan akışkan, yaklaşık hidrostatik basınç altındadır ve yüksek göreli geçirgenlik dolayısıyla hareketlidir. Kumtaşı-şeyl ve masif-şeyl fasiyeslerindeki akışkanlar, genelde 600 bar'a kadar basınç altında olup, 150-180°C'ye kadar sıcaklığa sahiptirler. Bu yüksek sıcaklıklar, ısı akısı kısmen normal olmasına rağmen, yüksek görünür jeotermal gradyen veren şeylin düşük ısıl iletkenliğinden kaynaklanmaktadır. Üst tabaka basınçlı rezervuarlardaki basınç gradyanın, litostatik basınç gradyenine eşit olması beklenmelidir. Basınç altındaki sıcak suya ek olarak, üst tabaka basınçlı rezervuarlar doğalgaz (metan) içermektedirler. Üst tabaka basınçlı kaynakların potansiyelini tahmin etmek amacıyla, yeraltı akışkanlarının, 6,9-8,9x10^{-3} m^3 CH_4/kg-su seviyesinde, metan gazıyla doymuş olduğu varsayılmaktadır. Ayrıca, saha deneyimleri bu tip kuyulardan üretilen suyun çok tuzlu olduğunu (>100.000 ppm) göstermekte ve göçme sorunlarının, üst tabaka basınçlı kaynakların gelişimini ciddi bir şekilde engelleyebileceği düşünülmektedir.

8.2.4. MAGMA

Ergimiş kayaçlardan kullanılabilir ısı üretebilmek için, sondaj ve ısı üretim yaklaşımları ve teknolojisinde çok önemli ilerlemeler kaydedilmesi gerekmektedir. Günümüze kadar, bu tür ısı üretiminde en önemli sorun, delinebilir derinliklerde bir magma kütlesinin bulunamamasıydı. Son yıllarda, Izlanda'da Krafla jeotermal sahasında delinen kuyulardan lavların gelmesi, bunun da mümkün olduğunu göstermiştir. Magmanın içinde sondaj yapabilmek için, 700-1.000°C'de çalışabilecek donanım, makine yağları ve çimentoların geliştirilmesini gerektirmektedir. Bu sorunlar önümüzdeki birkaç yıl daha çözülemeyecek kadar büyüktür.

8.3. JEOTERMAL SİSTEMLERDEN ÜRETİM VE GERİ BASIM

Bir jeotermal sistemi *Şekil 8.5*'deki gibi tanımlayabiliriz. Sisteme, doğal yollarla taşınan ısı ve kütle girerken, diğer yandan belirli miktarda kütle ve ısı üretilip kullanılmaktadır.

Jeotermal sistemler dinamik olup, doğal akış sürecinde oluşmuşlar ve varlıklarını sürdürmüşlerdir. Doğal akış sürecinde, sistemin bir ucu beslenmeye, diğer ucu dışa boşaltıma (kaplıca, gayzer, fumerol vb) dayanırken, sistem bir hidrotermal rezervuar oluşturur. Sistemden üretim yapıldığı zaman bu denge bozulabilir. Eğer sistemden üretim yapılırken üretim miktarı beslenme miktarını geçerse, sistem rezervuarındaki akışkan miktarı eksilmeye başlar ve zamanla rezervuar basıncı düşer. Bu olay, rezervuardan üretim yapan kuyuların üretilebilirliklerinin düşmesine neden olur ve rezervuarın üretim kapasitesinin, dolayısıyla da ona bağlı güç üretim sisteminin, güç üretiminin düşmesine neden olur. Sonuç olarak bu süreç, rezervuarın tükenmesine doğru yol alarak, jeotermal sistemin sürdürülebilirliğinin kaybına sebep olacaktır.

Sürdürülebilirliği kaybolan jeotermal sistemden üretime devam edilmesi durumunda, rezervuar basıncı ve sıcaklığı düşer ve üretim durur. Su baskın jeotermal sistemlerde, böyle bir rezervuarın tekrar başlangıç durumuna dönmesi, modelleme çalışmalarına göre, doğal akışın devam etmesi nedeniyle, 4 ila 6 yüzyıl almaktadır. Bu sebeple jeotermal enerji, yenilenebilir olarak kabul edilir.

Kullanılan suların uygun bir şekilde jeotermal sisteme geri verilmesine "geri basım" denir. Geri basımın gerekçesi olarak çok sayıda neden sıralanabilir, en önemli üç tanesi şunlardır:

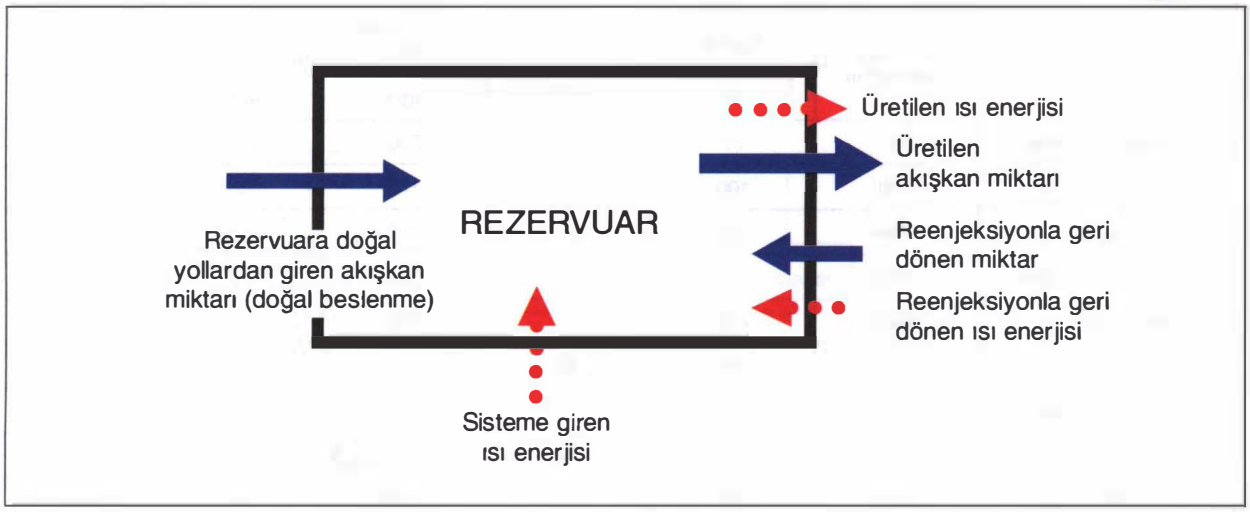
- Çevrenin kirlenmesini önlemek
- Rezervuar basıncını korumak
- Daha çok ısı enerjisi üretmek

Eğer kullanılan sular doğaya salınırsa, içinde bulunan kimyasal maddeler, toprağı ve tatlı suları kirletir. Örneğin tatlı sularda çoğunlukla 0,1 ppm veya daha az bor elementi bulunurken, jeotermal sularda bu değer ülkemizde 80-90 ppm'e kadar yükselmektedir. Oysa 1 ppm'den fazla bor miktarı, birçok bitki için öldürücüdür. Yine jeotermal sularda bolca bulunan Na, K, Mg gibi elementler toprakta birikerek kirlenmesine sebep olur. Doğaya ılık ya da sıcak olarak salınan sular, diğer suların sıcaklığını artıracağından termal kirlenmelere de neden olur.

Diğer yandan, rezervuardan sürekli olarak akışkan üretilmesi durumunda, rezervuardaki akışkan kütlesi azalacak ve tıpkı yer altı sularında gözlendiği gibi su seviyeleri yani rezervuar basıncı düşecektir. Bunun sonucunda, üretim kuyularının verimliliği azalacaktır.

Şekil 8.5'deki rezervuarın akışkan ve kayaçtan oluştuğunu biliyoruz. Başlangıçta akışkan ve kayacın sıcaklıkları eşittir. Hacmin ancak %3-5'i akışkandır ve geri kalanı kayaçtır. Jeotermal saha işletmesi, özünde bir ısı madenciliğidir. Üretilmek istenen (balneolojik ve mineral elde etme amaçlı üretimler hariç) çoğunlukla "ısı" enerjisidir. Oysa jeotermal rezervuarlardaki enerjinin sadece %15 kadarı akışkanda geri kalanı ise kayaçta depolanmaktadır. Bu durumda, kullanılan ve nispeten soğumuş suların tekrar rezervuara basılıp, kayaçtan ısı soğurularak yeniden üretimi daha fazla ısı üretmek için en iyi yöntemdir.

Eğer geri basım, uygun yerlerden yapılmazsa sahada



Şekil 8.5. BİR JEOTERMAL SİSTEME GİREN VE ÇIKAN ISI VE AKIŞKAN DENGESİ

hızlı soğumalara neden olur. Uygun yer, sahanın jeolojik yapısı, üretim ve geri basım kuyuları arasındaki mesafe, konumları ve debileri ile değişir. En uygun yerleri bulabilmek ve olası tehlikeleri erken fark edebilmek için işletme sırasında rezervuarın sıcaklık, basınç ve kimyasal yapısı sürekli izlenmelidir.

Unutulmaması gereken bir konu da, geri basımın yüksek entalpili jeotermal sistemlerde basınç düşümünü durduramamasıdır. Eğer sıcaklıklar 220-230°C'ın üzerine çıkarsa yeryüzüne çıkarılan jeotermal akışkanın %15-20'si buhar olarak kaybedilecek ve geri basımla rezervuara dönmeyecektir. Bu sebeple, bu tür sistemlerde eğer üretimle geri basım arasındaki fark doğal beslenmeyle kapatılamazsa, rezervuarda basınç düşümüyle karşı karşıya kalınacaktır.

8.4. JEOTERMAL ENERJİNİN KULLANIM YOLLARI

Jeotermal sistemler sıcaklıklarına göre üç grupta sınıflandırılmaktadır:

- Düşük entalpili sistemeler : < 0°C
- Orta entalpili sistemler : 90-150°C
- Yüksek entalpili sistemler : > 150°C

Jeotermal akışkanların doğrudan ısısından faydalanılıyorsa "doğrudan kullanım", elektrik üretiminde kullanılıyor ise "dolaylı kullanım" olarak adlandırılmaktadır.

Reistad (1975) kullanma sıcaklığının bir fonksiyonu olarak enerji kullanımını araştırmış ve fosil enerji tüketiminin %40'nın termodinamik olarak ziyan edildiği sonucuna varmıştır. Fosil yakıtlar 1.000-1.500°C sıcaklıkta ısı ürettikleri halde, 250°C'nin altındaki elektrik üretimi dışında, proses ve konut ısıtması için ısı enerjisi olarak kullanılmaktadırlar. Jeotermal enerji, bu aralık içinde fazladan bir katkıda bulunabilir. Bölgesel ısıtmalar, sera ve konut ısıtması, termal kullanım (balneoloji) bu tür doğrudan kullanıma örnektir.

Jeotermal akışkanlar, kullanılmaya başladıkları zamana kadar, bazen yüzyıllarca yeraltında bir çok kayaca temas ederler. Sıcaklığın ve gazların etkisi ile kayaçları çözerek bünyelerinde taşırlar. Bu nedenle jeotermal akışkanların içerisinde, başta lityum olmak üzere birçok değerli metal, sofra tuzu ve diğer mineraller ile karbondioksit, yan ürün olarak bulunabilmektedir.

8.4.1. DOĞRUDAN KULLANIM

Jeotermal akışkanın enerjisinin ısıtmada veya sıcak kullanım suyu üretiminde kullanılmasıdır. Türkiye'de 6 milyon m^2 alan jeotermal enerji ile ısıtılmaktadır. Isıtılan alanlar genel olarak, 100 m^2'lik bir konutun alanı baz alınarak, konut eşdeğeri (KE) şeklinde ifade edilmektedir. Bu kabule göre, 60.640 KE alan jeotermal enerji ile ısıtılmaktadır. Türkiye'de, *Tablo 8.6*'da gösterilen 20 bölgede jeotermal kaynaklı bölgesel ısıtma sistemleri kuruludur.

En büyük ikinci doğrudan kullanım alanı ise sera ısıtmasıdır ve hızla yaygınlaşmaktadır. Son birkaç yılda 1.000 dönümden fazla yeni sera kurulmuştur. Seraların büyük bir kısmı Ege bölgesinde Dikili, Salihli ve Turgutlu yöresinde toplanmıştır. Jeotermal enerji ile ısıtılan alan miktarı 1.309 dönüme ulaşmıştır ve yeni uygulamalarda yapılmaktadır (*Tablo 8.7*).

Termal turizm tesisleri ve kaplıcalar önemli ekonomik değerler yaratan işletmelerdir. Türkiye'de 2 milyondan fazla insanın kaplıcalara gittiği kabul edilmektedir. Toplam tesis sayının 200'den fazla olduğu ve 200 MWt'den fazla enerjinin kaplıcalarda kullanıldığı hesap edilmektedir.

Doğrudan kullanım çerçevesinde jeotermal akışkanların ısısı, endüstriyel proseslerde de kullanılabilir. Bu tür kullanımlar *Şekil 8.8*'de gösterilmektedir.

EPA'ya göre (elektrik üretimi için olanlar da dahil olmak üzere yakıt çevrimindeki tüm kayıplar dikkate alınırsa), jeotermal sistemler fosil yakıt kullanan sis-

Bölge	Devreye Alınma Yılı	T giriş	T çıkış	Maksimum Debi	Kapasite	Konut Eşdeğeri
		°C	°C	kg/s	MW_t	(x100 m²)
Gönen - Balikesir	1987	67	45	200	18,4	2.500
Simav - Kütahya	1991	100	50	175	36,6	2.700
Kırsehir	1994	54	49	270	5,6	1.800
Kızılcahamam-Ank.	1995	70	42	150	17,6	2.600
Balçova-İzmir	1996	118	60	320	77,7	21.500
Afyon	1996	90	45	180	33,9	10.000
Kozaklı - Nevşehir	1996	98	52	100	19,2	1.500
Sandıklı - Afyon	1998	70	42	250	29,3	4.000
Diyadin – Ağrı	1998	65	55	200	8,4	400
Salihli - Manisa	2002	80	40	150	25,1	4.000
Dikili-İzmir	2008	120	60	40	10,0	150
Sarayköy-Denizli	2002	125	60	100	27,2	2.500
Edremit-Çanakkale	2004	60	45	270	16,9	2.740
Bigadiç-Balıkesir	2006	80	50	80	10,0	1.000
Bergama-İzmir	2006	62	40	100	10,0	200
Kuzuluk-Sakarya	1994	80	40	25	11,2	500
Armutlu-Yalova	2000	78	40	30	4,8	250
Güre-Balıkesir	2006	62	52	200	8,5	300
Sorgun-Yozgat	2007	75	50	200	20,9	1.500
Yerköy-Yozgat	2007	60	40	40	3,3	500
				Toplam	**394,6**	**60.640**

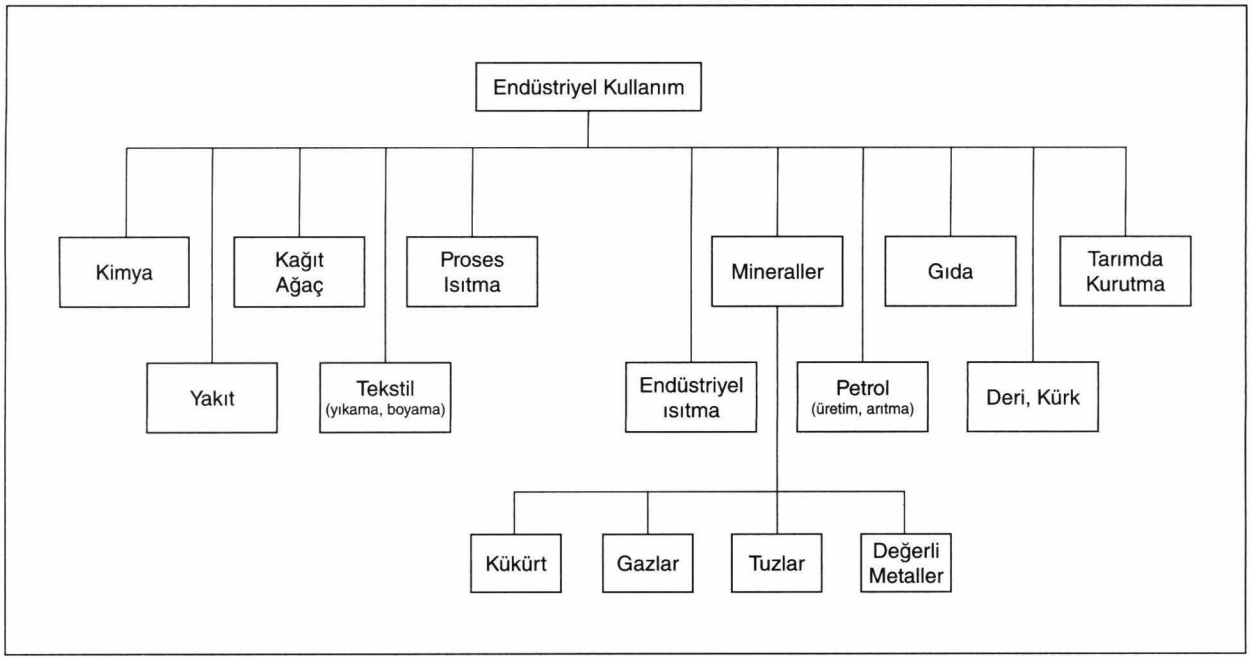
Tablo 8.6. TÜRKİYE'NİN JEOTERMAL KAYNAKLI BÖLGESEL ISITMA KAPASİTESİ

Bölge	Kapasite	Alan
	MW_t	hektar
Dikili - İzmir	77,80	4,59
Salihli - Manisa	14,30	2,50
Turgulu - Manisa	15,40	1,10
Balçova - İzmir	10,50	1,00
Kızıldere - Denizli	18,80	1,58
Gümüşköy - Aydın	2,50	0,50
Diyadin - Ağrı	3,10	0,02
Karacaali - Urfa	10,00	0,60
Sındırgı - Balıkesir	3,00	0,20
Simav - Kütahya	10,00	1,00
Toplam	**165,4**	**13,09**

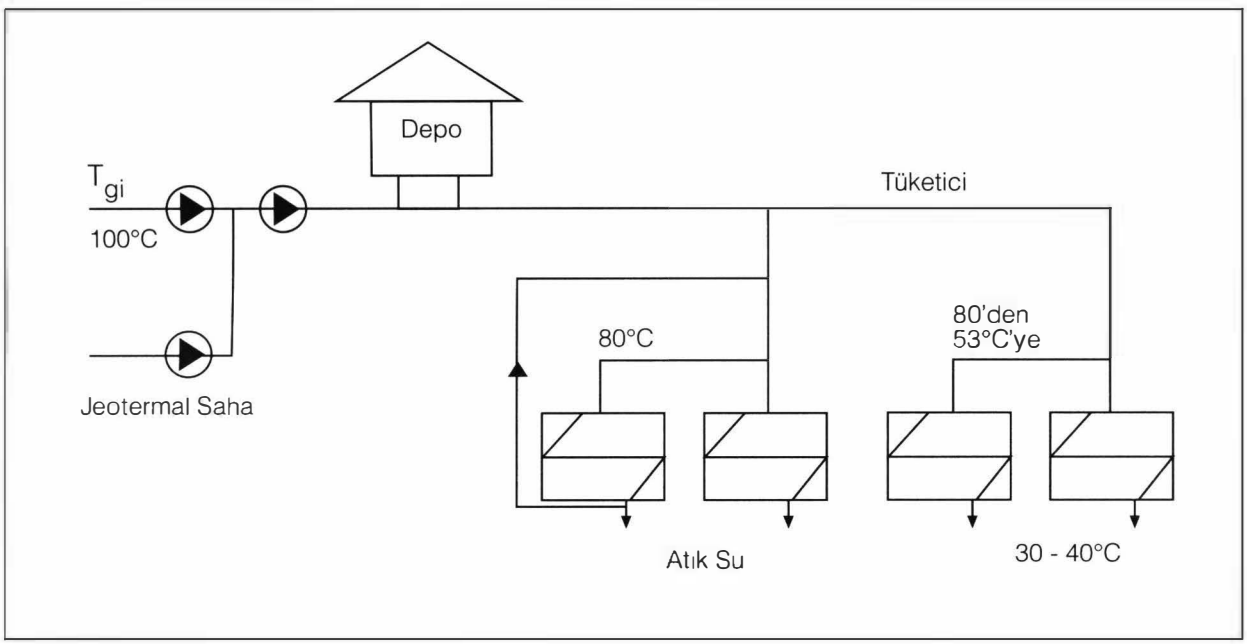
Tablo 8.7. TÜRKİYE'DE JEOTERMAL ENERJİ İLE ISITILAN SERA MİKTARI

temlerden daha verimlidirler. Jeotermal sistemler, gaz yakıtlı sistemlerden %48, sıvı yakıtlı sistemlerden ise %75 daha verimlidirler. Jeotermal akışkanların sıcaklıklarına bağlı olarak bölgesel ısıtma sistemleri tasarlanabilir. *Şekil 8.9*'da gösterilen sistemde, yüksek sıcaklıklı jeotermal sular (80-100°C), sığ kuyulardan üretilir ve birkaç km uzağa taşındıktan sonra kuyudan çekilen bu ısı konutlarda doğrudan kullanılabilir. Bu sistemde, jeotermal ısı ile herhangi bir ek ısıtıcı kullanılmadan bütün ihtiyaç karşılanmaktadır. Tüketiciler bu sistemde, ısıyı değiştirmeden su debisini değiştirerek kontrolü sağlarlar. Daha büyük yüzeyli ısı değiştiriciler kullanılarak dönüş suyu sıcaklığı düşük tutulur.

Şekil 8.10'da gösterilen sistem, orta sıcaklıktaki (60°C) ve orta derecede tuz içeren jeotermal sularla ısıtmayı göstermektedir. Bu sular, daha derin kuyulardan üretilir ve bir ısı değiştiriciden geçirildikten sonra rezervuara geri basılır. Isı değiştiricisinden geçen çalışma sıvısı ise ısıtma tesisatında dolaştırılır. Böylece, tesisatdvaki mineral çökelmesi ve korozyon da önlenmiş olur. Kısa-



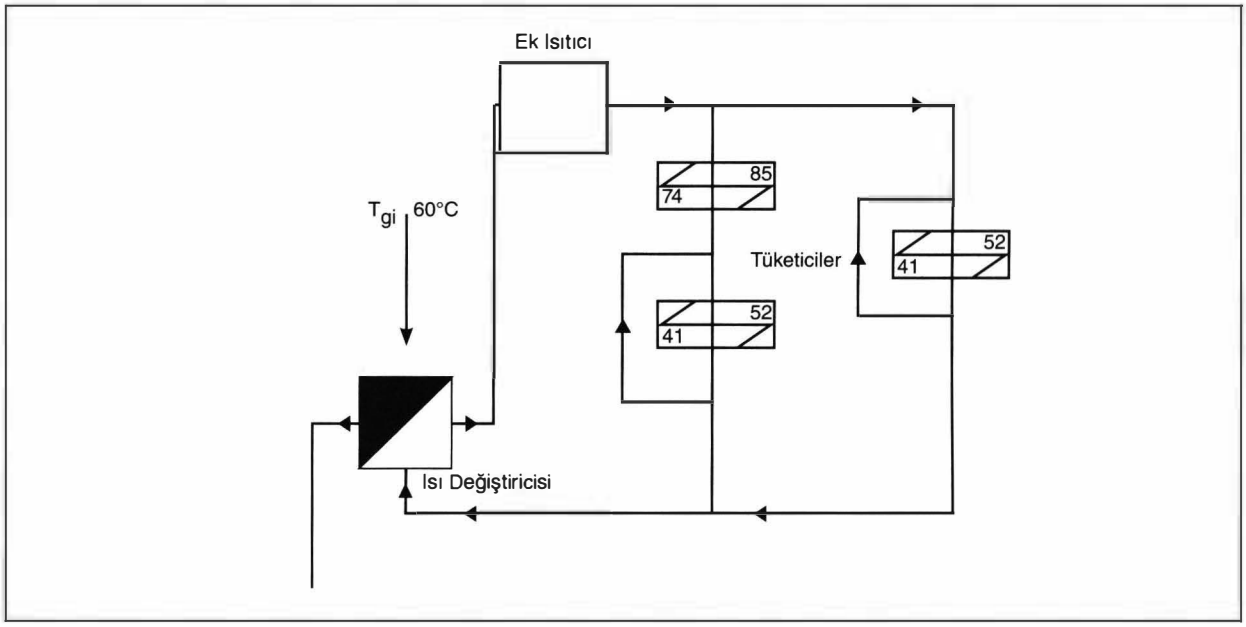
Şekil 8.8. JEOTERMAL ENERJİNİN ENDÜSTRİYEL KULLANIM ALANLARI



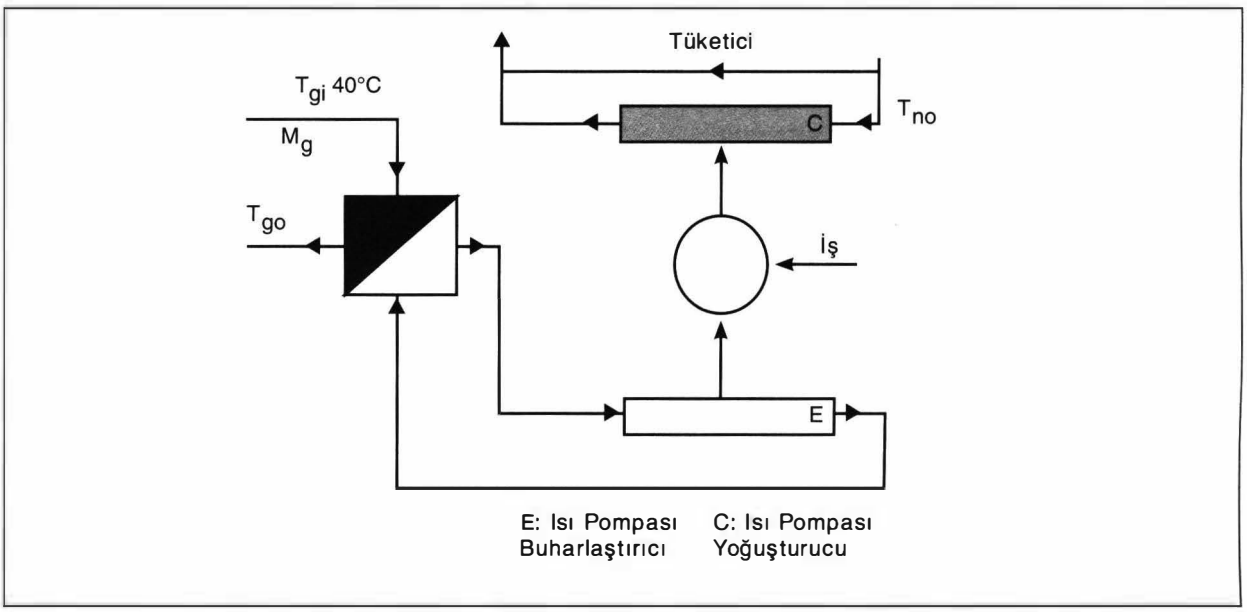
Şekil 8.9. YÜKSEK SICAKLIKLI JEOTERMAL SULARLA ISITMA SİSTEMİ

cası bu sistemde, *Şekil 8.10*'da görüldüğü gibi iki dolaşım devresi bir ısı değiştiricisiyle birbirinde ayrılmıştır. Ek ısıtıcı ile tüm şebekenin ısısı arttırılarak pik yükler için ek ısı sağlanabilir. Bu sistemde, tüketicinin gelen ısı miktarı üzerinde herhangi bir kontrolü yoktur, yalnızca ısı değiştiricilerini kısabilir veya kapatabilir. Bu sistem değişken sıcaklıklarda çalışabilir, fakat sıcaklık kontrolü merkezi sistemde gerçekleştirilmektedir.

Isı pompalarıyla ısıtma, son yıllarda popülerlik kazanmıştır. ABD'de 500.000 konutun ısı pompalarıyla ısıtıldığı bilinmektedir. Avrupa'da da ısı pompaların kullanımı giderek artmaktadır. *Şekil 8.11*'de gösterilen ısı pompalı sistemde kullanılan kuyular, daha da sığ olup, sıcaklıklar daha düşüktür (40°C). Bazen ısı çekilen kaynak kuyu yerine, konutun bahçesine yayılan bir serme boru uygulaması olabilir. Isı, deniz, göl veya bir yüzme havuzundan da çekilebilir. Isı pompalarının bir avantajı da iki yönlü çalışabilmeleri ve kışın ısıtma yaparken, yazın da ters yönde çalışarak, soğutma yapabilmeleridir.



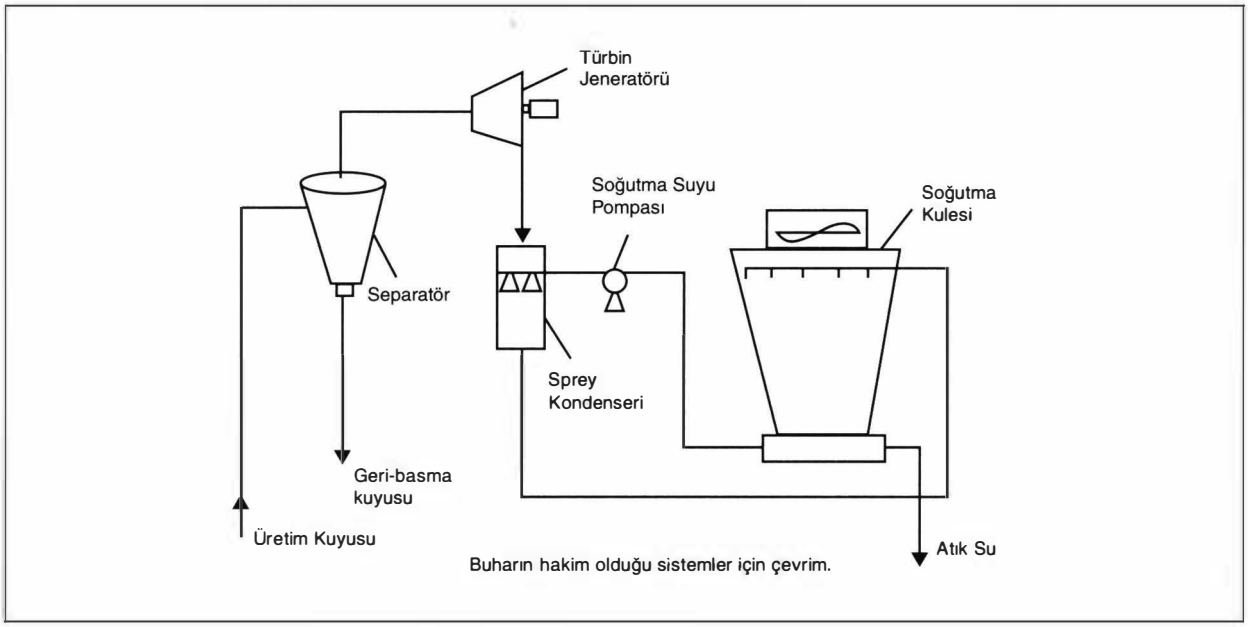
Şekil 8.10. ORTA SICAKLIKTAKİ JEOTERMAL SULARLA ISITMA SİSTEMİ



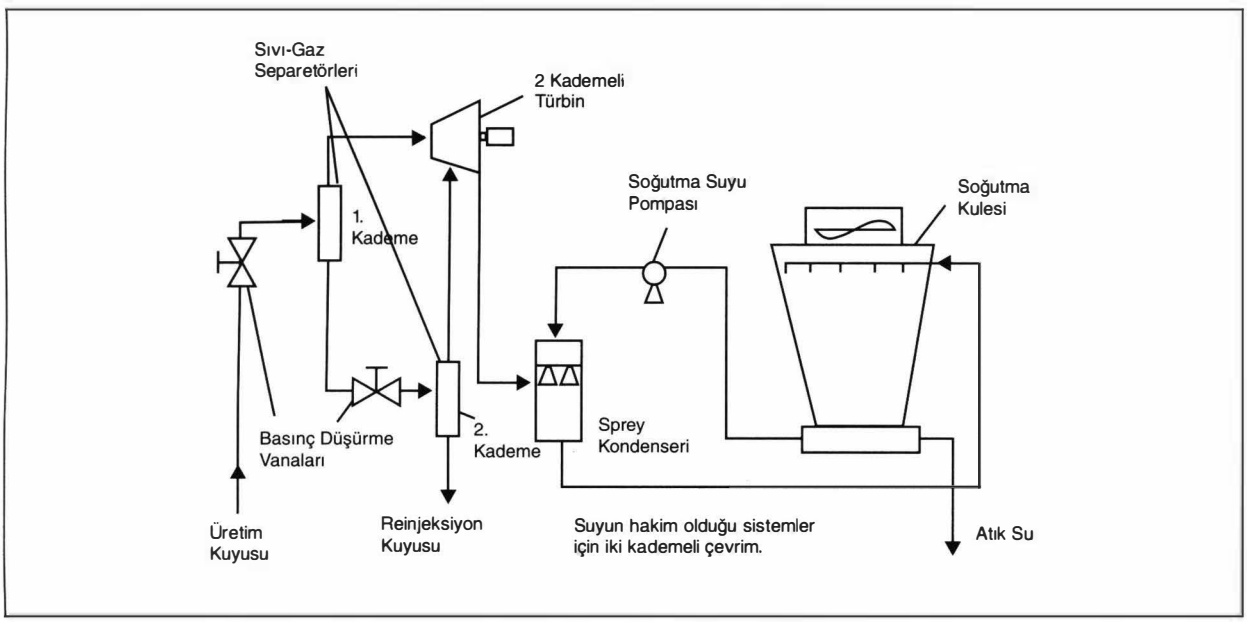
Şekil 8.11. ÇOK DÜŞÜK SICAKLIKLI SULARDAN FAYDALANAN ISI POMPALI ISITMA SİSTEMİ

8.4.2. DOLAYLI KULLANIM - ELEKTRİK ÜRETİMİ

Elektrik üretimi için değişik buhar çevrimi uygulamaları bulunmaktadır. Suyun hakim olduğu jeotermal sistemlerde, üretilen akışkan iki fazlı olduğundan, buharın türbine girmeden önce sıcak sudan ayrılması gerekmektedir. Böyle sahalarda kullanılan çok kademeli ayrışım çevrimlerinin bir şeması *Şekil 8.12*'de sunulmaktadır. Bu tür çevrimler başta Wairaki-Yeni Zellanda, Cerro Prieto-Meksika ve ülkemiz de dahil olmak üzere dünyadaki jeotermal sahaların çoğunda kullanılmaktadır. Bu çevrimde, doymuş buhar, daha düşük bir basınçta yüzeyde bulunan separatörlerde ayrılır. Daha sonra türbine gönderilen buhar, burada genleşerek elektrik enerjisi üretimini sağlar. İki fazlı akışkanın ayrışımından arta kalan sıcak su, ya rezervuara tekrar basılır, ya da atık su olarak yeryüzüne bırakılır. İki fazlı akışkanlardan daha verimli enerji elde etmek için iki kademeli separasyon sistemiyle birlikte çift giriş basıncına sahip türbinler kullanılır. *Şekil 8.13*'de gösterilen bu sistemde, birinci kademe ayrışımdan sonra alınan sıcak su, daha düşük basınçta ikinci bir ayrışıma tabi tutulur. Buradan alınan düşük basınçlı buhar, türbinin alt kademelerine verilerek, üretilen elektrik enerjisi miktarı arttırılır. Türbinin egzost kısmını atmosfer koşullarının altında tutabilmek için, CO_2 gibi yoğuşma-



Şekil 8.12. İKİ FAZLI AKIŞKANDAN ELEKTRİK ÜRETİM ÇEVRİMİ



Şekil 8.13. İKİ FAZLI AKIŞKANDAN ÇİFTE AYRIŞMA (DOUBLE FLASH) YÖNTEMİYLE ELEKTRİK ÜRETİMİ

yan gazları uzaklaştırabilecek bir pompa veya bir enjektör gereklidir.

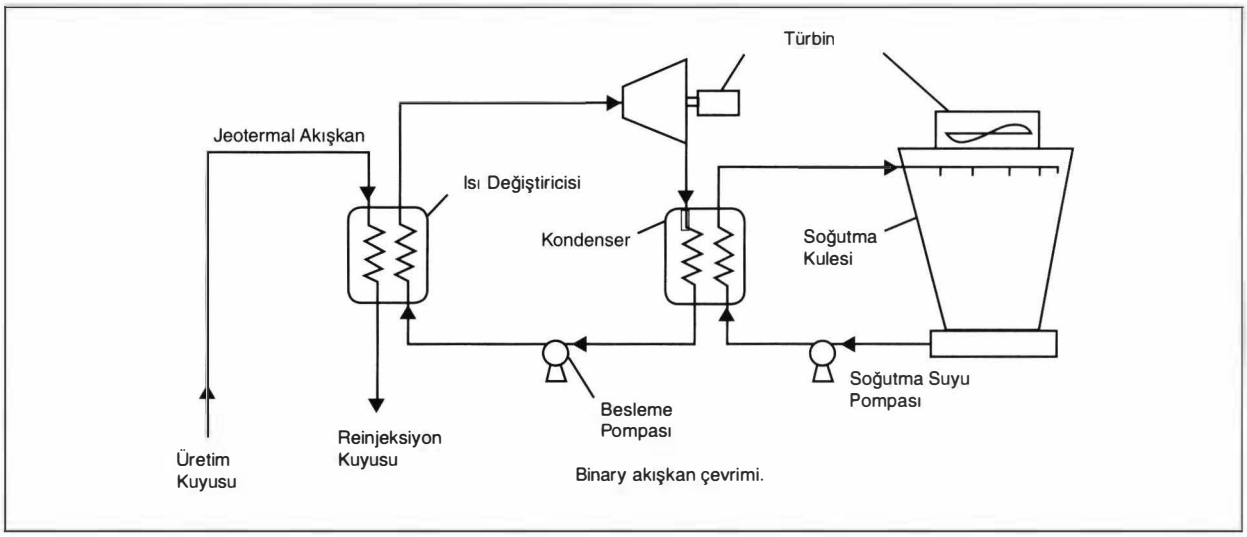
Eğer yoğuşmayan gaz konsantrasyonu çok yüksek, çökelme eğilimi olan ve akışkan sıcaklığı orta derecede ise (150-180°C), *Şekil 8.14*'de gösterilen çift çevrimli veya iki fazlı akış dönüşüm çevrimleri belki de tek seçenek olabilirler.

Türkiye'deki uygulamalarda, elektrik üretimi 1984 yılında Kızıldere sahasında kurulan tek buharlaşmalı jeotermal santraliyle başlamıştır. Bu santraldeki sorunlar nedeniyle uzun yıllar yeni yatırımlar yapılmamıştır. 2006 yılında Salavatlı'da devreye giren, çift çevrimli Dora-1 santralinin teknik ve ticari başarısı üzerine, sektörde hızlı bir canlanma başlamıştır. 2009 başında kurulu güç 90 MWe'ı aşacaktır (*Tablo 8.15*).

8.5. DÜNYADA JEOTERMAL ENERJİ ÜRETİMİ

Dünyada jeotermal enerjiden elektrik ve ısı üretimi *Tablo 8.16*'da verilmektedir.

Öte yandan, doğrudan kullanımın dünyadaki gelişimi *Tablo 8.17*'te verilmektedir. *Tablo 8.17,* 1995-2005 yılları arasında dünyadaki değişik doğrudan kullanım



Şekil 8.14. İKİ FAZLI VE ÇÖKELME SORUNLU AKIŞKANLAR İÇİN "ÇİFT ÇEVRİM"Lİ SİSTEM

Santralın Adı	Üretime Başlangıç Yılı	Kapasite	Maksium Sıcaklık
		MWe	°C
Dora-I Salavatii-Aydın	2006	7,4	172
Dora-II Salavatii-Aydın	2009	9,5	174
Gürmat-Germencik-Aydın	2009	45,0	232
Bereket Enerji-Denizli	2007	7,5	145
Tuzla-Çanakkale	2009	7,5	171
Kızıldere-Denizli	1984	17,8	243

Tablo 8.15. TÜRKİYE'DE JEOTERMAL KAYNAKLARDAN ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİMİ

alanları göstermektedir. Bu alanlar üzerinden incelendiğinde, jeotermal ısı pompaları için kullanılan ısıl enerji oranı yaklaşık %33, banyo ve yüzme havuzu %29, mekan ısıtması %20 (%77'si merkezi ısıtma), sera ve zemin ısıtması %7,5, endüstriyel proses ısısı %4, akuakültür %4 ve diğer kullanımlar %2 olmaktadır.

8.6. TÜRKİYE'NİN JEOTERMAL ENERJİ POTANSİYELİ

Türkiye'nin jeotermal potansiyeli üzerine ilk bilgiler Roberts (1978) tarafından verilmiştir. Roberts Türkiye'nin jeotermal temel kaynak potansiyelini $3,1x10^{23}$ J olarak tahmin etmiştir. Türkiye'nin jeotermal temel kaynak potansiyeli hakkında ikinci bilgiler Serpen, (2000) tarafından sağlanmış ve potansiyel $2,8x10^{23}$ J olarak tahmin edilmiştir. Türkiye için hesaplanan her iki potansiyel değeri, detaylı bir şekilde *Tablo 8.18*'de gösterilmektedir.

Türkiye'den atmosfere atılan ısı akışı değişik araştırmacılar tarafından çalışılmıştır. Bu çalışmalardan orta-

ÜLKE	ELEKTRİK ÜRETİMİ 1995	ELEKTRİK ÜRETİMİ 2005
	MWe	MWe
Avustralya	0,2	0,2
Avustrya	0	1
Çin	29	28
Kosta Rika	55	163
El Salvador	105	151
Etiyopya	0	7
Fransa	4	15
Almanya	0	0,2
Guatemala	0	33
İzianda	50	202
Endonezya	310	797
Italya	632	790
Japonya	414	535
Kenya	45	127
Meksika	753	953
Y. Zelanda	286	435
Nikaragua	35	77
Papua Yeni Gine	0	6
Filippinler	1.227	1.931
Portekiz	5	16
Rusya	11	79
Tayland	0,3	0,3
Türkiye	17,8	17,8
ABD	2.817	2.544
Toplam	**6.795**	**8.910**

Tablo 8.16. DÜNYADA JEOTERMAL ENERJİDEN ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİMİ

Kullanım Alanları	Kapasite (MWt) & Kapasite Faktörü		
	1995	2000	2005
Jeotermal ısı pompaları	1.854 - 0,25	5.275 - 0,14	15.723 - 0,17
Mekan ısıtma	2.579 - 0,47	3.263 - 0,42	4.158 - 0,4
Sera ısıtma	1.085 - 0,46	1.246 - 0,45	1.348 - 0,46
Akuakültür	1.097 - 0,39	605 - 0,61	616 - 0,56
Tarımsal kurutma	67 - 0,53	74 - 0,44	157 - 0,41
Endüstriyel kullanım	544 - 0,59	474 - 0,68	489 - 0,72
Banyo ve yüzme	1.085 - 0,46	3.957 - 0,64	4.911 - 0,49
Soğutma	115 - 0,31	114 - 0,30	338 - 0,18
Diğer	238 - 0,30	137 - 0,70	86 - 0,39
Toplam	**8.664 - 0,41**	**15.145-0,40**	**27.825 - 0,30**

Tablo 8.17. DÜNYADA DEĞİŞİK DOĞRUDAN KULLANIM ALANLARI VE KAPASİTELERİ

Kaynak	< 100°C	100-150°C	150-250°C	> 250°C	Toplam
	Sınıf 1	Sınıf 2	Sınıf 3	Sınıf 4	
Roberts (1978)	1,9	0,84	0,23	0,14	3,1
Serpen (2000)	1,6	0,93	0,32	-	2,9

Tablo. 8.18. TÜRKİYE'NİN JEOTERMAL KAYNAK POTANSİYELİ

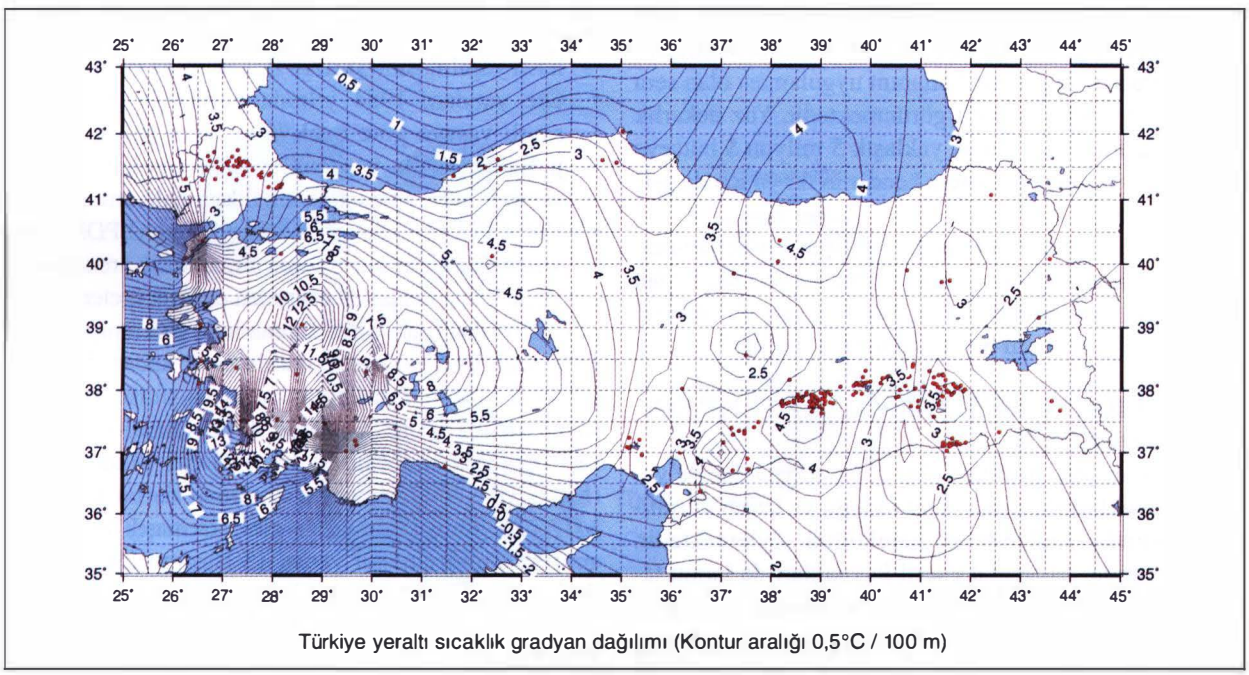
ya çıkan önemli bir sonuç, dünya ortalaması 59 MW/m^2 olan ısı akışının, Türkiye ortalamasının (110 MW/m^2) yaklaşık yarısı kadar olmasıdır. Isı akışı çalışmaları jeotermal gradyenler hesaplanarak yapılmaktadır. *Şekil 8.19*'da görülen sıcaklık gradyenlerinden çıkan önemli bir sonuç da, Ege Bölgesi'nin diğer yörelere göre daha sıcak görünmesidir. Bu durum, diğer bazı bölgeler hakkında çok daha az veri bulunması nedeniyle yanıltıcı olabilir.

Türkiye'nin jeotermal temel kaynak potansiyeli üzerinde Serpen ve Mıhçakan (1999) tarafından daha detaylı bir stokastik model çalışması, daha sonra gerçekleştirilmiştir. Jeotermometreler ve sıcaklık gradyenleri üzerine modellenen ısı akışı haritaları, Türkiye'nin altında depolanan ısı enerjisini tahmin etmek için kullanılmıştır. Bu haritalardan hesaplanan depolanmış ısı değerleri kullanılarak, jeotermal kaynaklar üç gruba ayrılmıştır:

- T<100°C
- 100°C>T>180°C
- T>180°C

Elde edilen veriler üzerinde Monte Carlo simülasyonu uygulanmış ve beklenen jeotermal enerji temel kaynağı ile dönüşebilir enerji tahminleri, her bir grup için hesaplanmıştır. Bu çalışmanın sonuçları *Tablo 8.20*'de görülmektedir.

Son yapılan çalışmalarda elektrik üretimi için 570 MWe görünür, 900 MWe mümkün ve 1.390 MWe'ta olası jeotermal potansiyeli olduğu tahmin edilmiştir. Yine yapılan başka bir çalışmada, ülkemizdeki bölgesel ısıtma sistemlerinin faydalandığı jeotermal kaynakların, 15°C referans sıcaklığında 2.111 MWt görünür, 3.289 MWt mümkün ve 4.974 MWt'ta olası jeotermal potansiyeli olduğu tahmin edilmiştir.



Şekil 8.19. TÜRKİYE'DEKİ JEOTERMAL SICAKLIK GRADYANLARI

Sıcaklık Aralığı	Kullanılabilir Enerji, (10^{21}J)
Doğrudan Kullanım, (<100°C)	4,9
Doğrudan Kullanım, (100-180°C)	8
Elektrik Üretimi, (180-250°C)	0

Tablo 8.20. TÜRKİYE'DE KULLANILABİLİR JEOTERMAL ENERJİ MİKTARI

8.6.1. TÜRKİYE'DE JEOTERMAL ENERJİNİN EKONOMİSİ

Serpen (2005) tarafından Türkiye'de jeotermal kaynak ekonomisi üzerine stokastik bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Elektrik satış fiyatlarının 4,5-5 cent/kWh civarında olması durumunda, ülkemizde jeotermal enerjiden elektrik üretimi karlı görünmektedir. Bu tür yatırımların geri ödemesi 7-8 yılda gerçekleşmektedir. Karlılık, ısı kalitesi (entalpi) ve kaynağın fiziksel büyüklüğü ile artmaktadır. Öte yandan, Şener ve Aksoy, (2007) yaptıkları çalışmada jeotermal enerjiden elektrik üretim maliyetini 5,7 cent/kWh olarak hesaplamışlardır. Bu durum geçen yıllar içinde artan maliyetlerin jeotermal enerjiden elektrik elde etme maliyetlerini doğrudan önemli bir ölçüde etkilediğini göstermektedir.

Öte yandan, benzeri stokastik bir ekonomik çalışma, birçoğu halen kurulu olan merkezi ısıtma sistemleri için gerçekleştirilmiştir. Merkezi ısıtma sistemlerinin ekonomisi, varolan çok düşük ve sabit ısıtma fiyatları ile karlı görünmemektedir. Birçok jeotermal kaynak için merkezi ısıtma sistemi çalışılmış, ancak bir tanesi çok az da olsa karlı bir yatırım olarak bulunmuştur. "Balçova'nın Geliştirilmesinin Kavramsal Planlanması" gibi diğer çalışmalar, Seferihisar-Cumalı jeotermal kaynakları için gerçekleştirilen ekonomik analiz, mevcut fiyatlarla, negatif net şimdiki değer ve iç karlılık oranı ile sonuçlanmıştır.

Diğer taraftan, doğrudan kullanım uygulaması olan sera ısıtmacılığı, oldukça karlı görünmektedir. Yüz dekarlık bir sera alanını inşa etmek yaklaşık 5 milyon $ bütçeye ihtiyaç duyulmakta ve sistem kendisini iki yıl içinde geri ödemektedir

Türkiye'de kaplıca işletmeciliği gelişen bir iş koludur ve kaplıcalarımız yılda 4 milyon yerli müşteri tarafından ziyaret edilmektedir. Türkiye, her biri ayrı bir müşteri grubuna hizmet veren birçok kaplıcaya sahiptir.

8.6.2. TÜRKİYE'DE JEOTERMAL ENERJİNİN YASAL DURUMU

Anayasanın 168. maddesi tüm doğal kaynaklar ile yeraltı kaynaklarının kamuya ait olduğu ve kamu kurumları tarafından kullanılması gerektiğini söylemektedir. Bu bağlamda, jeotermal enerji kaynakları da kamu tasarrufundadır. Bu hakkın, devlet tarafından gerçek ve tüzel kişilere devredilmesi mümkündür. Bu nedenle, ülkemizde devlet adına bu tasarruflar Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Turizm Bakanlığı, veya İl Özel İdareleri tarafından yürütülmektedir. Bu dağınıklık nedeniyle, jeotermal enerji ile ilgili işlemler Cumhuriyetin kuruluşundan bu yana değişik amaçlarla yürürlüğe konulmuş yasa ve yönetmelikler yorumlanarak yürütülmüştür. Kronolojik bir sıralama yapılırsa, jeotermal enerji yasal mevzuatı aşağıdaki gibidir:

- Türkiye'nin jeotermal kaynakları 1920'li yıllardan beri 927 sayılı "Sıcak ve Soğuk Maden Sularının Kullanımı ve Kaplıcalar Tesisatı" adlı jeotermalle ilgili, fakat yetersiz bir yasayla bir yıl öncesine kadar büyük ölçüde idare edilmiştir. Bu yasa, kaplıca ile tesisatlarını yönetmeye yönelik olarak hazırlanmıştı ve jeotermal sular ile kaplıcaların vergi ve hisseleri İl Özel İdarelerine bırakılmıştır.
- Bunun yanında, 1957 yılında çıkan 6977 sayılı yasa içmeye ve yıkanmaya yarayan, sıcak ve soğuk şifalı suların Vilayetlerce Belediye ve Köylere devredilebileceğini söylemiştir. Aynı yasada, bu suların işletilmesi ve denetlemesinin de 1593 sayılı Hıfzısıhha Yasası hükümlerine göre yapılacağı belirtilmişti.
- Jeotermal enerji 1983 yılında bir müddet için 6309 sayılı Maden yasası içine alınmış, ancak daha sonra yürütülemeyince, bu kanundan çıkarılmıştır. Bu arada TPAO'na jeotermal kaynakları arama ve işletme hakkı verilmiş, ancak, yararlı olabilecek bu karardan daha sonra anlaşılamayan bir nedenle geri dönülmüştür.
- 1982 yılında 2634 sayılı Turizm Teşvik Yasası ile 3487 sayılı yasaya maddeler eklenerek, turizm alanları ve merkezleri içinde kalan sıcak ve soğuk şifalı sular ile ilgili yetkiler Turizm Bakanlığına verilmişti. Bu sularla ilgili olarak 1993 tarihinde yayınlanan yönetmelik, bunlarla ilgili rezerv belirlenmesinden en ayrıntılı işletme yöntemlerine kadar tüm işlemlerin yapılmasını Turizm Bakanlığına vermiştir.
- Öte yandan, 1984 yılında yürürlüğe giren 3096 sayılı yasaya göre özel ve yabancı şirketler Enerji Bakanlığı ile yapacakları sözleşmelerle elektrik santralı kurma ve işletme hakkını elde etmişlerdi.
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu'nun (EPDK) 2001 yılında kurulmasından sonra tüm elektrik üreticilerinin ve bu arada jeotermal enerjiden elektrik üretenlerin de EPDK'dan lisans alma zorunluluğu getirilmiştir.

Jeotermal Enerji Yasası çıkarılıncaya kadar, 5177 sayılı yeni Maden Yasasının çıkarılması sırasında, bu yasaya eklenen geçici 5 madde ile jeotermal enerji ruhsat başvurularının Maden İşleri Genel Müdürlüğü'ne (MİGEM) yapılması ve bu kurumun da bu konularda MTA'dan görüş alabileceği gibi, karmaşık bir çözüm getirilmiştir. Jeotermal yasası 13 Haziran 2007 tarihinde kabul edilinceye kadar jeotermal enerji geçici olarak Maden Kanunu'na bağlı kalmış ve İl Özel İdaresi-MİGEM-MTA gibi üç başlı bir otoriteyle yürütülmeye çalışılmaktadır.

IX. BÖLÜM
HİDROELEKTRİK ENERJİ

9.1. GENEL BİLGİ VE KULLANIM AMAÇLARI

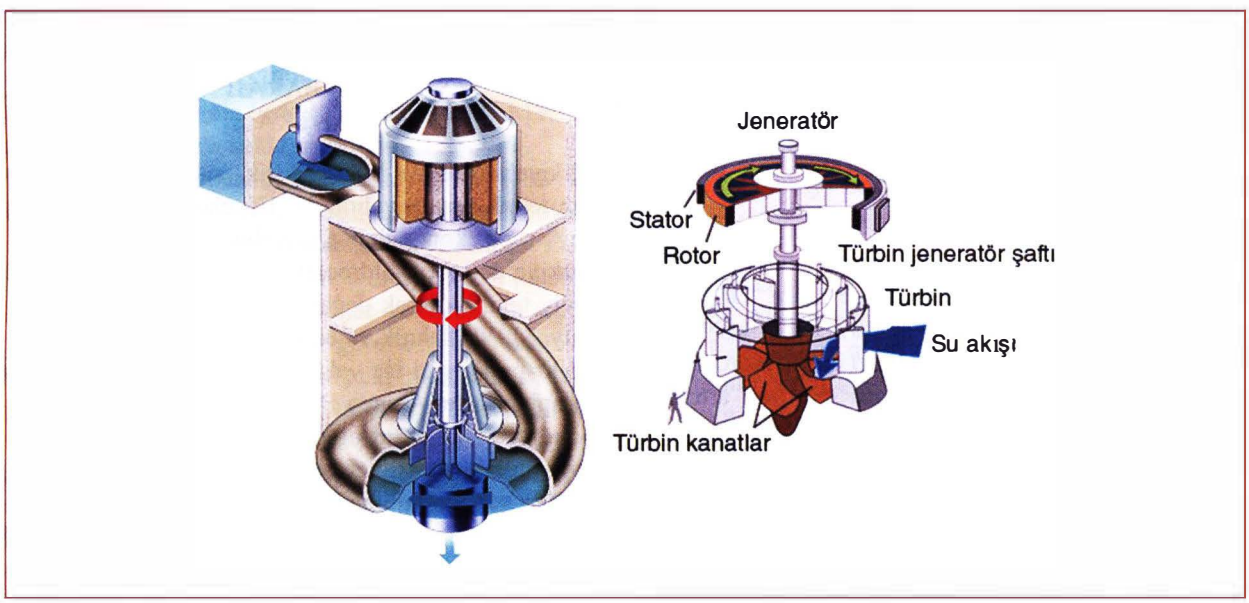
Hidroelektrik enerji, hızla akan suyun enerjisiyle döndürülen elektrik jeneratörlerinden elde edilen elektrik enerjisidir. Hidroelektrik enerji santralleri, evsel yada sanayi kullanım suyu sağlamak amacıyla, akarsuların önü kesilerek oluşturulan baraj göllerinde kurulmaktadır. Hidroelektrik santralin ana bölümleri, boru hatları, hidrolik türbinler, jeneratörler, transformatörler ve suyun akışı ile elektrik enerjisi dağıtımını sağlayan yardımcı donanımlardır. Boru hatları yada tüneller ile su aşağıya doğru türbinlere iletilir. Türbinler, akan suyun hidrolik enerjisini mekanik enerjiye, jeneratörler ise mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren makinelerdir. Transformatörler, elde edilen alternatif akımı uzak mesafelere iletmek üzere çok yüksek gerilim değerlerine yükseltirler.

Bir ülkede, ülke sınırlarına veya denizlere kadar bütün doğal akışların %100 verimle değerlendirilebilmesi varsayımına dayanılarak hesaplanan hidroelektrik potansiyel, o ülkenin brüt teorik hidroelektrik potansiyeli olarak tanımlanabilir. Ancak mevcut teknoloji ve imkanlarla bu potansiyelin tamamının kullanılması mümkün olmadığından, değerlendirilebilecek azami hidroelektrik potansiyeline, kullanılabilir "hidroelektrik enerji potansiyeli" denir. Başka bir deyişle, teknik açıdan kurulabilecek her tesisin kurulması ekonomik verimlilik açısından mümkün olmayabilir. Teknik potansiyelin, mevcut ekonomik şartlar içinde değerlendirilebilecek olan bölümü "ekonomik açıdan kullanılabilir hidroelektrik enerji potansiyeli" olarak adlandırılır.

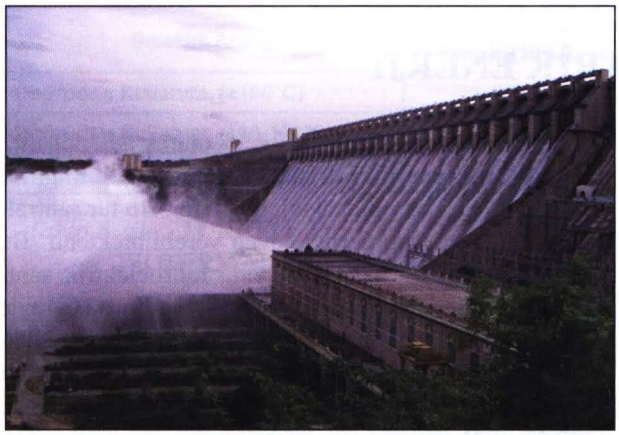
Hidroelektrik enerji santralleri çevre ile olabildiğince uyumludur ve risk potansiyeli düşüktür. Bu tür santraller ani talep değişimlerine cevap verebilmektedir. Bu sebeple ülkemizde de çok sayıda hidroelektrik santral işletilmektedir. Hidroelektrik santraller; çevreyle uyumlu, temiz, yenilenebilir, pik talepleri karşılayabilen, yüksek verimli (%90'ın üzerinde), yakıt gideri olmayan, enerji fiyatlarında sigorta rolü üstlenen, uzun ömürlü (200 yıl), yatırımı geri ödeme süresi kısa (5-9 yıl), işletme giderleri düşük (yaklaşık 0,2 cent/kWh), dışa bağımlı olmayan enerji üretimi sağlarlar. Hidroelektrik santraller diğer enerji üretim tipleri ile kıyaslandığında en düşük işletim maliyetine, en uzun işletim ömrüne ve en yüksek verime sahiptirler. Diğer enerji üretim şekilleri karşısında milli kaynak olan suyu kullanan hidroelektrik santrallere öncelik verilmesi ve teşvik edilmesi için ekonomik, çevresel ve stratejik birçok sebep vardır.

Türbin, çark, şaft, yataklar, kapak, hız regülatör sistemi, basınçlı yağ sistemi, soğutma sistemi, kumanda panosu ve yardımcı bileşenlerden oluşur. Türbin jeneratör şaftı, suyun kanatlarına çarparak dönmesini sağladığı türbin çarkı ile jeneratör rotoru arasında bulunur ve jeneratör rotorunun dönmesini sağlar.

Jeneratör; rotor, stator, yatak, ikaz sistemi, soğutma sistemi, koruma sistemi, kumanda ve işletim sistemi, doğru akım sistemi, kesici ve ayırıcılar ile yardımcı bileşenlerden oluşur. Rotor, çok güçlü bir yatak üzerinde sabit hızla döner. Dönüş sayısı, frekans ve kutup sayısı ile doğru orantılıdır. Enerji stator sargılarından alınır.



Şekil 9.1. HİDROELEKTRİK SANTRAL TÜRBİN ŞEMASI



Şekil 9.2. HİDROELEKTRİK SANTRAL ÖRNEĞİ

9.2. HİDROELEKTRİK SANTRALLERİN DEZAVANTAJLARI

- Bir barajın yapımı sırasında ve öncesinde; uzun süreli yağış analizi ile hidrolojik ve jeolojik çalışmaların yapılması gerekliliği
- Bazı yerleşim yerlerinin ve antik bölgelerin sular altında kalması ihtimali ve bu yerler için ödenecek olan istimlak bedelleri

9.3. HİDROELEKTRİK SANTRALLERİN AVANTAJLARI

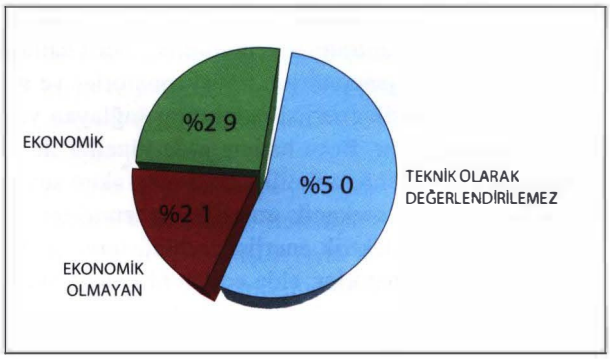
- Yerleşim yerlerinde su ihtiyacının karşılanması
- Sel ve taşkınların önlenmesi
- Tarım arazilerinin sulanması
- Baraj göllerinde yapılabilecek balıkçılık
- Ağaçlandırmaya katkı
- Erozyonun önlenmesi
- Turizmin gelişmesi
- Ulaşımın kolaylaşması
- İklimde yumuşama

9.4. TÜRKİYE'DE HİDROELEKTRİK ENERJİ

Son yıllarda Türkiye'de doğal gaz kullanımının yaygınlaşması ile evlerde doğal gaz kullanımı artmış ve sanayinin artan enerji ihtiyacını karşılamak üzere "Doğal Gaz Çevrim Santralleri" kurulmuştur. Bu nedenle son yıllarda üretilen tüm elektrik enerjisi miktarı içinde hidroelektrik enerjinin payı azalmış, termik enerjinin payı artmıştır. Türkiye'de temiz enerji ve üye adayı olduğumuz Avrupa Birliği politikaları gereği toplam enerji üretiminde hidroelektrik enerjinin payı artırılmalıdır. Türkiye'de hidroelektrik potansiyelin geliştirilmesinde Devlet Su İşleri (DSİ) ve Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİEİ) görevlidir. EİEİ etüt ve planlama aşamasında, DSİ ise planlamayla birlikte projelerin hayata geçirilmesinde görevlidir.

	Brüt HES Potansiyeli	Teknik HES Potansiyeli	Ekonomik HES Potansiyeli
	(GWh/yıl)	(GWh/yıl)	(GWh/yıl)
DÜNYA	40.150.000	14.060.000	8.905.000
AVRUPA	3.150.000	1.225.000	800.000
TÜRKİYE	433.000	216.000	130.000

Tablo 9.3. DÜNYA VE TÜRKİYE HİDROELEKTRİK ENERJİ POTANSİYELİ



Şekil 9.4. TÜRKİYE HİDROELEKTRİK ENERJİSİ POTANSİYEL DAĞILIMI



Şekil 9.5. ASLANTAŞ BARAJI HİDROELEKTRİK SANTRALİ

Türkiye'nin teorik hidroelektrik potansiyeli, dünyanın tüm teorik potansiyelinin % 1'i, ekonomik potansiyeli ise Avrupa ekonomik potansiyelinin % 16'sıdır.
Türkiye'de teorik hidroelektrik potansiyel 433 milyar kWh, teknik olarak değerlendirilebilir potansiyel 216 milyar kWh, teknik ve ekonomik olarak değerlendirilebilir potansiyel ise yaklaşık 130 milyar kWh olarak hesaplanmıştır. Avrupa Birliği'nin yeşil enerji için uyguladığı vergi indirimleri ve destekleme politikaları, ekonomik olarak değerlendirilebilir potansiyelin artmasına katkıda bulunacaktır. Türkiye'de 150 adet hidroelektrik santral bulunmaktadır. Bu santraller, 13.395 MW kurulu güce ve toplam potansiyelin %37'sine karşılık gelen 48.100 GWh'lık yıllık ortalama üretim kapasitesine sahiptir.

Hidroelektrik Santral Projelerinin Mevcut Durumu	Proje Sayısı	Kurulu Güç	Toplam Yıllık Hidroelektrik Enerji Üretimi				
			Güvenilir Enerji	Toplam Enerji	Oran	Kümülatif Enerji	Oran
		(MW)	(GWh)	(GWh)	(%)	(GWh)	(%)
1- İşletmede	142	12.788	33.560	45.930	35,5	45.930	35,5
2- İnşa Halinde	41	4.397	8.817	14.351	11,1	60.281	46,6
3- Gelecekte İnşa Edilecek	589	19.359	37.335	69.173	53,4		
3.1 Kesin Projesi Hazır	13	2.356	4.630	6.919	5,3	67.200	51,8
3.2 Planlaması (Fizibilitesi) Hazır	176	7.269	13.239	26.415	20,4	93.615	72,3
3.3 Master Planı Hazır	99	5.260	10.773	18.280	14,1	111.895	86,4
3.4 İlk Etüdü Hazır	301	4.474	8.693	17.559	13,6	129.454	100,0
Toplam Potansiyel	**772**	**36.544**	**79.712**	**129.454**	**100,0**	**129.454**	**100,0**

Tablo 9.6. TÜRKİYE'DE HİDROELEKTRİK ENERJİ POTANSİYELİNİN PROJE SEVİYELERİNE GÖRE DAĞILIMI (Şubat 2007)

SINIFLANDIRMA	HİDROELEKTRİK SANTRAL SAYISI	TOPLAM KURULU GÜÇ	TOPLAM GÜVENİLİR ENERJİ	YILLIK ORTALAMA ENERJİ
		(MW)	(GWh/Yıl)	(GWh/Yıl)
< 10 MW	30	1.143	1.591	5.163
10-50 MW	185	4.558	8.787	18.301
> 50 MW	97	13.658	26.956	45.709
TOPLAM	**589**	**19.359**	**37.335**	**69.173**

Tablo 9.7. PROJE SEVİYESİNDEKİ HİDROELEKTRİK SANTRALLERİN KURULU GÜÇLERİNE GÖRE DAĞILIMI (Şubat 2007)

3.497 MW kurulu güç ve toplam potansiyelin %9'u olan 11.270 GWh'lık yıllık üretim kapasitesine sahip olması beklenen 40 hidroelektrik santral ise inşa halindedir. Geriye kalan 70.563 GWh/yıl'lık potansiyeli kullanabilmek için 526 hidroelektrik santral projesi mevcuttur ve bununla birlikte toplam 36.697 MW kurulu güce ulaşılması beklenmektedir.

ABD teknik hidroelektrik potansiyelinin %86'sını, Japonya %78'ini, Norveç %68'ini, Kanada %56'sını, Türkiye ise %21'ini kullanmaktadır. Uluslararası Enerji Ajansı'nca (IEA) 2020 yılında dünya enerji tüketimi içerisinde hidroelektrik ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklarının payının bugüne göre %53 oranında artacağı öngörülmüştür. Bu, her güçteki hidroelektrik enerjinin değerlendirilebileceği anlamına gelmektedir. Avrupa Komisyonu, Birlik stratejileri kapsamında Avrupa Birliği (AB) ülkeleri içerisinde 2010 yılına kadar iç brüt enerji tüketimindeki yenilenebilir enerji payını iki katına (%6'dan %12'ye), elektrik üretimi kapsamında ise %22,1'e çıkartmak için bir eylem planını yürürlüğe koymuştur.

9.5. TEMEL KAVRAMLAR VE BİLGİLER

9.5.1. TOPOGRAFYA ETÜDÜ

Havza alanına, bu havzanın jeolojik durumuna, bitkilere ve yağışa göre havzadan elde edilebilecek su miktarı değişkendir. Akarsuyun bir noktasına ait olan havza, o noktayı besleyen tüm arazi parçasıdır. Bir havza, etrafındaki diğer havzalardan bölüm çizgisi ile ayrılır.

Havza alanının üç önemli özelliğinin tespit edilmesi şarttır. Alanın yükseltiye göre dağılımı, buzulların (varsa) kapladığı alan, toprağın geçirgenliği ve bu özelliğinin yayılımı, akarsu uzunluğu profili, uzunluğa göre yükseltiyi verir. Verilere göre diyagram çizilirken, uzunluk ölçeği yükseklik ölçeğinin aynısı olmayacaktır. Bu eğri, taban yüzeyi ve serbest yüzey için çizilebilir. Nehrin döküldüğü yere doğru serbest su yüzeyinin eğimi azalır, dolayısıyla alçak rakım değerlerinde küçük düşüşlere rastlama şansı daha büyüktür.

Sıra No	Barajın Adı	İnşaatın				Gövde Hacmi	Kret Kotu	Yüksekliği			Normal Göl Hacmi	Göl Alanı	Enerji Faydası	
		Başlama Yılı	Bitiş Yılı	Akarsu	İli			Temelden	Talvegden	Normal Su Kotu			Güç	Yıllık Üretim
						bin m^3	m	m	m	m	hm^3	km^2	MW	GWh
1	Atatürk	1983	1992	Fırat	Şanlıurfa	84.500	549	169	166	542	48.700,00	817	2.400	8.900
2	Karakaya	1976	1987	Fırat	Diyarbakır	2.000	698	173	158	693	9.580,00	268	1.800	7.354
3	Keban	1965	1975	Fırat	Elazığ	15.585	848	207	163	845	31.000,00	675	1.330	6.000
4	Altınkaya	1980	1988	Kızılırmak	Samsun	16.000	195	195	140	190	5.763,00	118,31	700	1.632
5	Birecik (2)	1993	2000	Fırat	Şanlıurfa	9.209	389	63,5	53,5	385	1.220,20	56,25	672	2.518
6	Oymapınar	1977	1984	Manavgat	Antalya	676	185	185	157	184	300	4.7	540	1.620
7	Berke (2)	1991	2001	Ceyhan	K. Maraş	735	346	201	186	345	427	7.8	510	1.672
8	Hasan Uğurlu	1971	1981	Yeşilırmak	Samsun	9.223	195	175	135	190	1.073,75	22,66	500	1.217
9	Sır (2)	1987	1991	Ceyhan	K. Maraş	494	443	116	106	440	1.175,00	47,5	284	725
10	Gökçekaya	1967	1972	Sakarya	Eskişehir	650	392	158	115	388	157	20	278	562
11	Batman	1986	2004	Batman	Batman	5.400	668,5	85,5	71,5	665	1.075,00	49,25	198	483
12	Karkamış	1996	1999	Fırat	Maraş	1.537	346	40	22,5	340	157	28	180	652
13	Özlüce	1985	1998	Peri	Bingöl	14.000	1.144	144	124	1.140	1.075,00	25,8	170	413
14	Çatalan	1982	1996	Seyhan	Adana	17.000	130	82	70	125	2.126,33	81,86	169	596
15	Sarıyar (2)	1950	1956	Sakarya	Ankara	568	480	108	90	475	1.900,00	83,83	160	400
16	Gezende	1979	1990	Ermenek	İçel	83	335	75	71	333	91,9	3,97	159	528
17	Aslantaş	1975	1984	Ceyhan	Adana	8.493	160	95	78	146	1.150,00	49	138	569
18	Hirfanlı	1953	1959	Kızılırmak	Kırşehir	2.000	860	83	78	851	5.980,00	263	128	400
19	Menzelet	1980	1989	Ceyhan	K. Maraş	8.700	614,5	156,5	136,5	609,4	1.950,00	42	124	515
20	Kılıçkaya	1980	1989	Kelkit	Sivas	6.900	855	134	103	850	1.400,39	64,42	124	332
21	Muratlı	1999	2005	Çoruh	Artvin	1.981	100	49	44	98	74,8	4,12	115	444
22	Dicle	1986	1997	Dicle	Diyarbakır	2.180	718	87,5	75	715,5	595	24	110	298
23	Yamula	1998	2005	Kızılırmak	Kayseri		1104	130	120	984	2.025	85,3	100	422
24	Borçka	1999	1999	Çoruh	Artvin	7.785	189	146			419	10,8	300	1.039

Tablo 9.8. TÜRKİYE'DE KURULU KAPASİTESİ 100 MW'DAN BÜYÜK VE İŞLETMEDE OLAN BARAJ VE HES'LER

NO	Hidroelektrik Santral Adı	İli	Kurulu Güç	Yıllık Üretim	Proje Bitiş Tarihi
			MW	GWh	
1	Akköprü	Muğla	115	343	2009
2	Alpaslan 1	Muş	160	488	2008
3	Atasu	Trabzon	45	151	2011
4	Boğazköy	Bursa	10	20	2009
5	Cindere(1)	Denizli	29	88	2008
6	Çine	Aydın	40	118	2010
7	Deriner (2)	Artvin	670	2.118	2009
8	Dim (1)	Antalya	38	123	2008
9	Ermenek	Karaman	309	1.187	2009
10	Ilısu	Mardin	1.200	3.833	2014
11	Kığı	Bingöl	140	423	2011
12	Kılavuzlu	Kahramanmaraş	57	100	2008
13	Kirazlıköprü	Kastamonu	12	41	2010
14	Köprübaşı (1)	Zonguldak	74	203	2009
15	Kumköy (1)	Samsun	10	65	2008
16	Manyas	Balıkesir	20	59	2008
17	Obruk	Çorum	200	473	2008
18	Süreyyabey (Aş. Çekerek)	Yozgat	14	50	2011
19	Topçam	Ordu	60	200	2010
20	Torul	Gümüşhane	103	322	2008
21	Uluabat-Çınarcık (1)	Bursa	120	548	2009
22	Uzunçayır (1)	Tunceli	71	317	2008
Toplam			3.497	11.270	

Tablo 9.9. DSİ TARAFINDAN İNŞA EDİLMEKTE OLAN HİDROELEKTRİK SANTRALLAR

9.5.2. AKARSUYUN REJİMİNİ TAYİN EDEN FAKTÖRLER

Yağış; yağmur, kar, dolu, çiğ ile toprağa düşen su miktarını ifade eder. Pluviometre denilen aletlerle ölçülür. Yağışlar, aylık ve yıllık ortalama değerler ile değerlendirilir. Pluviometre, yüzey kesiti 1 dm^2 olan bir alet olup toplanan su miktarını yükseklik olarak vermektedir. Yıllık yağış miktarı ise yılda 1 m^2'ye düşen yağış miktarıdır ve kg olarak ölçülür.

Toprağa düşen suyun tamamı akarsuya karışmaz. Buharlaşma ve bitkilerin solunumu ile bir miktar su tekrar geri gönderilir, bir miktar da yeraltına iletilir. Örneğin, Akdeniz ikliminde serbest yüzeyden bir senede buharlaşan miktar 70-100 cm'lik bir tabakadır. Bu değer tropik bölgelerde 200-300 cm'yi bulmaktadır.

9.5.2.1. Debi Hesabı

Hidroelektrik santrallerde kullanılan türbinler, su gücüyle çalıştığı için, türbin seçimi bakımından bu türbinlere birim zamanda gelen su miktarının önemi büyüktür. Bu yüzden, bir hidroelektrik santralin kurulum aşamasında kullanılacak türbin seçiminde dikkat edilmesi gereken başlıca noktalardan biri akarsuyun debisidir. Bu debi, akarsuyun çeşitli yerlerine konulan akım gözlem istasyonları aracılığıyla belirlenir. Fakat bir akarsuyun debi değerlerinin güvenilir olması için o akarsuda yıllar boyunca ölçüm yapılmış olması gerekir. Ancak bu sayede güvenli ve kesin bir şekilde türbin hesabı yapılabilir. Akım gözlem istasyonlarında yapılan ölçümlerle günlük ortalama debi ve yıllık ortalama debi değerleri hesaplanır.

9.5.2.2. Net Düşü Hesabı

Türbin seçiminde kullanılan diğer bir kriter de düşü hesabıdır. Düşü hesabında öncelikle brüt düşü belirlenir. Brüt düşü, bir akım gözlem istasyonunun hidroelektrik santralden yüksekliğidir. Fakat bu değer türbine ulaşana kadar çeşitli kayıplara uğrar. Bu kayıplar, suyun boru içinde sürtünmesinden dolayı oluşan lineer kayıplar ve sistemdeki filtre, manşon, vana vb elemanlardan dolayı oluşan lokal kayıplardır. Sürtünme ve lokal kayıplar toplam kaybı oluşturur. Türkiye'de yapılan çalışmalarda, toplam kayıpların, yaklaşık olarak geometrik yüksekliğin (Hg) %3 ile %5'i arasında değiştiği görülmektedir. Net düşü de, geometrik yükseklik ile kayıpların farkına eşittir.

X. BÖLÜM
NÜKLEER ENERJİ

Atom çekirdeklerinin parçalanması sonucunda büyük bir enerji açığa çıkmaktadır. Ağır atom çekirdeklerinin nötronlarla bombardımanı sonucunda bu çekirdeklerin parçalanması sağlanabilir; bu tepkimeye "fisyon" adı verilmektedir. Her bir parçalanma tepkimesi sonucunda açığa fisyon ürünleri, enerji ve 2-3 adet nötron çıkmaktadır. 1 kg U-235 izotopunun parçalanması sonucu açığa çıkan enerji yaklaşık 1,3 milyon kg kömürün yanmasına eşdeğerdir.

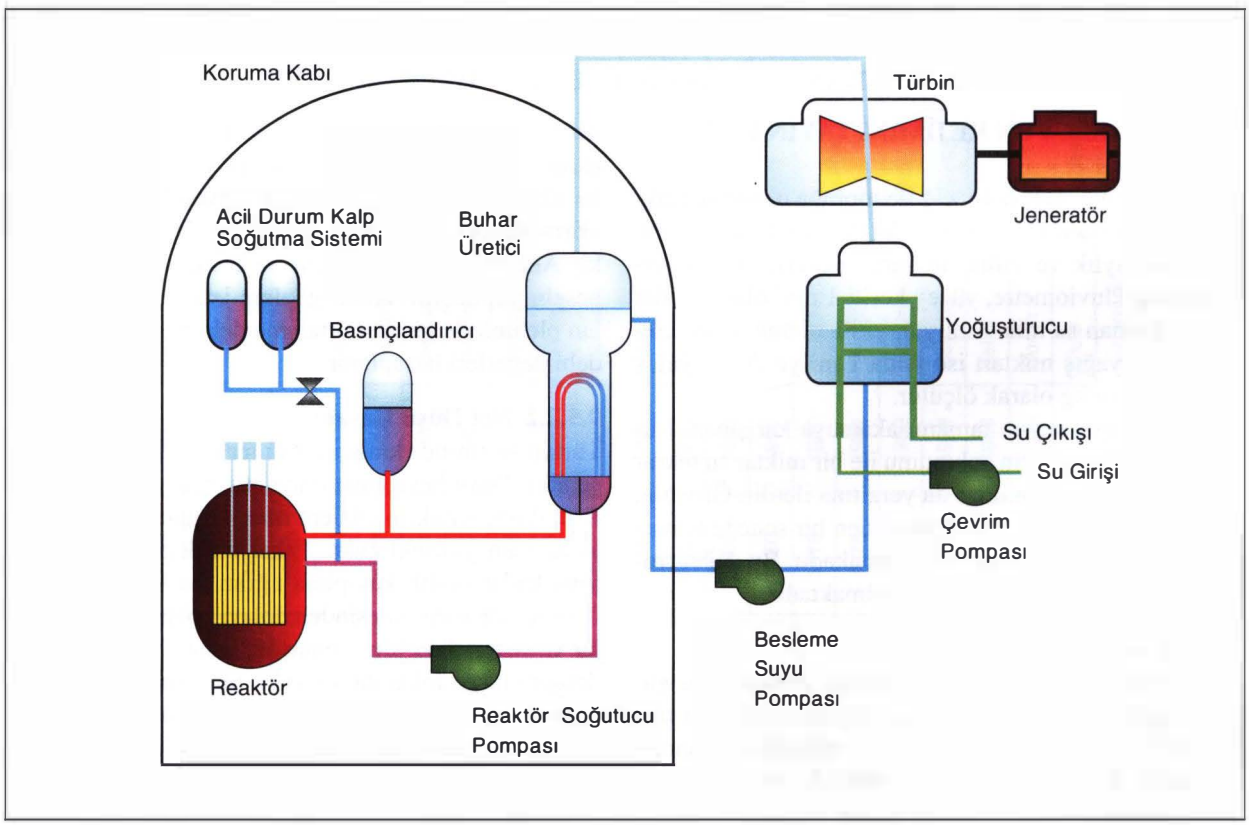
Uygun şekilde tasarlanan bir sistemde tepkime sonucu açığa çıkan nötronlar kullanılarak parçalanma tepkimesinin sürekliliği sağlanabilir (zincirleme tepkime). Bunun haricinde, hafif atom çekirdeklerinin birleşme tepkimeleri de büyük bir enerjinin açığa çıkmasına sebep olmaktadır. Bu birleşme tepkimesine "füzyon" adı verilmektedir. Bu tepkimenin sağlanabilmesi için atom çekirdeğinde bulunan artı yüklerin birbirini itmesinden kaynaklanan kuvvetin yenilmesi gereklidir. Bu nedenle çok yüksek sıcaklığa çıkılan sistemler kullanılmaktadır. Çok yüksek sıcaklıkta yüksek enerjiye ulaşan atom çekirdeklerinin çarpışması ile füzyon tepkimesi sağlanabilmektedir. Fisyon ve füzyon tepkimeleri ile elde edilen enerjiye "çekirdek enerjisi" veya "nükleer enerji" adı verilmektedir.

10.1. NÜKLEER HAMMADDE: URANYUM, TORYUM

Uranyum, temel nükleer yakıt hammaddesidir. Günümüzde nükleer enerji santrallerinde yakıt olarak kullanılmaktadır. Doğadaki uranyumun binde yedisi (%0,71) bölünebilme yeteneğine sahip (fisil) uranyum-235 izotopu içerir. Doğal uranyumlu yakıt, ağır su (döteryum-hidrojenin bir izotopu) ile soğutulan reaktörlerde kullanılmaktadır. Hafif su ile soğutulan reaktörlerde ise zenginleştirilmiş uranyum yakıtı kullanılmaktadır. Zenginleştirilmiş uranyum, doğal uranyum içindeki U-235 izotopu oranının artırılması ile elde edilmektedir.

Toryum, fisil bir madde olmadığı için tek başına nükleer yakıt olarak kullanılamaz ve fisil bir izotop olan U-233'e dönüşebilmesi için bir tetikleyiciye (nötron) gereksinimi vardır. Bu nedenle, nükleer yakıt olarak kullanılabilmesi için fisil izotoplar olan U-235 veya Pu-239 ile birlikte kullanılmalıdır.

Toryumun nükleer yakıt olarak kullanılması ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır ancak günümüzde toryumla çalışan büyük ölçekli bir nükleer reaktör bulunmamaktadır.



Şekil 10.1. NÜKLEER ENERJİ ÜRETİMİ

10.2. NÜKLEER SANTRALLERDEN ELEKTRİK ÜRETİMİ

Nükleer reaktörler, nükleer enerjiyi elektrik enerjisine dönüştüren sistemlerdir. Temel olarak, fisyon sonucu açığa çıkan nükleer enerji, nükleer yakıt ve diğer malzemeler içerisinde ısı enerjisine dönüşür. Bu ısı enerjisi, bir soğutucu vasıtasıyla çekilerek bazı sistemlerde doğrudan, bazı sistemlerde ise ısı enerjisini başka bir taşıyıcı ortama aktararak türbin sisteminde kinetik enerjiye ve daha sonra da jeneratör sisteminde elektrik enerjisine dönüştürülür. Malzemelerin çeşitli fiziksel, kimyasal ve nükleer özellikleri nedeniyle pek çok değişik nükleer reaktör tasarımı mevcuttur. *Şekil 10.1*'de basınçlı su reaktörünün basit şeması verilmiştir. Bu tasarımda, reaktördeki nükleer enerji ile elde edilen kızgın su, ısı enerjisini buhar üreteçlerinin ikinci devresindeki suya aktararak buhar üretmekte ve bu buhar ile türbin-jeneratör sistemi döndürülerek elektrik enerjisi üretilmektedir.

Yakıt Türü	Enerji Değeri
1 kg Odun	1 kWh
1 kg U^{235}	3.900.000 kWh
1 kg Kömür	3 kWh
1 kg Petrol	4 kWh
1 kg Uranyum	50.000 kWh
1 kg Plütonyum	6.000.000 kWh

Tablo 10.2. ÇEŞİTLİ YAKITLARIN ENERJİ DEĞERLERİ

10.3. NÜKLEER SANTRALLERDE GÜVENLİK

Nükleer santrallerde, nükleer maddelerin çevreye bırakılmamasını ve aynı zamanda nükleer reaksiyon sonucunda oluşan ısının her durumda reaktörden alınmasını garanti edecek şekilde birçok güvenlik önlemi alınır. Nükleer maddelerin dışarıya sızmaması için kademeli koruma önlemleri, oluşan ısının alınması için ise yine kademeli ve yedekli sistem ve bileşenler bulunmaktadır Nükleer yakıt, seramik formunda, yaklaşık 1 cm çap ve yüksekliğinde silindirik parçaların ardarda dizilmesiyle yine silindirik biçimde kapalı ve sızdırmaz tüpler içinde bulunur. Binlerce tüpün aralarından soğutucu suyun geçmesine izin verecek şekilde, bir araya getirilmesi ile reaktör kalbi oluşturulur. Bu kalp paslanmaz çelikten yapılan bir basınç kabının içinde bulunur (basınçlı veya kaynar sulu reaktörlerde). Basınç kabı ve buna bağlı sistemler ise reaktör korunak binası adı verilen betondan kubbeye benzeyen bir yapının içinde bulunurlar. Dolayısıyla, yakıt içinde bulunan radyoaktif maddelerin çevreye ulaşmasını önlemek için aşması gereken iç içe pek çok engel bulunur. Bunlar en içten dışa doğru:

Yakıt: Nükleer yakıtların seramik yapıda olmaları nedeniyle radyoaktif maddelerin sadece %1'i yakıttan dışarı çıkabilir.

Yakıt Zarfı: Nükleer yakıt elemanları, zirkonyum alaşımından yapılmış iki ucu kapalı silindirik bir boru içerisindedir. Bu borular, aşınmaya karşı çok dayanıklı olup radyoaktif maddelerin soğutucuya geçmesini engellerler.

Reaktör Kabı (Kalbi): Paslanmaz çelikten imal edilen bu kap, basınç, sıcaklık ve radyoaktiviteye karşı oldukça dayanıklıdır. Tasarımları, üretimleri ve testleri titizlikle yapılır.

Beton Zırh: Reaktörün en dışında, biyolojik kalkan görevi yapan, 120 cm kalınlıkta betondan yapılmış zırh bulunur. Dışarıya radyasyon çıkmamasını garanti altına alır.

Birinci ve İkinci Koruma Kabuğu: Birinci kabuk çelikten imal edilmiştir, santralin nükleerle ilgili tüm parçaları bu kabuğun içerisinde yer alır. İkinci kabuk ise 1,5-2 metre kalınlıkta betonarme yapıda olup son koruyucu bariyerdir. Her iki koruma kabuğu da olası bir kaza durumunda radyoaktif sızıntıların çevreye ulaşmasına engel olur. Ayrıca, reaktör ekipmanlarının dışarıdan oluşabilecek saldırılar gibi etkilerden korunmasını sağlarlar.

Nükleer santrallerin yapımında diğer önemli husus, santralin yapılacağı yerin doğru seçilmesidir. Yer seçiminde en önemli kriter, reaktörün yapılacağı bölgenin sismik ve meteorolojik özellikleridir. Sismik özellik, meydana gelebilecek bir depremde, santrale ne kadar ivmeyle kuvvet uygulanacağını göstermesi açısından önemlidir. Nükleer santral genellikle, santral sahasından yaklaşık 60 km uzaklıkta Richter ölçeğine göre 8 ve santral yerinin 30 km derinliğinde Richter ölçeğine göre 6,5 büyüklüğünde meydana gelebilecek depremlere karşı önlem alınabilecek şekilde tasarlanır. Meteorolojik olaylar da (hortum, tayfun, sel gibi doğal afetler) tasarımda dikkate alınır.

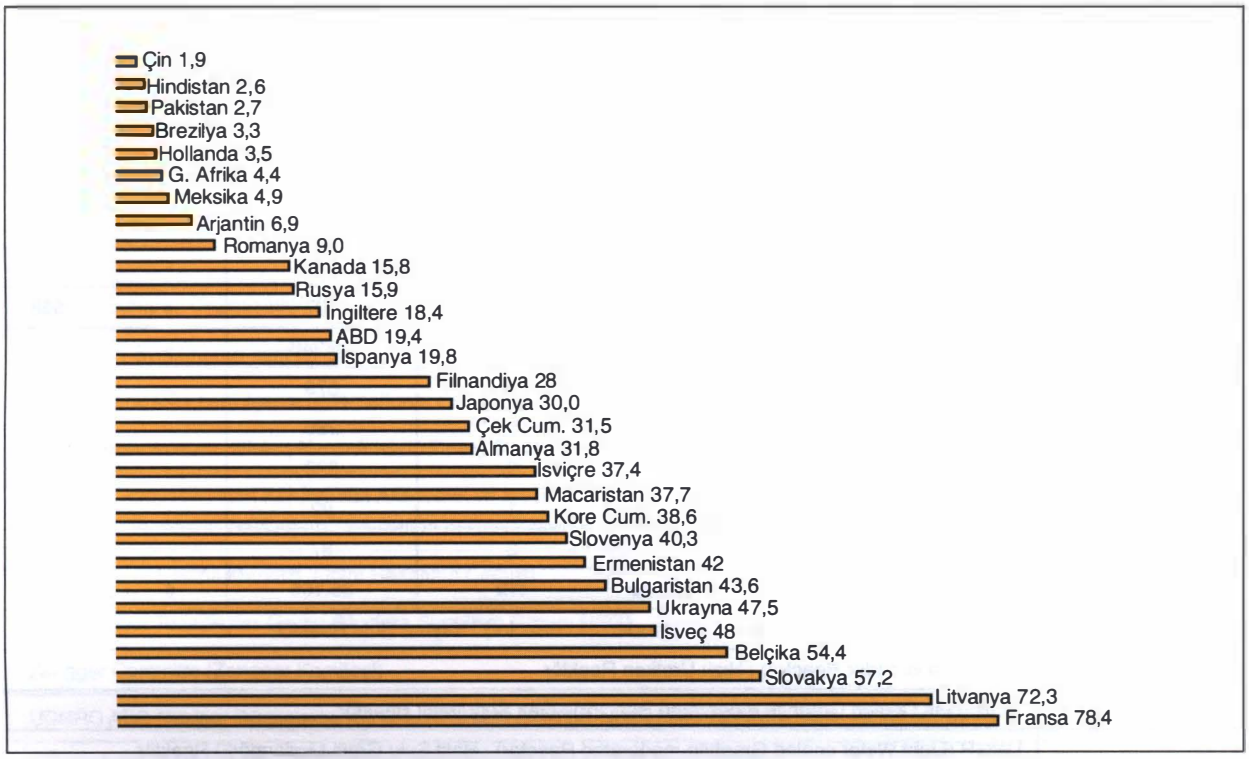
10.4. NÜKLEER REAKTÖRLERİN ENERJİ ÜRETİMİ DIŞINDAKİ KULLANIM ALANLARI

Nükleer reaktörler, tıp ve endüstride kullanılan yararlı radyoizotopların üretilmesinde de kullanılırlar. Kanser tedavisinde ve tiroid bozukluklarının teşhis ve tedavisinde kullanılan İyot 131, doktorların görüntüleme amacıyla kullandıkları çeşitli tarayıcı cihazlarda kullanılan Teknesyum 99, akciğer havalanmasının ve kan akışının ölçülmesinde yararlanılan Ksenon 133, boru kaynaklarının tahribatsız muayenesinde kullanılan Kobalt 60 bu izotoplara örnek olarak verilebilir.

Nükleer santrallerde elde edilen fazla enerji ise, ev ve seraların ısıtılması, tuzlu sudan içilebilir su elde edilmesi, petrol üretimi gibi alanlarda kullanılmaktadır.

Ülke	İşletmede		İnşa Halinde		Tekrar Çalıştırılmamak Üzere Kapalı		Uzun Süredir Kapalı	
	Ünite Sayısı	Toplam MWe	Ünite Sayısı	Toplam MWe	Ünite Sayısı	Toplam MWe	Ünite Sayısı	Toplam MWe
ABD	104	100.356	1	1.165	28	9.764	-	-
Almanya	17	20.470	-	-	19	5.944	-	-
Arjantin	2	935	1	692	-	-	-	-
Belçika	7	5.824	-	-	1	11	-	-
Brezilya	2	1.795	-	-	-	-	-	-
Bulgaristan	2	1.906	2	1.906	4	1.632	-	-
Çek Cum.	6	3.619	-	-	-	-	-	-
Çin	11	8.572	6	5.220	-	-	-	-
Çin Tayvan	6	4.921	2	2.600	-	-	-	-
Ermenistan	1	376	-	-	1	376	-	-
Finlandiya	4	2.696	1	1.600	-	-	-	-
Fransa	59	63.260	1	1.600	11	3.951	-	-
Güney Afrika	2	1.800	-	-	-	-	-	-
Hindistan	17	3.779	6	2.910	-	-	-	-
Hollanda	1	482	-	-	1	55	-	-
İngiltere	19	10.222	-	-	26	3.324	-	-
İran	-	-	1	915	-	-	-	-
İtalya	-	-	-	-	4	1.423	-	-
İspanya	8	7.450	-	-	2	621	-	-
İsveç	10	8.974	-	-	3	1.225	-	-
İsviçre	5	3.220	-	-	-	-	-	-
Japonya	55	47.587	1	866	3	320	1	246
Kanada	18	12.589	-	-	3	478	4	2.568
Kazakistan	-	-	-	-	1	52	-	-
Kore Cum.	20	17.454	3	2.880	-	-	-	-
Litvanya	1	1.185	-	-	1	1.185	-	-
Macaristan	4	1.829	-	-	-	-	-	-
Meksika	2	1.360	-	-	-	-	-	-
Pakistan	2	425	1	300	-	-	-	-
Romanya	2	1.300	-	-	-	-	-	-
Rusya	31	21.743	7	4.585	5	786	-	-
Slovakya	5	2.034	-	-	2	518	-	-
Slovenya	1	666	-	-	-	-	-	-
Ukrayna	15	13.107	2	1.900	4	3.500	-	-
Toplam	**439**	**371.936**	**35**	**29.139**	**119**	**35.165**	**5**	**2.814**

Tablo 10.3. DÜNYADA NÜKLEER REAKTÖRLERİN DURUMU



Şekil 10.4. NÜKLEER ENERJİ KULLANAN ÜLKELERDE ELEKTRİK ÜRETİMİNDE NÜKLEER ENERJİNİN PAYI (2006)

10.5. NÜKLEER ENERJİNİN DÜNYADAKİ DURUMU

Nükleer santrallerden ticari olarak elektrik üretimi 1950'li yıllarda başlamıştır. Halen (Şubat 2008 itibarıyla) dünyada 31 ülkede ticari olarak işletilmekte olan 439 nükleer reaktörün toplam kapasitesi yaklaşık 371 GWe'dir. (elektrik enerjisi) Nükleer enerji, dünya elektrik talebinin yaklaşık %16'sını karşılamaktadır.

10.6. KULLANILMIŞ NÜKLEER YAKITLARIN DEPOLANMASI

Nükleer enerji üretiminde kullanılan yakıtlar, yüksek radyoaktiviteye sahip, uzun, yarı ömürlü izotoplar içermektedir. Kullanılmış yakıtlar, yeniden işlenerek yapısında tekrar yanabilecek uranyum ve plutonyum ayrılır ve kalan kısım yüksek aktiviteye sahip olduğundan camlaştırılarak yada herhangi bir işlem yapılmaksızın depolanır. Tekrar kullanılmamasına karar verilen kullanılmış yakıtlar ve camlaştırılmış atıklar uzun yarı ömürlü ve yüksek radyoaktiviteye sahip olduklarından nihai olarak depolanmalıdır. Nihai depolama için sızdırmaz ve aşınmaya karşı dirençli özel çelik kaplar içine konulan kullanılmış yakıtlar, geçici yer üstü ve yer altı depolarında muhafaza edilmektedir. Ancak, son depolama için gelecekte, jeolojik oluşumlarda (yer altı) depolama teknolojisi kullanılabilir. Yer altı depolama ile atığın, yerin yaklaşık 600 - 1.000 m altında, yer altı sularının bulunmadığı ve deprem riski olmayan kayalık bölgelere gömülmesi planlanmaktadır. Kullanılmış yakıtın yeniden işlenerek içindeki uranyum ve plütonyumun alınmasından sonra kalan yüksek seviyeli atıklar ise camlaştırılarak depolanmaktadır. Atıkların camlaştırılmasının nedeni camın suda çözünmemesidir. Böylece yer altı depolaması sırasında olabilecek bir suyla temas sonucunda atığın suya karışma ihtimali çok azaltılmış olmaktadır. Ayrıca camlaştırılmış atık, değişik katmanlardan oluşan özel bir kabın içinde bulunmaktadır.

1.000 MWe gücündeki bir tesis için gereken yıllık yakıt miktarları aşağıdaki gibidir:

- 2.600.000 ton kömür (her biri 13'er ton kapasiteli 100'er vagondan oluşan 2.000 tren)
- 2.000.000 ton petrol (her biri 200.000 ton kapasiteli 10 adet deniz tankeri)
- 30 ton uranyum

1.000 MWe gücündeki nükleer enerji santralleri, radyoaktivitesi çok yüksek, yılda yaklaşık 27 ton kullanılmış yada tüketilmiş uranyum yakıtı üretmektedir. 27 ton kullanılmış yakıttan yaklaşık %97'si yeniden işlenerek tekrar kullanıma hazır hale getirilmektedir. Geriye kalan %3'lük kısım olan 810 kg uranyum, yüksek seviyeli radyoaktif atık olup, çevre ve insan sağlığı açısından risk oluşturmaktadır.

Arıtma teknolojisi olmayan 1.000 MWe'lık bir kömür tesisi her yıl insan sağlığına ve çevreye son derece zararlı 44.000 ton kükürt oksit, 22.000 ton azot oksit ve türevlerini atmosfere bırakır. Buna ek olarak, kömü-

Reaktör Tipi *	İşletmede		İnşa Halinde		Tekrar Çalıştırılmamak zere Kapalı		Uzun Süredir Kapalı	
	Ünite Sayısı	Toplam MWe	Ünite Sayısı	Toplam MWe	Ünite Sayısı	Toplam MWe	Ünite Sayısı	Toplam MWe
BWR	94	84.958	2	2.600	21	5.416	-	-
FBR	2	690	2	1.220	6	1.578	1	246
GCR	18	9.034	-	-	34	6.147	-	-
LWGR	16	11.404	1	925	8	4938	-	-
PHWR	44	22.365	4	1.298	5	307	4	2.568
PWR	265	243.233	26	23.096	33	15.243	-	-
HTGR	-	-	-	-	4	679	-	-
HWGCR	-	-	-	-	3	280	-	-
HWLWR	-	-	-	-	2	398	-	-
SGHWR	-	-	-	-	1	92	-	-
X	-	-	-	-	2	87	-	-
TOPLAM	**439**	**371.684**	**35**	**29.139**	**119**	**35.165**	**5**	**2.814**
*	BWR (Boiling Light Water cooled and moderated Reactor) : Kaynar Sulu Reaktör							
*	FBR (Fast Breeder Reactor) : Hızlı Üretken Reaktör							
*	GCR (Gas Cooled Graphite moderated Reactor) : Gaz Soğutmalı Reaktör							
*	LWGR (Light Water cooled Graphite moderated Reactor) : Hafif Sulu Grafit Moderatörlü Reaktör							
*	PHWR (Pressurized Heavy Water Reactor) : Basınçlı Ağır Sulu Reaktör							
*	PWR (Pressurized Water cooled and moderated Reactor) : Basınçlı Sulu Reaktör							
*	HTGR (High Temperature Gas cooled Reactor) : Yüksek Sıcaklıklı Gaz Soğutmalı Reaktör							
*	HWGCR (Heavy Water moderated Gas Cooled Reactor) : Ağır Sulu Gaz Soğutmalı Reaktör							
*	HWLWR (Heavy Water moderated Light Water cooled Reactor) : Ağır Su Moderatörlü Hafif Su Soğutmalı Reaktör							
*	SGHWR (Steam Generating Heavy Water Reactor) : Ağır Su Moderatörlü Hafif Su Soğutuculu Reaktör							
*	X : ABD'de bulunan 75 MWe gücündeki Hallam reaktörü (grafit moderatörlü, sodyum soğutmalı) ve 12 MWe gücündeki Piqua reaktörü (organik moderatörlü ve soğutmalı)							

Tablo 10.5. ŞUBAT 2008 İTİBARİYLE TİPLERİNE GÖRE İŞLETİMDEKİ VE İNŞA HALİNDEKİ REAKTÖRLER

rün çıkarılması ve taşınması hariç, 400 ton ağır metal- arsenik, kadmiyum, kobalt, kurşun, civa, nikel ve vanadyum içeren 320.000 ton kül de açığa çıkmaktadır.

10.7. YERLİ NÜKLEER YAKIT KAYNAKLARI

Nükleer yakıt olarak kullanılan uranyum yakıt teknolojisi, pek çok ülkede mevcuttur. Yerli kaynaklarımızdan uranyumun (yaklaşık 9.000 ton) günümüz koşullarında yakıt olarak kullanılması, dünya piyasalarıyla karşılaştırıldığında, ekonomik gözükmemektedir. Ayrıca, ülkemizde 380.000 ton toryum bulunmaktadır. Ancak mevcut rezervin tenör ortalaması düşüktür (yaklaşık %0,2). Günümüzde toryum tabanlı yakıt çevrimi, ticari olarak kullanılmamaktadır. Bu nedenle ülkemizde bulunan toryum kaynağının ekonomikliğinin değerlendirilmesi kolay değildir. Ayrıca toryum tek başına fisil madde yani nükleer yakıt değildir. Diğer bir deyişle, toryum doğrudan nükleer yakıt olarak kullanılamaz, bir tetikleyiciye gereksinimi vardır. (U-235 veya Pu-239 ile birlikte kullanıldığında toryum kaynak maddesinden nötron-Th-232 tepkimesinin sonucunda U-233 fisil maddesi üretilebilir). Uranyum fiyatlarının günümüzde düşük seyretmesi uranyuma olan talebin devamını kaçınılmaz kılmaktadır. Ekonomikliği bugün için sorgulansa bile, yerli uranyum ve toryum kaynaklarımızın varlığı gelecekte nükleer enerji kullanımında ülkemiz için bir güvencedir. Ancak, nükleer enerjide yakıt maliyetinin, toplam üretim maliyeti içindeki yerinin çok az (yaklaşık %10-12) olması ve dünyadaki uranyum stokları ve rezervin fazlalığı nedeniyle gelecekte yakıt maliyetinde fazla bir değişim beklenmemektedir. Ayrıca, nükleer santrallerin bir özelliği de taze yakıtın kolayca depolanabilmesidir. Böylelikle uzun süre yakıt üreticilerine bağlı kalmadan enerji üretimi mümkündür.

Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (UAEA) [International Atomic Energy Agency (IAEA)
İktisadi İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı / Nükleer Enerji Ajansı [Organization for Economic Co-operation and Development / Nuclear Energy Agency (OECD/NEA)]
Uluslararası Radyasyondan Korunma Komitesi (ICRP, International Committee of Radiation Protection)
Dünya Nükleer Birliği (WNA, World Nuclear Association)
Euratom
CERN (Europen Organization for Nuclear Research Center)
SESAME (Synchrotron-light for Experimental Science and Applications in the Middle East)
IEA Uluslararası Enerji Ajansı (International Energy Agency)
NATO Kuzey Atlantik İttifakı (North Atlantic Treaty Organization)
EUTERP Radyasyondan Korunmada Akademik ve Mesleki Eğitim Konusunda Avrupa Platformu (European Training and Education in Rasdiation Protection Platformu
JRC Ortak Araştırma Merkezi (Joint Research Centre)
NTG Nükleer Tedarikçiler Grubu (Nuclera Suppliers Group, NSG)
Zangger Committe (Zangger Komitesi)
USNRC ABD Nükleer Düzenleme Kurumu (UNITED STATES NUCLEAR REGULATORY COMMISSION)
TÜRKİYE CUMHURİYETİ HÜKÜMETİ'NİN ÜYELİĞİ DOLAYISI İLE İLİŞKİDE BULUNULAN KURULUŞLAR
Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı {United Nations Development Programme (UNDP)}
Dünya Sağlık Teşkilatı {World Health Organization (WHO)}
Gıda Ve Tarım Teşkilatı {Food and Agriculture Organization (FAO)}

Tablo10.6. DÜNYADA FAALİYET GÖSTEREN NÜKLEER ENERJİ KURULUŞLARI

10.8. RADYOAKTİVİTE

Radyoaktivite doğal bir olaydır. Kararsız olan bazı atom çekirdekleri radyasyon salarak daha dengeli hale gelirler.

En basit çekirdek olan hidrojen ($_1H^1$) çekirdeğinin dışındaki tüm çekirdekler nötron ve protonlardan oluşmuştur. N/Z oranı (N: nötron, Z: proton) hafif izotoplarda bir iken, periyodik çizelgenin sonundaki ağır elementlere doğru gidildikçe bu oran artmaktadır. Bu oran arttıkça çekirdeklerin kararlılığı azalır. En ağır kararlı çekirdek $_{83}Bi^{237}$ dur. Daha ağır çekirdekler, sahip oldukları fazla enerjiden dolayı kararsızdırlar. Böyle çekirdeklere radyoaktif çekirdek adı verilir. Bu çekirdekler, fazla enerjilerinden radyasyon yayarak kurtulmaya ve kararlı duruma geçmeye çalışırlar. Bu olaya radyoaktivite veya radyoaktif parçalanma denir. Radyoaktivite, kontrol edilemeyen bir olaydır, yavaşlatılamaz veya durdurulamaz. Zayıflayarak kendiliğinden tükeninceye kadar devam eder. Radyoaktivite olayı doğal ve yapay olarak iki farklı şekilde meydana gelebilir.

Doğada mevcut elementlerden bir kısmı kararsızdır ve radyoaktif ışınlar (radyasyon) salarlar. Bunlara doğal radyoaktif elementler (U^{238}, Ra^{226} vb), bunların radyoaktif ışın salma olayına da doğal radyoaktivite denir. Doğal radyoaktiviteye bir örnek olarak Uranyum izotopunun parçalanması gösterilebilir. Doğada kararlı halde yer alan izotoplar, yapay yolla kararsız hale getirilebilirler. Kararlı bazı elementler, radyasyona maruz bırakılarak aktif hale getirilir ve aktif hale gelen çekirdek parçalanmaya uğrar. Bu olay yapay radyoaktivite olarak adlandırılır.

Herhangi bir maddenin, dahil olduğu ölçüm sistemi cinsinden belli bir zaman içerisinde kullanılan veya tüketilen miktarına doz denir. Radyasyon dozu ise hedef kütle tarafından, belli bir sürede, soğurulan veya alınan radyasyon miktarıdır.

10.9. RADYASYONUN BİYOLOJİK ETKİLERİ

Radyasyonun insan sağlığı üzerinde yaratabileceği etkiler uzun zamandır bilinmektedir. Bu etkilerin bazıları radyasyon yanıkları, kanser ve gelecek nesillerdeki genetik bozukluklardır. Hatta, çok büyük miktarlarda radyasyon dozuna maruz kalınması halinde ani ölümlere de rastlamak mümkündür.

XI. BÖLÜM
ÖZEL KONULAR

11.1. TERMİK ELEKTRİK SANTRALLERİNİN ATIK ISISININ KULLANIMI VE EKONOMİK DEĞERİ

11.1.1. GİRİŞ

Termik Elektrik santrallerinda üretilen elektrik enerjisi (hatta bazen daha fazlası) kadar enerji, atık ısı olarak çevreye atılmaktadır. Çöpe atılan (denize ve/veya havaya atılan) bu atık ısı çevreye zarar vermektedir. Öte yandan çevre binalarda ısıtma için ayrıca yakıt tüketilmekte ve bu amaçla doğal gaz ve petrol ithal edilmektedir.

Şehirlere yakın olan termik santrallerde kojenerasyon sistemi de düşünülerek proje yapılması kesin bir gerekliliktir. Mevcut termik santrallerde ise atık ısı kazanında üretilen düşük basınçlı buhar, çevredeki yapıları ısıtmak için kullanılabilir.

İstanbul Esenkent'te kurulu termik santralin atık enerjisi ile bu bölgedeki evler ısıtılmaktadır. Bu örnek geliştirilerek yeni projelerde de uygulanabilir.

Atılan enerjinin büyüklüğünü göstermek için bu çalışmada Ambarlı Termik Santrali örnek olarak incelenmiştir. Mevcut bir sistem olduğu ve sistem kojenerasyona uygun projelendirilmediği için denize atılan atık enerjiyi direkt ısıtmada kullanmak mümkün değildir. Burada üretilen buharın bir kısmının ısıtmada kullanılması söz konusu olabilir. Mevcut tesiste sistem veriminin ortalama %40 civarında (fuel oil santrali %33, doğal gaz kombine çevrim santrali %52) olduğu göz önüne alınırsa, düşük olan bu verimin şehir ısıtması da (kojenerasyon) eklenerek kış aylarında %85'lere kadar çıkartılması mümkün olabilir.

11.1.2. AMBARLI TERMİK SANTRALİ

Ambarlı Termik Elektrik Santralinden denize dökülen atık ısının değeri yaklaşık olarak ($15x10^6$MW) 600.000.000 USD/yıl'dır (Konutlara verilen doğal gaz fiyatları ile).

Bölgedeki yaklaşık olarak 300.000 konut veya eşdeğer işyeri ya da endüstriyel yapı bu sistem ile ısıtılıp soğutulabilir, kullanım sıcak suyu ihtiyacı karşılanabilir. Yatırım sonrasında bu atık ısının yılda yaklaşık 250-400 milyon dolar değerindeki kısmından yararlanılabilir. Bu rakamlar Ekim 2008'deki doğal gaz konut fiyatları dikkate alınarak değerlendirilmiştir.

Ham petrolün fiyatı Ocak/2008'de 100$'a kadar yükselmesine rağmen doğal gaz fiyatları değiştirilmedi. 2008 yılının sonraki aylarında doğal gaz dahil tüm yakıtların fiyatlarının piyasada belirlenmesi kararlaştırılmış ve fiyatlarda artış başlamıştır. Bu nedenle bu hesap, gelecekte petrol ve doğal gaz fiyatlarının çok daha fazla artabileceği (200 $'ı aşabilir.) dikkate alınarak ayrıca değerlendirilmelidir.

Bu rapordaki değerler bir fikir vermek için hazırlanmıştır ve bir ön çalışmadır, çok detaylı bir fizibilite çalışması uzman bir firmaya veya İTÜ gibi bir kuruluşa yaptırılabilir.

Termik santralların atık ısılarından mutlaka yararlanılmalıdır. New York (Manhattan), Londra, Frankfurt, Moskova, Helsinki vb şehirlerin ısıtıldığı gibi bu atık ısı (kojenerasyon) ile Ambarlı, Avcılar, Küçükçekmece ve Beylikdüzü bölgeleri ısıtılabilir. Ayrıca bu bölgelerde kullanım sıcak suyu da (banyo, mutfak vb ihtiyaçlar için) bu sistemle sağlanabilir. Buna ek olarak bazı binalar ve tesislerin soğutma ihtiyacı için de bu atık ısıdan yararlanılabilir.

Özellikle denize atılan enerjinin ekonomik değeri çok yüksektir. Ambarlı Termik Santrali kurulurken şehrin dışındaydı. Bugün şehir, Ambarlı Termik Santrali çevresini kuşatmış durumdadır.

Yapılacak yatırımın yaklaşık % 90'ı yerli kaynaklardan sağlanabilecektir ve geri ödemesinin 6 yıl mertebesinde olacağını tahmin edilmektedir (Fiyatlandırma politikasına göre değişebilir.). Bu nedenle kredi bulunması (yatırımın uygun fizibilitesi nedeni ile) kolay gözükmektedir.

Bölgedeki vatandaşlar doğalgazdan daha da ucuza ısınabilir. Ve bölgede kullanılan doğal gaz miktarına karşılık gelen miktarda (mahallelerde kullanılan ocak vb hariç) döviz, tasarruf edilebilir. İşyerleri, büyük binalar, alışveriş merkezleri ve bazı endüstriyel tesislerin soğutulması da (klima ve bazı endüstriyel sistemler) (absorbsiyon sistemi) atık ısıdan yaralanılarak yapılabilir. Ayrıca dönüştürülebilen soğutma sistemlerinin kullandığı elektrik enerjisi kadar enerji de tasarruf edilebilecektir. Burada kullanılan tasarruf edilen deyimi yetersizdir. Denize ve havaya atılan (başka deyimle çöpe atılan) ve ayrıca çevreye de zarar veren bu atık enerjiden mutlaka yararlanılmalıdır.

Ayrıca;

- Termik santralin, deniz suyunu yaklaşık 2°C ısıttığı ve denizin ekolojik dengesini bozduğu bilinmektedir. Yatırım sonrasında denize ısı atılması kışın tam olarak kullanım ile %90'a kadar, mevsimsel ortalamada ise % 50'ye kadar azaltılabilecektir. Denizde ısınmadan kaynaklanan, deniz canlılarını da etkileyen olumsuz etkiler (hatta deniz kirliliği) çok büyük oranda azalacaktır.
- Bölgede ısıtmadan kaynaklanan hava kirliliği de ortadan kalkacaktır.

Konunun sosyal, politik (vatandaşa daha ucuz enerji),



Şekil 11.1 AMBARLI FUEL OIL TERMİK SANTRALİ

ekonomik ve ekolojik önemi çok büyüktür. 1987 yılından başlayarak değinilen bu konunun bugün önemi (Ham Petrol'ün varil fiyatı 100$'a kadar yükseldiği için) daha da büyümüştür.

11.1.2.1.Sistem Nasıl Kurulabilir?

- Doğal gaz kombine çevrim santrali ve fuel oil santralindeki buhar türbin yapıları ve sistemleri ayrı ayrı incelenip, elektrik üretimindeki verimlilikle birlikte değerlendirilmelidir.
- Sistemin ara kademelerinden veya eklenebilecek ekonomizörlerden alınacak buharın bir kısmı (düşük basınçlı da olsa) daha yüksek seviyelerdeki (kot farkı fazla olan yüksek seviyelerdeki) bölgelerin ısınmasında ve soğutma sistemlerinde kullanılabilir.
- Sistemin ara kademelerinden alınacak buhar; eşanjörlerde kaynar suya (160 /80°C veya daha düşük değerler olabilir) dönüştürülür.
- Ayrıca sisteme eklenebilecek ekonomizörlerle de kaynar su üretilebilir.
- Tesiste üretilen kaynar su termik santrale göre yüksekliği (kot farkı) 50-60 m'yi geçmeyen binaların ısıtılmasında ve soğutmasında kullanılabilir. Burada bahsedilen bina seviyesi (kot farkına esas olacak) ; binanın tabanı veya eşanjör dairesinin seviyesidir. Bina yüksekliği değildir.
- Termik santralden çıkan buhar ve kaynar suyu dağıtacak çelik borular, toprak altındaki galeri ve kanallar ile binalara kadar ulaştırılır. Toprağa gömülebilen izoleli boruların kullanılması ilk anda çok cazip görünse de (galeri maliyetinden kaçınmak için) doğru bir çözüm değildir. Korozyon riski, ömür, çıkabilecek sorunların giderilmesindeki güçlükler nedeniyle sorunlu bir sistem yaratabilir. Konu tartışmaya ve incelemeye değer. Ancak ısıtma borularının, pahalı olmasına rağmen galerilerden geçirilmesi daha doğrudur.
- Her binanın altında veya yanındaki bir odaya (veya kazan dairesine) gelen borulardaki kaynar su veya buhar, buraya monte edilecek plakalı eşanjörlerde sıcak suya dönüştürülür.
- Binada merkezi ısıtma sistemi mevcut ise; eşanjör çıkışından mevcut bina ısıtma pompalarına (mevcut sirkülasyon pompalarına) bağlantı kolayca yapılabilir.
- Binada kullanılan enerji miktarı, eşanjör girişindeki ısı sayaçları ile ölçülür ve fiyatlandırılır. Bu sayaçların elektronik tip seçilmesi halinde, yerinde sayaç okumaya gerek kalmadan dağıtım şirketinin merkezinden okuma ve fiyatlandırma yapılabilir.
- Termik santral ile binalar arasındaki ısı dağıtımının buhar veya kaynar su ile yapılmasının tercihi, fizibilitelerinin yapılmasından sonra belirlenebilir. Bazı bölgeler için buhar, bazılarında da kaynar su kullanılabilir.



Şekil 11.2 AMBARLI DOĞALGAZ TERMİK SANTRALİ

Burada önemli faktörler:

- Termik santral ile binaların girişi arasındaki kot farkı (yükseklik farkı),
- Uzaklıklar,
- Isıtma ve soğutma potansiyelleridir.

- Isıtma sezonunun başlangıcında ve sonundaki dönemlerde termik santral girişinde (borulardaki ısı kaybı da dikkate alındığında) kaynar suyun dönüş suyu sıcaklığının yoğuşma enerjisinden faydalanılabilecek sınır değerinin de altında olabileceği yatırım öncesi dikkate alınmalı ve bu avantaj da mümkün ise kullanılmalıdır.
- Termik santral işletmesi, mahalli belediyeler ve yatırımcı firma ortaklığından oluşacak özel statüdeki yeni bir firma bu işi üstlenebilir.
- Petrolün varili 1999 yılında 10 $'ın altındaydı. 2004'te 40 $ Ocak/2008'de 100$, Ağustos 2008'de 146 $'a yükseldi. Küresel mali krizin etkisiyle bugün petrol fiyatı 80 $'a indi. Ancak yakın gelecekte 150-200 $ seviyesine yükselmesi sürpriz olmayacaktır. Doğal gazın ithalat fiyatı da, genellikle petrol fiyatına endekslidir. Son 8 yılda ham petrolün fiyatı dolar bazında on kat arttı. Yükselmenin devam etmesi büyük oranda olasıdır. Türkiye'de bu ve benzeri yatırımların, mutlaka ve acilen yapılması ülkemiz için çok önemlidir. Enerji verimliliği yasasının da geliştirilerek, mümkünse teşvik edilerek uygulanması Türkiye için hayati önem taşımaktadır.

11.1.2.2.Ambarlı Termik Elektrik Santralinin Teknik Verileri

Kurulu güç ve verim değerleri:

- Ambarlı Termik Elektrik Santralinin kurulu gücü yaklaşık 2.000 MW'tır.
- Fuel oil ile çalışan 630 MW, doğal gaz ile çalışan 1.350 MW elektrik üretim kapasitesi olan iki farklı sistem vardır. Kapasitenin yıllık gerçekleşme oranı %80 civarındadır.
- Ambarlı doğal kombine çevrim santrali (KÇS); 1350,9 MW elektrik üretmektedir. (6 X 138,8 MW + 3 X 172,7 MW)
- Ambarlı'daki fuel-oil termik santrali; 630 MW Elektrik üretmektedir. (3 X 110 MW gaz türbini + 2 X 150 MW buhar türbini)
- Ambarlı fuel-oil ve doğal gaz çevrim santralleri birbirlerinden uzakta iki ayrı tesistir.
- Ambarlı doğal gaz kombine çevrim santrali tesisi gaz türbinleri, atık ısı kazanları (buhar kazanları) ve buhar türbinlerinden oluşmaktadır.
- Ambarlı Termik Elektrik Santralindeki:

Fuel-oil ÇS'nin verimi : % 32,3

Doğal gaz KÇS'nin verimi : % 52,0'dır.

- Buhar türbinlerinin çıkışındaki çürük buharın yoğuşturulmasında deniz suyu kullanılmaktadır. Deniz suyu kondenseri (buharı) soğutarak çürük buharı yoğuşturmak ve basıncını düşürmek için (vakuma alıyor) kullanılmaktadır. Deniz suyu kondensere (Yaz kış değişiyor) ortalama 22°C sıcaklıkta girip, 27°C gibi sıcaklıkta çıkmaktadır.

Doğal Gaz Kombine Çevrim Santrali		
Ay	2006 Yılı Kapasite Kullanma Faktörü	2007 Yılı Kapasite Kullanma Faktörü
Ocak	45,12	83,81
Şubat	45,02	83,02
Mart	65,25	84,58
Nisan	54,81	81,66
Mayıs	66,29	64,85
Haziran	71,94	78,19
Temmuz	72,12	79,41
Ağustos	72,39	80,07
Eylül	63,73	80,07
Ekim	65,89	80,52
Kasım	79,07	80,42
Aralık	74,97	84,92
Fuel – Oil Santrali		
Ay	2006 Yılı Kapasite Kullanma Faktörü	2007Yılı Kapasite Kullanma Faktörü
Ocak	33,3	48,01
Şubat	38,68	39,44
Mart	4,55	33,69
Nisan	2,61	26,49
Mayıs	-	23,53
Haziran	-	26,26
Temmuz	-	29,4
Ağustos	-	32,32
Eylül	-	34,61
Ekim	-	36,22
Kasım	3,87	38,86
Aralık	54,02	55,88

Tablo 11.3 AMBARLI TERMİK SANTRALİ KULLANMA ORANLARI

- Buhar türbinine verilecek buharın bir kısmı ısıtmada (kojenerasyon için) kullanılabilir. Bu durumda elektrik üretimi biraz azalacaktır. Ancak toplam verim çok yükselecek, büyük kazanç oluşacaktır.
- Ana ihtiyaç olan elektrik üretim kapasitesini düşürmeden sistem verimini artırmak, ancak yeni tesislerde mümkün olabilir. Fakat önemli olan sistemin toplam verimidir. Bu nedenle Ambarlı ve benzer tesislerdeki atık enerji mutlaka kullanılmalıdır.

11.1.3. TÜRKİYE'DEKİ DİĞER TERMİK ELEKTRİK SANTRALLERİN DE ATIK ENERJİSİNDEN YARARLANILMALIDIR

Türkiye'de atık ısısından yararlanılabilecek Ambarlı'dan başka birçok termik elektrik santrali mevcuttur.

- Bursa, Mersin, Yatağan, Hamitabat, Aliağa vb termik elektrik santrallarının atık ısısının tamamından veya bir kısmından Ambarlı projesinde önerilen ısıtma modeli benzeri bir modelle yararlanılabilir.
- Şehirlerden uzak olan termik elektrik santrallarının çevresinde, teknolojik ısıtma (buhar, kaynar su, sıcak su) ihtiyacı olan endüstriyel tesisler kurulabilir. Bu bölgeler sanayi yatırım bölgesi olarak planlanabilir, seralar ısıtılabilir.
- Mevcut küçük boyutlu bir uygulama örneği Esenyurt Termik Santrali:

Esenyurt santralinin atık ısısı konutlarda zaten kullanılmaktadır.

Esenyurt atık ısı dağıtım sistemi çok iyi planlanmamasına rağmen (çok daha iyisi yapılabilir); atık ısı kullanımı işletme için kar sağlamakta ve bölgedeki evler doğal gaz'dan çok daha ucuza ısınmaktadır.

11.1.4. YENİ KURULACAK TERMİK ELEKTRİK SANTRALLERİ ŞEHİRLERİN YAKINLARINDA KURULABİLİR, ATIK ENERJİLERİNDEN (KOJENERASYON) YARARLANILABİLİR VE ŞEHİRLER ISITILIP SOĞUTULABİLİR

- Türkiye'de geleceğe dönük elektrik üretimi planlanırken, her şehrin elektrik ve ısıtma (hatta soğutma) ihtiyacına birlikte bakılmalıdır.
- Şehirlerin kenarında (hatta bazen içinde) deniz veya nehir kenarında küçük kapasiteli (uygun kapasite anlamında) doğalgaz ile çalışan termik santraller kurulabilir ve şehrin elektrik ihtiyacının düzenli olan kısmı bu santrallerden karşılanabilir.
- Termik santralin atık ısısı, buhar veya kaynar su boruları ile şehre dağıtılır.
- Şehrin ısıtılması, kullanım sıcak suyu ihtiyacı hatta bazı büyük binaların soğutma ihtiyacı, bu atık ısı ile karşılanabilir.
- Benzer kullanım ayrıca sanayi bölgeleri için de geçerlidir.
- Elektrik enerjisinin ciddi bir kısmı, elektriğin taşınması sırasında kaybolmaktadır. Termik santral çıkışı ile kullanım yeri arasındaki mesafenin kısaltılması sayesinde bu tip kayıplar da azalacak, verimlilik artacaktır.
- Termik santralin verimliliğinin artmasıyla oluşan avantajın bir kısmı, elektrik fiyatlarını düşürmek için de kullanılabilir.
- Frankfurt, New York, Londra, Moskova vb. birçok şehir, kendi içindeki bir veya birden fazla sayıda

AMBARLI TERMİK ELEKTRİK SANTRALİ					
Yaklaşık değerler	Fuel-Oil	**Doğal Gaz**	**Toplam Kapasiteler**		**Yıllık Yıllık Yaklaşık Gerçekleşme Oranı**
Elektrik üretim kapasitesi (MW)	630	1.350	~2.000		%80
Verim (Elektrik üretme oranı)	%33 (%32,3)	%52	%40		-
"Yaklaşık yakıt tüketimi (input) (MW) a) Alt ısıl değere göre" b) Üst ısıl değere göre	2.000 (Kükürt nedeniyle Yoğuşmaya izin verilme)	2.850 3.150	4.850 5.150	~5.000	-
Yaklaşık bacadan atılan ısı (Işınım kayıpları, vb dahil) a) Alt ısıl değere göre (MW) : b) Üst ısıl değere göre (MW) :	300	400	~700		-
Denize atılan yıllık ısı miktarı (MW)	$[4.850 - (2.000+700)] \times 24_{(saat)} \times 365_{(gün)} \times 0,8_{(gerçekleşme\ oranı)} =$				$\sim 15x10^6$ MW
Denize atılan toplam ısının ekonomik değeri (USD) **(Bugünkü doğalgaz konut fiyatları ile)**	$15x10^6$ MW x 46 $_{USD/MW}$ =				$\sim 700_{milyon}$ USD/Yıl

Notlar : 1-) 10 Ekim 2008'deki Doğal Gaz konut fiyatları dikkate alınarak değerlendirilmiştir.
2-) Ham petrolün fiyatı 98$'a yükselmesine rağmen Doğal Gaz fiyatları henüz değiştirilmemiştir. Türkiye'de Doğal Gaz ve petrol fiyatlarının çok yakında artırılması teknik olarak kaçınılmazdır. (Petrol fiyatları düşmezse)
3-)Bu hesap gelecekte petrol, Doğal Gaz fiyatlarının çok daha fazla artabileceği dikkate alınarak (veya alınmayarak)ayrıca değerlendirilmelidir.
4-) Atık ısının tamamından yararlanılamaz. Ancak yararlanma oranını yatırım miktarı planları ve planlama belirleyecektir.
5-) Kışın en soğuk günündeki ısıtma ihtiyacına göre konut sayısı belirlenecektir. (~ 300.000 konut gibi)
6-) Isıtma mevsimin en soğuk günleri dışında ve yazın, ticari ve endüstriel tesislere ısı dağıtılabilir. Bu tesisler en soğuk dönemlerde kendi kazanlarını
kullanabilirler. Diğer zamanlarda ise daha ucuza temin edecekleri bölge ısıtma sisteminden yararlanabilirler.
7-) Soğutma-Klima sistemleri için de (yeni yatırımlarda) sürekli veya yazın bu ısı kullanılabilir. (Absorbsiyonlu sistem)
8-) Yukarıda belirtilen rakamlar ön bilgiler ile bir fikir verebilmesi için hazırlanmıştır. Tartışmaya açıktır.

Tablo 11.4 AMBARLI TERMİK SANTRALİ KAPASİTE VERİLERİ

küçük (uygun) kapasiteli termik santrallerden elektriğini temin etmektedir (pik yükler hariç, planlı bir şekilde.). Böylece;

- Elektriğin uzaktan taşınmasının maliyeti ortadan kaldırılmıştır.
- Şehir ,bu termik santrallerin atık enerjileri ile ısıtılmaktadır.
- Kullanım sıcak suyu ısıtması için de bu santrallerin atık ısısından yararlanılmaktadır.
- Bazı binaların soğutulması da aynı şekilde atık enerji kullanılarak, absorbsiyonlu sistemlerle yapılmaktadır.
- Benzer durum bazı büyük kasaba ve sanayi bölgeleri için de geçerlidir.
- Enerji verimliliği en yüksek seviyede sağlanmaya çalışılmaktadır.

11.1.5. SONUÇ

- Kullanım yerlerine uzak mesafelerde çok büyük kapasiteli termik santralların planlanması yerine, bazılarının şehirlerin içine veya yakınlarına kurulması ve atık enerjilerinden olabildiğince yararlanılması, enerji verimliliği ve ülkemiz açısından çok yararlı olacaktır.
- Türkiye'deki mevcut termik elektrik santrallerinden denize ve havaya her yıl atılan toplam ısının ekonomik değeri bugünkü fiyatlarla birkaç milyar Dolar'dır.
- New York, Frankfurt, Moskova, Helsinki vb şehirlerin ısıtılması termik elektrik santrallerinin atık ısısı kullanılarak yapıldığı yıllarda; petrol fiyatı 10$'ın altındaydı. Bugün petrol 98$ oldu ve yakın gelecekte ne kadar artacağı tartışılırken;"Termik elektrik santrallerinin atık ısısından yararlanalım mı?" sorularıyla vakit kaybetmeden fizibilite çalışmalarına ve yatırım planlamasına başlanmalıdır.
- Konu atık ısının sadece şehir ısıtmasında kullanılması ile sınırlı tutulmamalıdır. Sanayi tesisleri, seralar, sanayi bölgeleri ile birlikte makro planlama yapılmalıdır.

Yakıt Fiyatları ve Artışları Karşılaştırma Tablosu (YTL) 03.11.2008

	PETROL FİYATLARI ($ / Varil)						BİR YILLIK DEĞİŞİM %				DEĞİŞİM %						
	Bugün 3.11.08	Yılbaşı 1.1.08	1.1.07	1.1.06	1.1.05	1.1.04	2007 1.1.07 - 31.12.07	2006 1.1.06 - 31.12.06	2005 1.1.05 - 31.12.05	2004 1.1.04 - 31.12.04	Gç. Haftaya göre	Aybaşına göre	Yılbaşına göre	1.1.07'ya göre	1.1.06'ya göre	1.1.05'e göre	1.1.04'e göre
NYMEX*	68	95	63	63	43	36	50	0	47	19	7	-26	-28	7	7	58	88
IPE Brent*	64	94	62	61	40	31											

		YAKIT FİYATLARI						BİR YILLIK DEĞİŞİM %				DEĞİŞİM %						
		Bugün 3.11.08	Yılbaşı 1.1.08	1.1.07	1.1.06	1.1.05	1.1.04	2007 1.1.07 - 31.12.07	2006 1.1.06 - 31.12.06	2005 1.1.05 - 31.12.05	2004 1.1.04 - 31.12.04	Gç. Haftaya göre	Aybaşına göre	Yılbaşına göre	1.1.07'ya göre	1.1.06'ya göre	1.1.05'e göre	1.1.04'e göre
Doğal Gaz (Sanayi)	[YKr/ m³]	82	46	46	37	30	27	1	28	23	12	22	32	77	78	125	176	208
Doğal Gaz (Konut)	[YKr/ m³]	93	53	52	42	35	32	1	26	19	11	22	27	75	77	122	166	194
LNG	[YKr/ m³]	111	75	71	62	-	-	8	15	-	-	0	6	48	56	79	-	-
Fuel Oil (No:6)	[YKr/ kg]	108	117	88	80	51	38	33	10	57	34	0	-14	-8	23	35	113	185
Elektrik (Mesken)	[YKr/ kWh]	20	15	12	12	12	12	21	0	0	0	0	9	30	58	58	58	58
Fuel Oil (No:4)	[YKr/ kg]	154	167	137	132	68	58	22	4	92	18	2	-8	-8	12	17	125	166
LPG - Propan (Konut)	[YKr/ kg]	281	260	220	195	149	135	18	13	31	10	0	0	8	28	44	89	106
Motorin	[YKr/ litre]	242	249	216	202	173	161	15	7	17	8	4	-2	-3	12	20	40	51

Yakıt Fiyatlarına %18 KDV dahil değildir.

NYMEX: New York Mercantile Exchange IPE Brent: International Petroleum Exchange 1,5882 YTL/ $

* Bu tablo yakıtların maliyetlerinin karşılaştırılabilmesini sağlamaya yönelik bir ön fikir oluşturmak için hazırlanmıştır.
Tartışmaya açıktır. Öneri ve eleştirilerinizi laleergin@isisan.net e-posta adresine iletmenizi rica ederiz.

Tablo 11.5 YAKIT FİYATLARI VE ARTIŞLARI KARŞILAŞTIRMASI (YTL BAZINDA)

Yakıt Fiyatları ve Artışları Karşılaştırma Tablosu ($) 3 Kasım 2008

	PETROL FİYATLARI ($ / Varil)						BİR YILLIK DEĞİŞİM %				DEĞİŞİM %						
	Bugün 3.11.08	Yılbaşı 1.1.08	1.1.07	1.1.06	1.1.05	1.1.04	2007 1.1.07 - 31.12.07	2006 1.1.06 - 31.12.06	2005 1.1.05 - 31.12.05	2004 1.1.04 - 31.12.04	Gç. Haftaya göre	Aybaşına göre	Yılbaşına göre	1.1.07'ye göre	1.1.06'ya göre	1.1.05'e göre	1.1.04'e göre
NYMEX*	68	95	63	63	43	36	50	0	47	19	7	-26	-28	7	7	58	88
IPE Brent*	64	94	61	61	40	31											

		YAKIT FİYATLARI						BİR YILLIK DEĞİŞİM %				DEĞİŞİM %							En Ucuza Göre Yakıt Maliyeti
		Bugün 3.11.08	Yılbaşı 1.1.08	1.1.07	1.1.06	1.1.05	1.1.04	2007 1.1.07 - 31.12.07	2006 1.1.06 - 31.12.06	2005 1.1.05 - 31.12.05	2004 1.1.04 - 31.12.04	Gç. Haftaya göre	Aybaşına göre	Yılbaşına göre	1.1.07'ye göre	1.1.06'ya göre	1.1.05'e göre	1.1.04'e göre	
Doğal Gaz (Sanayi)	[$/m^3]	0,52	0.39	0.32	0.27	0.22	0.19	22	19	23	16	32	7	33	62	92	135	173	0,9
Doğal Gaz (Konut)	[$/m^3]	0,58	0.45	0.37	0.31	0.26	0.23	22	19	19	13	33	3	30	58	88	124	154	1,0
LNG	[$/m^3]	0,70	0.51	0.50	0.46	-	-	2	9	-	-	8	-11	37	40	52	-	-	1,1
Fuel Oil (No:6)	[$/ kg]	0,68	0.99	0.62	0.59	0.38	0.27	60	5	55	41	8	-23	-31	10	15	79	152	1,3
Elektrik(Mesken)	[$/ kWh]	0,12	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	13	0	0	0	8	-15	37	54	54	54	0	2,1
Fuel Oil (No:4)	[$/ kg]	0,97	1.41	0.97	0.97	0.51	0.41	45	0	90	24	8	-18	-31	0	0	90	137	1,8
LPG - Propan (Konut)	[$/ kg]	1,77	2,19	1,52	1.49	1,28	1,15	44	2	16	12	8	-15	-19	16	19	38	54	2,3
Motorin	[$/ litre]	1,52	2,10	1,55	1,43	1,10	0,97	35	8	30	13	8	-16	-27	-2	7	39	57	2,9

Yakıt Fiyatlarına %18 KDV dahil değildir.

NYMEX: New York Mercantile Exchange IPE Brent: International Petroleum Exchange 1 $ 1,5882 YTL olarak alınmıştır.

* Bu tablo yakıtların maliyetlerinin karşılaştırılabilmesini sağlamaya yönelik bir ön fikir oluşturmak için hazırlanmıştır.
Tartışmaya açıktır. Öneri ve eleştirilerinizi taleergin@isaan.net e-posta adresine iletmenizi rica ederiz.

** En ucuza göre yakıt maliyet karşılaştırması aynı miktarda ısıyı elde etmek için gereken enerjinin maliyetinin karşılaştırmasıdır. Örneğin 1m^3 doğal gaz 8.250 kcal/h verirken 1m^3 LNG 9.300 kcal/h verdiği için, 1m^3 maliyetleri arasında fark daha fazla olduğu halde yakıt maliyetleri arasında fark daha düşüktür.
Ayrıca hesaplarda yakıtların yanma verimleri de göz önünde bulundurulmuştur.
Gaz yakıtlarda yoğuşmalı kazan kullanılacağı varsayılmıştır.

Tablo 11.6 YAKIT FİYATLARI VE ARTIŞLARI KARŞILAŞTIRMASI (USD BAZINDA)

YAKIT FİYAT KARŞILAŞTIRMASI (03.11.2008)	
YAKIT	EN UCUZA GÖRE ORAN
DOĞALGAZ	**≈1**
LNG	**≈1,18**
FUEL-OIL No: 6	**≈1,28**
FUEL-OIL No: 4	**≈1,82**
LPG "Yoğuşmalı Kazan"	**≈ 2.27**
ELEKTRİK	**≈2,32**
MOTORİN	**≈2,90**

NOT: Vergiler dahil yakıt maliyet karşılaştırmasıdır.

Tablo 11.7 YAKIT MALİYETLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

11.2. ELEKTRİK KESİNTİLERİ SONRASINDA OLUŞAN SORUNLAR VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ (RANDOM RESTART ÖZELLİĞİ)

Şebekedeki elektrik kesilip, bir süre sonra tekrar geldiğinde tüm cihazlar (elektrikli ısıtıcılar, aydınlatma elemanları ve motorlar) şebekelerden aynı anda elektrik akımı çekmeye başlar. Özellikle elektrik motorları ilk kalkışta normal akımın yaklaşık 2 ile 6 katı mertebelerinde aşırı elektrik akımı (demeraj akımı) çeker, şebekedeki voltaj az, çok yada aşırı düşer ve ayrıca voltaj dalgalanmaları oluşur. Bunun ülkemize, TEDAŞ'a ve kullanıcılara maliyeti çok büyüktür.

Türkiye'ye yıllık maliyetinin milyar dolarlar mertebesinde olduğunu ve yaşam konforunu etkilediğini biliyoruz. Önereceğimiz çözümün önce TEDAŞ tarafından benimsenmesi ve makul bir sürenin sonunda uygulamaya girmesi yararlı olacaktır.

11.2.1. ELEKTRİK KESİLİP TEKRAR GELDİĞİNDE OLUŞAN DURUMLAR

- Önceden açık olan tüm lambalar yanmaya başlar (tam kapasitede). Benzer şekilde açık olan tüm elektronik ve elektrikli cihazlar, TV, radyo, müzik seti vb çalışmaya başlar.
- Hidroforlar, pompalar, sirkülatörler tam kapasitede çalışmaya başlar.
- Genellikle çok kısa olmayan kesintilerde buzdolaplarının kompresörleri, ayrıca (varsa) dondurma bölümlerinin ve kondenserlerin fanları hepsi birden çalışmaya başlar. (Elektrik kesintisi başladığında bekleme konumunda olan buzdolabı kompresörleri ve fanları, kesilme süresinde buzdolabının iç sıcaklığı artacağı için çok kısa olmayan kesintilerden sonra elektrik geldiğinde hemen çalışmaya başlar ve şebekeyi olumsuz etkiler.)
- Klima ve soğuk depo sistemlerinin durumu da buzdolapları ile aynıdır. Elektrik kesintisi süresinde binalar ve soğuk depolarda sıcaklık yükselir ve soğutma ihtiyacı oluşur. Elektrik gelince de tüm cihazlar (Klimalar ve soğuk depo kompresörleri) aynı anda çalışmaya başlar.
- Isıtma cihazları: Kazan brülörleri, kombiler, sirkülasyon pompaları ve elektrikli ısıtıcılar da kısa süreli kesilmeler hariç hep birlikte devreye girer.
- Aspiratörler, vantilatörler, klima santrallerinin fanları, su soğutma cihazları vb tüm elektrik motorlu cihazlar aynı anda çalışmaya başlar.
- Tüm elektrik motorları, elektrik geldiğinde aşırı akım çekerek çalışmaya başlar. (Demeraj akımı motor gücüne bağlı olarak değişmekle birlikte; normal akımın 2 ile 6 katı arasında olabilmektedir.) Büyük güçlü motorların yıldız-üçgen bağlantıları birkaç saniye gecikme sağlasa da yeterli çözüm değildir.
- Konut yapıları, iş yerleri, fabrikalar ve sosyal tesislerdeki cihaz ve ekipmanlar elektrik kesintilerinden sonra az veya çok zarar görmektedir.

11.2.2. ELEKTRİK KESİNTİSİNİN OLUŞTURDUĞU SORUN DIŞINDA, ELEKTRİK TEKRAR GELDİĞİNDE İKİ SORUN OLUŞUR

- Aşırı elektrik akımı çekilmesi ve voltajın az veya çok düşmesinin getirdiği sorunlar aşağıda belirtilmeştir

- Termik ve sigortaların atması
- Aydınlatma sistemindeki arızalar (ampul, trafo,balast vb)
- Cihazlarda arıza (özellikle elektronik kartlar, sargılar vb)
- Motor yanmaları
- Elektrik kablolarının ısınması, zaman içinde kısa devre yapmasından doğan arızalar, yangın riski vb
- Kofra patlamaları ve yangın
- Toprak altı kablolarının yanması, patlaması
- Bölge trafolarında arıza, yangın
- Sayaçtan gelen elektrik bedelinin daha fazla yazılması ve bu kesintiler sık sık oluyorsa düşük voltaj nedeniyle yükselen elektrik faturaları vb sorunlar yaratmaktadır.
- Elektrik kesintisi;

Kullanıcılar, firmalar, TEDAŞ ve ülkemiz için anlamsız maliyetler oluşturmaktadır. Ayrıca arızalar nedeniyle ihtiyaçlar da kesintiye uğramakta, insanların yaşam konforları bozulmaktadır.

- Elektrik geldikten sonraki kısa veya orta süre içindeki voltaj dalgalanmaları ve bunun getirdiği sorunlar da;

- Motorlarda,
- Cihazların elektronik kartlarında,
- Elektrik ve elektronik cihazlarda arıza ve hasara neden olmaktadır.

11.2.3. ÇÖZÜM: "RANDOM RESTART ÖZELLİĞİ"

- Random restart özelliği elektronik kartı olan tüm cihazlara fabrika çıkışında yüklenen program ile birlikte kazandırılır. Kullanıcıya ek maliyeti yoktur.
- Cihaz elektriğin kesildiğini algılar.
- Elektrik tekrar geldiğinde cihaza iki dakika süre ile elektrik vermez. Bu iki dakikalık süre içinde cihazın çalışmasına izin vermez (veya öngörülen uygun başka bir süre de olabilir). Elektrik şebekesindeki düşük voltaj ve voltaj dalgalanmalarının olabileceği bu riskli sürenin geçmesini bekler, şebekeyi ve cihazı korur.
- İki dakika sonra ilk cihaza elektrik verir ve cihaz çalışmaya başlar.
- Aynı fabrikada üretilen tüm cihazlar 2 dakika ile 5 dakika arasındaki 180 saniyelik süre içinde iki saniye farkla çalışabilecek şekilde programlanmıştır.
- Her cihaz bu 3 dakikalık zaman aralığı içindeki herhangi bir zamanda devreye girebilir.
- Yukarıdaki örnekte olduğu gibi bir klima cihazının özelliği olan ve cihazları farklı sürelerde çalıştıracak programı her firma kendisi seçebilir.
- Random Restart programı elektrik kesilmesinden sonraki:

- İlk çalışmadaki aşırı düşük olabilecek voltajdan cihazı korumaktadır.
- Elektriğin tekrar geldiği iki dakikalık süre içinde oluşabilecek voltaj dalgalanmalarını ve bunların yaratacağı hasar risklerini ortadan kaldırmaktadır.
- İki dakika sonra tüm cihazların (bu fabrikada üretilen, diğer fabrikaların üreteceği veya bu programa sahip olacak cihazların) farklı sürelerde devreye girmesini sağlayarak, elektrik şebekesinin aşırı yüklenmesi, şebekenin tahrip olması ve arıza yapması risklerini ciddi oranda azaltmaktadır.
- Her cihaz sıralı şekilde farklı zamanlarda devreye gireceği için elektrik şebekesindeki ani yükler büyük oranda engellenmiş olacaktır.
- Normal zamanda ise cihazın şalteri çalış konumuna getirilince, cihaz hemen çalışmaya başlar. İki dakikalık vb bekleme süresi devreye girmez. İki dakikalık bekleme süresi; yalnız elektriğin kesilip, tekrar geldiği durumlarda cihazı korumak için devreye girer.

11.2.4. NE YAPILMALI?

- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın talimatı ile TEDAŞ ve TSE sürekli çalışan ve saatlik ortalama çalışma süresi %20'den fazla olan (%20 değeri kesin bir değer olmayıp önerimdir ve tartışılmalıdır.) yerli veya ithal malı tüm elektrikli ve elektronik cihazlarda bu şart makul ancak çok da geç olmayan bir sürenin sonunda (2009 veya 2010 gibi) aranmalı ve kullanım şartı olarak getirilmelidir. Yerli ve ithal cihaz üreticileri ile tarih ve detaylar konusunda mutabakat sağlanmalıdır.
- Amerika'da fırtına, tayfun ve sel baskınları sırasında zorunlu elektrik kesintileri olmaya başladıktan sonra, üretici firmalar cihazlarını ve elektrik şebekesini korumak için bu özelliği (Random Restart) geliştirip, ürettikleri cihazlarına (cihaz programlarına) yüklediler.
- Random Restart özelliği hangi cihazlarda olmalıdır?

Cevap: Elektronik kartı olan tüm cihazlara bu özellik kazandırılmalıdır.

- Öncelikle Buzdolapları,
- Klima cihazları (Split klimalar dahil),
- Büyük klima sistemlerinin ekipmanları (su soğutma grupları, klima santrali motorları, pompaları vs),
- Brülörler ve sirkülasyon pompaları (kazan kontrol panelinden de olabilir),
- Kombiler (Kapasiteleri küçük ancak toplam sayıları çok fazla cihaz düşük voltaj ve voltaj dalgalanmalarından korumak için ayrıca gereklidir.),
- Hidrofor pompaları,
- TV, müzik seti, radyo, bilgisayar vb elektronik cihazlar,
- Çamaşır ve bulaşık makineleri,
- Fabrikalar, soğuk depolar, ofis yapıları, konutlar vb binalardaki elektronik kartı olan veya elektronik kart ile çalışabilecek tipteki tüm cihazlara bu özellik (Random Restart) çok geç olmayan bir süre içinde kazandırılmalı ve kullanım şartı aranmalıdır.

11.2.5. SONUÇ

Her enerji kesintisi sonrasında, cihazlar ve elektrik motorları hemen devreye girmeyecek, belirli bir bekleme süresinin sonunda her biri farklı bir zamanda ve sıralı olarak devreye gireceklerdir. Böylece şebeke beslemesi gelir gelmez şebekeden ani güç talebi çok büyük oranda engellenmiş olacaktır.

Yüklerin dengeli, kontrollü ve normal kullanım zamanlarındakine çok yakın olacak şekilde dengelenmesini sağlayan bu özelliğin; elektrik beslemesi ile çalışan, aynı anda enerji çekebilecek ve yüksek ilk kalkış akımına maruz kalabilecek tüm cihazlarda bulunması yararlı olacaktır.

Bu özellik bazı klima cihazlarında (Bazı markaların; klima cihazlarında, elektronik cihazlarda, bina otomasyon sistemlerinde vb) bulunmaktadır. Bu cihazların kullanıldığı uygulamalarda cihaz ve şebeke arızalarına, voltaj dalgalanmalarından kaynaklanan elektronik kart sorunlarına rastlanmamaktadır.

Bu özelliğin tüm cihazlarda olmasının sağlanması son derece kolay ve masrafsız olacaktır. Elektronik kontrol kartlarına yüklenecek bir program ile bu özellik istenen her cihaza herhangi bir ilave maliyet getirmeksizin kazandırılabilir.

KAYNAKLAR

1. American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineer, Inc, Ground Source Heat Pump Engineering Manual, 1995, ATLANTA*
2. American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineer, 2004 ASHRAE Handbook – HVAC Systems and Equipment, Applied Heat Pump and Heat Recovery Systems
3. Verein Deutscher Ingenieure 6002, Solare Trinkwassererwarmung Algemeine Grundlagen, Systemtechnik und Anwendung in Wohnungsbau**
4. Verein Deutscher Ingenieure 4640, Thermische Nutzung des Untergrundes, Grundlagen, Genehmigungen, Umweltaspekte (Blatt 1), Thermische Nutzung des Untergrundes, Erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen (Blatt 2)**
5. Buderus, Solartechnik Logasol zur Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung, Planungsunterlage Ausgabe 06/2007
6. Buderus, Sole-Wasser Wärmepumpe Loganova WPS, Planungsunterlage Ausgabe 06/2008
7. "Daikin Air Conditioning and Refrigeration Equipment Service Manual, 07/2003" Bölüm 4.2.
8. Aksoy, N., Serpen, U., Filiz,Ş., 2008. Management of the Balçova-Narlıdere geothermal reservoir, Turkey. Geothermics 37, 444-466.
9. Aksoy, N., 2005. Balçova-Narlıdere jeotermal sahası rezervuar gözlemi: 2000-2005. VII. Ulusal Tesisat Kongresi 23-26 Kasım, İzmir, TESKON2005, Jeotermal Enerji Seminer Kitabı s. 227-244.
10. EPA, 1993. Space conditioning : next frontier, Office of Air and Radiation, 430-R-93-004, April.
11. Erdoğmus, B., Toksoy, M., Ozerdem, B., Aksoy, N., 2006. Economic assessment of geothermal district heating systems: a case study of Balçova-Narlidere, Turkey. Energy and Buildings 38, 1053-1059.
12. Elder, J., 1981. Geotermal Systems, Academic Press, London.
13. Harrison, R., 1994. The design and economics of European geothermal heating installations, Geothermics 23, 61-71.
14. Korkmaz, E.D.B., Serpen, U., ve Satman, A., 2008. Geothermal potentials of the fields utilized for district heating systems in Turkey. Accepted for Proceedings 30th New Zealand Geothermal Workshop 2008, 11-13 Nov., Taupo, N.Z.
15. Lund, J.W., Freeston, D.H., Boyd, T.L., 2005. World-wide direct uses of geothermal energy. Proceedings World Geothermal Congress 2005 Antalya, Turkey, 24-29 Apr. 2005.
16. Othmer, K., 1980. Geothermal Energy, Encylopedia of Chemical Technology, Vol. 11, 3rd Ed.
17. Öztürk, M., 2005. Economical Analysis of Seferihisar District Heating System. Bititme Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Petrol ve Doğal Gaz Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
18. Reistadt, G.M., 1975. Potential for nonelectric applications of geothermal energy and their place in national economy. 2nd UN Symposium on Development and Use of Geothermal Resources, S. Fransisco, CA., Vol. 3, pp. 2155-2164.
19. Serpen, U., 2000.Jeotermal Enerji, Ocak, Ankara, PMO.
20. Serpen, U., 2005. Geothermal energy and its utilization in the world and Turkey. Proceedings of the 1st International Symposium and Exhibition on Environment-Friendly Energy Sources and Technologies, ISET2005, 5-7 September, Altınyunus-Çeşme, İzmir,TURKEY.
21. Serpen, U., Mıhçakan, M., 1999. Heat flow and related geothermal potential of Turkey. Geothermal Resources Council Transactions 23, 485-490.
22. Serpen, U., 2000. Kızıldere Jeotermal Rezervuarının Teknik ve Ekonomik Değerlendşirmesi. Doktora Tezi. Petrol ve Doğal Gaz Mühendisliği Bölümü, İstanbul Teknik Üniveristesi , İstanbul, Türkiye, 278 s.
23. Serpen, U., 2006. Status of geothermal energy and its utilization in Turkey. Geothermal Resources Council Transactions 30, 683-688.
24. Serpen, U., Korkmaz, E.D.B., Satman, A., 2008. Power generation potentials of major geothermal fields in Turkey. In: Proceedings of the 33rd Workshop on Geothermal Reservoir Engineering, Stanford University, Stanford, CA, USA, pp. 134-139.
25. Şener, A.C. ve Aksoy, N., 2007. Jeotermal güç ekonomisi: Genel bakış. VIII. Ulusal Tesisat Kongresi, 25-28 Ekim, İzmir, TESKON2007, Jeotermal Enerji Seminer Kitabı s. 341-348.
26. Toksoy, M., Gülşen, E., Serpen, U., 2005. Conceptual planning for the extension of Balçova district heating system, Proceedings World Geothermal Congress 2005 Antalya, Turkey, 24-29 Apr.
27. William H. Kemp, The Renewable Energy Handbook, 2005
28. Daniel D. Chrias, The Solar House, Passive Heating and Cooling, 2002
29. Godfrey Boyle, Renewable Energy, Power for a Sustainable Future,2004
30. EÜAŞ Raporları

31. EPDK Raporları (www.epdk.gov.tr)
32. Elektrik Piyasası Düzenleme Kurulu (www.epdk.gov.tr)
33. DPT 9. 5 Yıllık Kalkınma Raporu, Enerji Özel İktisas Komisyonu Raporu
34. Global Wind Energy Outlook, 2006 Greenpeace, GWEC, September 2006
35. Elektrik İşleri Etüd İdaresi Genel Müdürlüğü EİE (www.eie.gov.tr)
36. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (http://www.dmi.gov.tr)
37. DSİ Genel Müdürlüğü Barajlar ve HES Daire Başkanlığı
38. TEİAŞ, Türkiye Elektrik Enerjisi 10 Yıllık Üretim Kapasite Projeksiyonu, 2007
39. www.youthforhab.org.tr/tr/yayinlar/enerji/ruzgar/turbunu.html
40. Arif Hepbaşlı, A. Özden Ertöz,IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, Geleceğin Teknolojisi: Yer Kaynaklı Isı Pompaları,1999
41. Su Kaynaklı Isı Pompaları Sistem Tasarım Notları, D. Bennett 2007-2008 (FHP-Manufacturing)
42. Hava Kaynaklı Isı Pompaları Seminer Notları, F. Bruggemans 2007 (Daikin Europe N.V)
43. Su ve Toprak Kaynaklı Isı Pompalarında Hidrolik Balanslama ve Montaj Notları, Selyum Mühendislik 2008
44. Çelik Erengezgin Yenilenebilir Enerji Çalışmaları
45. Çengel Y ve Boyles M., Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik, 1996
46. Veli Doğan, VI. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, Su-Toprak Kaynaklı Isı Pompaları
47. Sadık Erdoğan, Mehmet Yılmaz, Bayram Şahin, Ömer Özyurt, Tesisat Mühendisliği Dergisi Sayı 92, 2006, Isı Pompası Sistemlerinin Seçimi
48. International Energy Agency (IEA), Heatpump Centre
49. TMMOB Makina Mühendisleri Odası Enerji Komisyonu Yenilenebilir Enerji Kaynakları Raporu, 2008
50. Tübitak (www.tubitak.gov.tr)
51. T.C Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (www.enerji.gov.tr)
52. Tübitak MAM Enerji Sistemleri Çevre Araştırma Enstitüsü (www.mam.gov.tr)
53. U.S Department Of Energy Energy Efficiency and Renewable Energy (www.eere.energy.gov.tr)
54. International Energy Agency (www.iea.org)
55. Temiz Enerji Vakfı (www.temev.org.tr)
56. International Centre Of Hydrogen Technologies (www.unido-ichet.org)
57. M.Çetinkaya, F.Karaosmanoğlu, Hidrojen ve Yakıt Pilleri, MMO İstanbul Şube Ölçü Dergisi, 2003
58. Intergovernmental Panel On Climate Change, Report Of Working Group I , 2007
59. National Renewable Energy Laboratory (www.nrel.gov)
60. Nida Nurbay, Ali Çınar, Rüzgar Tirbünlerinin Çeşitleri ve Birbirleriyle Karşılaştırması, Kocaeli Üniversitesi
61. Photovolatic Applications and Resources (www.pvresources.com)
62. European Photovoltaic Industry Association (www.epia.org)
63. Universite de Pau et des Pays de l'Adour (www.univ-pau.fr)
64. Alsema, De Wild, Fthenakis, 21 st European Photovoltaic Energy Conference,2006
65. Agence de I'Environment et de la Maitrise de I'Energie (www.ademe.fr)
66. European Commission Directorate-General, Joint Research Centre (http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/)
67. Solarstocc PV Sistem tanıtım Sunusu
68. Ocean Power Technologies (www.oceanpowertechnologies.com)
69. Photovoltaic Energy www.domsweb.org
70. Wave Dragon Ltd (www.wavedragon.net)
71. Pelamis Wave Energy Company (www.pelamiswave.com)
72. Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (www.taek.gov.tr)
73. Raugeo Systemtechnik Zur Erdwärmenutzung, Technische Information 827600
74. Bundesvereinigung der Prüfingenieure für Bautechnik e.V. http://www.bvpi.de/
75. Türkiye'de Enerji ve Geleceği, İTÜ Görüşü, 2007
76. World Energy Outlook (www.worldenergyoutlook.gov)
77. Çeşitli Isısan Yayınları

* Portions of this publication translated by permission from the ASHRAE publication "Ashrea Commercial/Institutional Ground-Source Heat Pump Engineering Manual" © 200X American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. Translated and distributed by Isısan Isıtına ve Klima Sanayi AŞ. ASHRAE assumes no responsibility for the accuracy of the translation. To purchase the English language edition, contact ASHRAE, 1791 Tullie Circle, NE, Atlanta, GA 30329-2305 USA, www.ashrae.org

Bu yayının bazı bölümleri, izinli olarak ASHRAE'nin "Ashrea Ticari/Enstitüsel Toprak Kaynaklı Isı Pompaları Mühendislik El Kitabı" adlı yayınından tercüme edilmiştir. © 200X American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. Tercüme ve dağıtımı Isısan AŞ tarafından yapılmaktadır. ASHRAE tercümenin kesinliği hakkında sorumluluk kabul etmez. Kılavuzun İngilizce versiyonunu almak için, ASHRAE ile irtibata geçiniz: 1791 Tullie Circle, NE, Atlanta, GA 30329-2305 USA, www.ashrae.org

** Translation of VDI 4640 Part I, II and VDI 6002 Part I has been licensed by Verein Deutscher Ingenieure e. V. (Duesseldorf/Germany) but has not been examined. The German version is the official version as regards content of the VDI guideline.

Bu kitapta kullanılan "VDI 4640 Bölüm I, II ve VDI 6002 Bölüm I"in tercümeleri Verein Deutscher Ingenieure e. V. (Duesseldorf/Germany) tarafından Isısan AŞ'ye lisanslanmıştır, fakat kontrol edilmemiştir. Almanca versiyonu asıl yasal versiyon olup, asıl VDI direktifi olarak alınmalıdır.

EK 1.1

25 Ekim 2008 CUMARTESİ **Resmî Gazete** Sayı : 27035

YÖNETMELİK

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığından:

ENERJİ KAYNAKLARININ VE ENERJİNİN KULLANIMINDA VERİMLİLİĞİN ARTIRILMASINA DAİR YÖNETMELİK

BİRİNCİ BÖLÜM

Amaç, Kapsam, Dayanak ve Tanımlar

Amaç

MADDE 1 – (1) Bu Yönetmeliğin amacı; enerjinin etkin kullanılması, enerji israfının önlenmesi, enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yükünün hafifletilmesi ve çevrenin korunması için enerji kaynaklarının ve enerjinin kullanımında verimliliğin artırılmasına ilişkin usûl ve esasları düzenlemektir.

Kapsam

MADDE 2 – (1) Bu Yönetmelik enerji verimliliğine yönelik hizmetler ile çalışmaların yönlendirilmesi ve yaygınlaştırılmasında üniversitelerin, meslek odalarının ve enerji verimliliği danışmanlık şirketlerinin yetkilendirilmesine, enerji yönetimi uygulamalarına, enerji yöneticileri ile enerji yönetim birimlerinin görev ve sorumluluklarına, enerji verimliliği ile ilgili eğitim ve sertifikalandırma faaliyetlerine, enerji etütleri ve verimlilik artırıcı projelere, endüstriyel işletmelerde verimlilik artırıcı projelerin desteklenmesine ve gönüllü anlaşmalara, talep tarafı yönetimine, elektrik enerjisi üretiminde, iletiminde, dağıtımında ve tüketiminde enerji verimliliğinin artırılmasına, termik santrallerin atık ısılarından yararlanılmasına, açık alan aydınlatmalarına, biyoyakıt ve hidrojen gibi alternatif yakıt kullanımının özendirilmesine ve idarî yaptırımlara ilişkin usûl ve esasları kapsar.

Dayanak

MADDE 3 – (1) Bu Yönetmelik 14/6/1935 tarihli ve 2819 sayılı Elektrik İşleri Etüd İdaresi Teşkiline Dair Kanunun 2 nci maddesine, 19/2/1985 tarihli ve 3154 sayılı Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkındaki Kanunun 2 nci ve 28 inci maddelerine, 20/2/2001 tarihli ve 4628 sayılı Elektrik Piyasası Kanununa ve 18/4/2007 tarihli ve 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanununa dayanarak hazırlanmıştır.

Tanımlar

MADDE 4 – (1) Bu Yönetmelikte geçen;

a) Atık: Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından yakıt olarak kullanılması uygun görülen kullanılmış lâstikler, boya çamurları, solventler, plâstikler, atık yağlar ve diğer atıkları,

b) Bakanlık: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığını,

c) Bina: Konut, hizmet ve ticarî amaçlı kullanıma yarayan yapı veya yapı topluluğunu,

ç) Bina sahibi: Bina üzerinde mülkiyet hakkına sahip binanın maliki, varsa intifa hakkı sahibi, ikisi de yoksa binaya malik gibi tasarruf eden gerçek veya tüzel kişiyi,

d) Bina yönetimi: Binanın işletmesinden ve/veya yönetiminden sorumlu gerçek veya tüzel kişiyi,

e) Eğitim-etüt-proje sertifikası: Bina, sanayi, ısı-mekanik ve/veya elektrik kategorilerinde eğitim, enerji etüdü, danışmanlık, enerji yöneticiliği ve verimlilik artırıcı proje hazırlanması gibi hizmetleri yürütebilmeleri için Genel Müdürlük veya yetkilendirilmiş kurumlar tarafından verilen belgeyi,

f) Elektrikli ev aleti: Elektrik enerjisi kullanan buzdolabı, dondurucu, klima, çamaşır makinası, kurutmalı çamaşır makinası, fırın, bulaşık makinası, termosifon, elektrikli ısıtıcı, ampul ve floresan, ütü, televizyon, bilgisayar, müzik aleti gibi ürünleri,

g) Endüstriyel işletme: Elektrik üretim faaliyeti gösteren lisans sahibi tüzel kişiler dışındaki yıllık toplam enerji tüketimleri bin TEP ve üzeri olan ticaret ve sanayi odası, ticaret odası veya sanayi odasına bağlı olarak faaliyet gösteren ve her türlü mal üretimi yapan işletmeleri,

ğ) Enerji etiketi: Enerji tüketen ekipmanların enerji tüketim düzeyleri ile ilgili bilgileri içeren belgeyi,

h) Enerji etüdü: Enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik bilgi toplama, ölçüm, değerlendirme ve raporlama aşamalarından oluşan çalışmaları,

ı) Enerji verimliliği: Binalarda yaşam standardı ve hizmet kalitesinin, endüstriyel işletmelerde ise üretim kalitesi ve miktarının düşüşüne yol açmadan birim hizmet veya ürün miktarı başına enerji tüketiminin azaltılmasını,

i) Enerji verimliliği hizmetleri: Enerji verimliliğini artırmak üzere enerji yöneticisi eğitimi, enerji etüdü ve verimlilik arttırıcı proje hazırlama, proje uygulama ve danışmanlık hizmetlerini,

j) Enerji yoğunluğu: Bir birim ekonomik değer üretebilmek için tüketilen enerji miktarını,

k) Enerji yöneticisi: Endüstriyel işletmelerde ve binalarda enerji yönetimi ile ilgili faaliyetleri yerine getirmekle sorumlu ve enerji yöneticisi veya eğitim-etüt-proje sertifikasına sahip kişiyi,

l) Enerji yöneticisi sertifikası: Enerji yöneticisi hizmetlerinin verilebileceğini gösteren belgeyi,

m) Enerji yönetimi: Enerji kaynaklarının ve enerjinin verimli kullanılmasını sağlamak üzere yürütülen eğitim, enerji etüdü, ölçüm, izleme, planlama ve uygulama faaliyetlerini,

n) ENVER etiketi: Bu Yönetmelikte tanımlanan asgari enerji verimliliği gereksinimlerini sağlayanlara Genel Müdürlük tarafından verilen belgeyi,

o) Genel Müdür: Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürünü,

ö) Genel Müdürlük: Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğünü,

p) Geri ödeme süresi: Endüstriyel işletmelerin mevcut sistemlerinde enerji verimliliğinin artırılması amacıyla hazırladıkları veya şirketlere hazırlattıkları projelerde ihtiyaç duyulan yatırım harcamalarının projede öngörülen tasarruflarla geri kazanılmasını sağlayan süreyi,

r) Hizmet anlaşması: Eğitim, enerji etüdü, verimlilik artırıcı proje ve danışmanlık hizmetlerinin verilmesinde endüstriyel işletmeler, bina sahipleri veya yönetimleri ile yapılan anlaşmaları,

s) Kamu kesimi: Kamu kurum ve kuruluşları ile bağlı ortaklıklarını, kamu kurumu niteliğindeki meslek kuruluşlarını, üniversiteleri ve mahallî idareleri,

ş) Kanun: 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanununu,

t) Kojenerasyon: Isı ve elektrik ve/veya mekanik enerjinin aynı tesiste eş zamanlı olarak üretimini,

u) Kurul: Enerji Verimliliği Koordinasyon Kurulunu,

ü) Meslek odaları: Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliğine bağlı Elektrik Mühendisleri Odasını ve/veya Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliğine bağlı Makina Mühendisleri Odasını,

v) Referans enerji yoğunluğu: Endüstriyel işletmelerin son beş yıldaki enerji yoğunluklarının ortalamasını,

y) Şirket: Genel Müdürlük veya yetkilendirilmiş kurumlar ile yaptıkları yetkilendirme anlaşması çerçevesinde, enerji verimliliği hizmetlerini yürütmek üzere yetki belgesi verilen enerji verimliliği danışmanlık şirketlerini,

z) TEP: Ton Eşdeğer Petrolü,

aa) Toplam inşaat alanı: Zemine oturan açık teraslar, avlular, ışıklıklar, her nevi hava bacaları ve saçaklar hariç binanın inşa edilen bütün alanlar toplamını, aynı yerleşke içinde, tek bir merkezden ısı veya elektrik enerjisi temin eden birden fazla bağımsız bina olması durumunda bağımsız binaların ayrı ayrı toplam inşaat alanlarının toplamını,

bb) Uygulama anlaşması: Şirketlerin VAP uygulanmasını gerçekleştirmek için yaptıkları anlaşmayı,

cc) VAP: Enerji etüt çalışması ile belirlenen önlemlerin uygulanması ve enerji tasarruf potansiyelinin geri kazanılması için hazırlanan verimlilik artırıcı projeyi,

çç) Yetki belgesi: Düzenlenen yetkilendirme anlaşmaları çerçevesinde üniversitelere ve meslek odalarına eğitim, yetkilendirme ve izleme faaliyetlerini yürütmek üzere Kurul onayı ile Genel Müdürlük tarafından; şirketlere ise enerji yöneticisi eğitimi, enerji etüdü, danışmanlık, enerji yönetimi ve VAP hazırlama ve uygulama faaliyetlerini yürütmek üzere Genel Müdürlük veya yetkilendirilmiş kurumlar tarafından verilen belgeyi,

dd) Yetkilendirilmiş kurumlar: Düzenlenen yetkilendirme anlaşması çerçevesinde eğitim, yetkilendirme ve izleme faaliyetlerini yürütmek üzere Genel Müdürlük tarafından Kurul onayı ile yetkilendirilen meslek odalarını ve üniversiteleri ifade eder.

İKİNCİ BÖLÜM
Kurum ve Şirketlerin Yetkilendirilmesi, İzlenmesi ve Denetimi

Kurumların yetkilendirilmesi, izlenmesi ve denetimi

MADDE 5 – (1) Üniversitelere ve meslek odalarına uygulamalı eğitim yapabilmeleri ve şirketleri yetkilendirebilmeleri için Kurul onayı ile Genel Müdürlük tarafından yetki belgesi verilir. Bu belgeler Kanun ve bu Yönetmelik hükümleri uyarınca her beş yılda bir yenilenir. Yetki belgesi yenilenmeyen veya iptal edilen kurumların şirketlere verdikleri yetki belgeleri ile ilgili işlemler, süreleri doluncaya kadar Genel Müdürlük tarafından yürütülür.

(2) Meslek odalarına verilen yetki belgesi, başvurusundaki isteğine bağlı olarak oda merkezinde veya herhangi bir şubesinde faaliyet yürütmek üzere verilir.

(3) Yetkilendirilmiş kurumlar enerji yöneticisi ve eğitim-etüt-proje eğitimi verir.

(4) Yetkilendirilmiş kurumlar, şirketlerle yaptıkları yetkilendirme anlaşması kapsamında yetki belgesi verdikleri şirketler tarafından düzenlenen enerji yöneticisi eğitimlerinin uygulama kısmı için laboratuvar kullanım desteği sağlar.

(5) Genel Müdürlük ile yetki belgesi verilmesi Kurul tarafından onaylanan üniversite veya meslek odaları arasında birinci fıkra uyarınca yetkilendirme anlaşması yapılır. Bu anlaşmayı takiben; enerji yöneticisi ve eğitim-etüt-proje eğitimleri uygulamak isteyen üniversiteye veya meslek odalarına A sınıfı, yalnızca enerji yöneticisi eğitimi uygulamak isteyen üniversiteye veya meslek odalarına ise B sınıfı yetki belgesi verilir.

(6) Üniversiteler ve meslek odaları yetki belgesi alabilmek veya yetki belgesi sınıfını değiştirmek için, her yıl Nisan ve Ekim aylarında Genel Müdürlüğe aşağıdaki belgelerle birlikte başvurur.

a) İstediği yetki belgesi sınıfına giren eğitimleri, bu Yönetmeliğin ekinde yer alan Ek-1'deki hükümler çerçevesinde yürüteceğine dair taahhütnameyi de içeren başvuru yazısı,

b) Yetki belgesi sınıfına giren eğitimlerde kulianacağı dokümanların basılı ve elektronik ortamdaki birer sureti,

c) Eğitimlerde kullanacağı kapalı alan, tefriş, araç, gereç ve laboratuvar imkânlarının bu Yönetmeliğin ekinde yer alan Ek-1'deki hükümleri karşıladığını gösteren belgeler,

ç) İstediği yetki belgesi sınıfına giren eğitimlerin her birinde eğitici olacak en az üç kişinin kimlik bilgileri, özgeçmişleri ve Genel Müdürlükten alınmış enerji yöneticisi ve/veya eğitim-etüt-proje sertifikaları,

d) Yetki belgesi kapsamındaki faaliyetlerin oda merkezi veya hangi şube nezdinde yürütüleceğine dair belge.

(7) Genel Müdürlük tarafından her yıl Ocak ayında, en az daire başkanı düzeyinde bir kişinin başkanlığında ve Genel Müdürlüğün en az üç personelinden oluşan bir değerlendirme komisyonu oluşturulur. Değerlendirme komisyonunun belgeler üzerinden ve yerinde yaptığı incelemeleri içeren değerlendirme raporu başvuru tarihinden itibaren en fazla otuz gün içinde Genel Müdürün uygun görüşüne sunulur. Uygun görüş verilen değerlendirme raporları Genel Müdür tarafından başvuruyu takip eden ilk toplantısında Kurula sunulur. Kurul yetki belgesi verilmesine, değiştirilmesine veya yeniden kullanıma açılmasına karar verir veya yerinde inceleme yapmak ve sonuçları bir sonraki toplantıda Kurula sunulmak üzere kendi içinden en az üç kişiden oluşan bir komisyon görevlendirir. Yetki belgesi verilmesine, değiştirilmesine veya yeniden kullanıma açılmasına ilişkin nihaî Kurul kararı, başvuru tarihinden itibaren en geç ikinci Kurul toplantısında alınır. Kurul kararları Kurul toplantısından itibaren onbeş gün içinde Genel Müdürlük tarafından başvuru sahibine bildirilir. Altıncı fıkrada sayılan belge ve kriterleri sağlayan ve yerinde yapılan incelemeler neticesinde yeterliliği tutanakla tespit edilen üniversitelere ve meslek odalarına yetki belgesi verilir.

(8) Yetkilendirilmiş kurumlar hazırladıkları faaliyet raporunu her yıl Mart ayı sonuna kadar Genel Müdürlüğe gönderir. Bu raporlar bu madde uyarınca oluşturulan değerlendirme komisyonu tarafından incelenir. Raporlar üzerinden ve yerinde yapılan incelemelere göre faaliyetlerde gözlenen eksikliklerin giderilmesi için yetkilendirilmiş kuruma, en fazla altı ay olmak üzere istediği süre tanınır. Kurul onayı ile, talep edilen süre boyunca, yetki belgesinin sınıfı değiştirilebilir veya yetki belgesi askıya alınabilir. Askıya alınan yetki belgelerinin yeniden kullanıma açılması için yetki belgesinin askıya alınmasına neden olan aksaklıklar ve bunların giderildiğine dair belgeler bir başvuru yazısı ekinde Genel Müdürlüğe sunulur. Sunulan belgeler yedinci fıkra hükümlerine göre değerlendirilir. Belgelerin yetersiz bulunması veya beş yıllık süresi içerisinde yetki belgesinin en az iki kez askıya alınması halinde, yetkilendirilmiş kurumun yetki belgesi Kurul onayı ile iptal edilir.

(9) Yetkilendirilmiş kurumun sertifikalandırdığı enerji yöneticilerinden, bunların çalıştığı endüstriyel işletmelerden, binalardan, şirketlerden veya bu şirketlerin müşterilerinden Genel Müdürlüğe iletilen şikayetler ile eğitimler sırasında katılımcılar tarafından doldurulan eğitim değerlendirme formları Genel Müdürlük tarafından incelenir. Şikayetlerin haklılığına, sayısına ve etkilerine bağlı olarak, yetkilendirilmiş kurumun yetki belgesi Kurul onayı ile iptal edilir.

(10) Yetki belgesi verilen, belgesi değiştirilen, askıya alınan, yeniden kullanıma açılan veya iptal edilen yetkilendirilmiş kurumlar, bu işlemlerin tamamlanma tarihinden itibaren beş işgünü içerisinde Genel Müdürlüğün internet sayfası üzerinden duyurulur.

(11) Genel Müdürlük yetki belgesi alan kurumların katılımı ile her yıl Aralık ayında koordinasyon toplantısı düzenleyerek gelişmeleri, darboğazları ve çözüm önerilerini kapsayan toplantı sonuç raporunu yayımlar.

Şirketlerin yetkilendirilmesi, izlenmesi ve denetimi

MADDE 6 – (1) Enerji verimliliği hizmetlerini yerine getirmek üzere Genel Müdürlük veya yetkilendirilmiş kurumlar tarafından şirketlere yetki belgesi verilir. Bu belge Kanun ve bu Yönetmelik hükümlerine aykırı bir durum olmadıkça her üç yılda bir yenilenir.

(2) Bina, sanayi sektörleri, ısı-mekanik ve elektrik konularında olmak üzere şirketlere verilen yetki belgesinin kategorisi, şirketler tarafından başvuru sırasında sunulan tercih formuna göre belirlenir.

(3) Şirketler endüstriyel işletmelere, bina sahiplerine veya yönetimlerine aşağıdaki hizmetleri sunar.

a) Hizmet anlaşması kapsamında enerji yöneticisi eğitimi, enerji etüdü ve verimlilik artırıcı proje (VAP) hazırlama ve uygulama, danışmanlık ve binalara yönelik enerji yöneticisi hizmetleri verilmesi,

b) Uygulama anlaşması kapsamında enerji tasarruf miktarını garanti etmek suretiyle VAP'ın uygulanması,

(4) Şirketler yetki belgesi alabilmek veya yetki belgesinin kategorisini değiştirmek için her yıl Ocak ve Temmuz aylarında Genel Müdürlüğe veya yetkilendirilmiş kurumlara aşağıdaki belgelerle birlikte başvurur:

a) Enerji verimliliği hizmetlerini bu Yönetmelik hükümleri doğrultusunda yerine getireceğine dair taahhütnameyi de içeren başvuru yazısı,

b) Enerji yöneticisi eğitimlerinde kullanacağı dokümanların basılı ve elektronik ortamdaki birer sureti,

c) Enerji verimliliği hizmetlerini de içine alan şirket sözleşmesi ve ilgili odalara kayıt belgeleri,

ç) Hangi sektörlerde enerji etüdü, VAP uygulaması ve danışmanlık hizmetleri vereceğini gösteren tercih formu,

d) Enerji yöneticisi eğitimlerinde bu Yönetmeliğin ekinde yer alan Ek-1'deki hükümleri karşıladığını gösteren belgeler, eğitici olacak en az üç kişinin kimlik bilgileri, özgeçmişleri ve enerji yöneticisi ve/veya eğitim-etüt-proje sertifikaları,

e) Etüt-proje hizmetlerinde en az ikişer kişi olmak üzere, her bir yetki belgesi kategorisinde görevlendireceği personelin veya hizmet alacağı kişilerin kimlik bilgileri, özgeçmişleri ve eğitim-etüt-proje sertifikaları,

f) Enerji etüdü hizmetlerinde kullanılmak üzere bu Yönetmeliğin ekinde yer alan Ek-4'de listesi ve özellikleri verilen cihazlara sahip olunduğuna dair faturaları veya bu cihazların yetki süresi boyunca kullanılabileceğine dair sözleşmeler,

g) Mevcut yetki belgesindeki tercihlerini yenilemek suretiyle yetki belgesini değiştirmek isteyen şirket için değişiklik gerekçesi,

ğ) ISO 17025 laboratuvar akreditasyon yeterlilik belgesi veya ölçümlerin bu belge sahibi tüzel kişilerden hizmet alınmak suretiyle yapılacağına ilişkin sözleşme,

(5) Dördüncü fıkradaki belgeleri eksiksiz olan ve bu belgeler kapsamındaki istekleri karşılayan şirkete yetkilendirme anlaşması yapmak suretiyle ve Genel Müdürlük onayı ile yetki belgesi verilir. ISO 17025 laboratuvar akreditasyon yeterlilik belgesini almak üzere ilgili kurum veya kuruluşa müracaat edildiğine dair belgeyi başvuru dosyasında sunan şirkete de yetki belgesi verilir. Ancak, yetki anlaşmasının yapılmasını takip eden bir yıl içinde ISO 17025 laboratuvar akreditasyon yeterlilik belgesini alamayan şirketin yetki belgesi askıya alınır. Yetki anlaşmasının yapılmasını takip eden ikinci yılın sonunda ISO 17025 laboratuvar akreditasyon yeterlilik belgesinin alınamaması halinde, şirketin yetki belgesi iptal edilir.

(6) Şirketlerin başvuruları Genel Müdürlük veya yetkilendirilmiş kurumlar tarafından oluşturulan değerlendirme komisyonu tarafından incelenir. Değerlendirme sonuçları başvuru tarihinden itibaren en geç otuz gün içerisinde başvuru sahibine bildirilir. Değerlendirme yetkilendirilmiş kurumlar tarafından yapılmış ise, sonuçlar en geç otuz gün içerisinde ayrıca Genel Müdürlüğe bildirilir.

(7) Yetki belgesi alan şirket, her yıl Ocak ayı sonuna kadar kendisini yetkilendiren kuruma yıllık faaliyet raporunu gönderir. Yerinde yapılan incelemelere göre faaliyet raporunda tespit edilen uyumsuzluklar şirket tarafından onbeş gün içerisinde düzeltilir. Faaliyetlerinde tespit edilen sertifikalı personel ve eğitim imkânları ile ilgili yetersizliklerin, enerji etüdlerinde kullanılması gereken cihazlardaki eksikliklerin veya kullandığı cihazlardaki kalibrasyon sorunlarının giderilmesi için şirkete altı aydan fazla olmamak üzere istediği kadar süre tanınır ve bu süre içerisinde yetki belgesi askıya alınır. Üç yıllık süresi içerisinde yetki belgesi en az iki kez askıya alınan şirketin yetki belgesi iptal edilir. Askıya alınan yetki belgelerinin yeniden kullanıma açılmasında aşağıdaki usûl ve esaslar uygulanır:

a) Şirket yetki belgesinin askıya alınmasına neden olan aksaklıkları giderdiğine dair belgeleri bir başvuru yazısı ekinde yetki belgesini aldığı Genel Müdürlüğe veya yetkilendirilmiş kuruma sunar. Yetkilendirilmiş kurumlara sunulan belgeler on gün içerisinde ilgili yetkilendirilmiş kurum tarafından Genel Müdürlüğe gönderilir.

b) Şirkete yetki belgesi veren Genel Müdürlük veya yetkilendirilmiş kurum bu belgeleri yerinde yapacağı incelemeler ile birlikte değerlendirerek, aksaklıkları gideren şirketin yetki belgesini, başvuru yazısının kendisine intikal tarihinden itibaren otuz gün içerisinde kullanıma açar. Sunulan belgelerin yetersiz bulunması halinde, şirketin yetki belgesi iptal edilir.

c) Bu fıkradaki husususlarla birlikte yetki iptali ile ilgili diğer hususlar ve anlaşmazlıkların giderilmesine ilişkin konulara şirket ile Genel Müdürlük veya yetkilendirilmiş kurum arasında yapılan yetkilendirme anlaşmasında yer verilir.

(8) Uygulama anlaşması kapsamında garanti ettiği enerji tasarruf miktarını uygulama öncesi ve sonrası yapacağı ölçümlerle müşterisinin ve yetkilendirildiği kurumun temsilcileri huzurunda kanıtlayamayan şirket kendisine yetki belgesi veren Genel Müdürlüğün veya yetkilendirilmiş kurumun internet sayfası üzerinden ilân edilir. En fazla üç uygulama anlaşmasındaki taahhüdünü yerine getiremeyen şirketin yetki belgesi bir yıl süre ile askıya alınır.

(9) Yetkilendirilmiş kurumlar tarafından yetki belgesi verilen, değiştirilen, askıya alınan, yeniden kullanıma açılan veya iptal edilen şirketler ilgili yetkilendirilmiş kurum tarafından bu işlemlerin tamamlanma tarihinden itibaren beş işgünü içerisinde Genel Müdürlüğe bildirilir. Bu bilgiler, bildirim tarihinden itibaren beş işgünü

içerisinde Genel Müdürlüğün internet sayfası üzerinden yayınlanır.

(10) Şirketlerin uygulama anlaşmaları kapsamında ölçümlerle kanıtladıkları tasarruf miktarları kendisine yetki belgesi veren Genel Müdürlüğün veya yetkilendirilmiş kurumun internet sayfası üzerinden ilân edilir.

(11) Şirketlerin enerji etüdlerinde kullandığı cihazların kalibrasyon durumları ve laboratuvar akreditasyon yeterlilikleri ile ilgili akredite olmuş ulusal veya uluslararası kuruluşlardan alınmış belgeler yıllık faaliyet raporları kapsamında verilir.

(12) Yetkilendirilmiş kurumlar tarafından şirketlerin izlenmesinde ve denetiminde tespit edilen ve bu Yönetmelik hükümlerine aykırılık teşkil eden diğer hususlar ilgili yetkilendirilmiş kurum tarafından en geç otuz gün içerisinde Genel Müdürlüğe bildirilir.

(13) Şirketler tarafından endüstriyel işletmelerde ve binalarda yapılan enerji etüdü çalışmalarında, akredite olmuş ulusal veya uluslararası kuruluşlar tarafından kalibrasyonu yapılmış ve etiketlenmiş cihazlar kullanılır.

Yetki belgesi ve sertifika bedelleri

MADDE 7 – (1) Her yıl Ocak ayında Kurul tarafından belirlenen yetki belgesi ve sertifika bedelleri ve sertifika bedellerinin yetkilendirilmiş kurumlara ödenecek bölümü Genel Müdürlük tarafından Resmî Gazete'de tebliğ olarak yayımlanır. Şirketler bu belgeleri alabilmek için yetki belgesi bedelini ve enerji yöneticisi sertifikası bedelinin yüzde onundan fazla olmamak kaydıyla Kurul tarafından belirlenen bölümünü yetkilendirme anlaşması yaptıkları Genel Müdürlüğe veya yetkilendirilmiş kuruma öder. Bu bedelleri ödemeyen şirketin yetki belgesi iptal edilir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM
Enerji Yönetimi ve Verimlilik Artırıcı Önlemler

Enerji yönetimi

MADDE 8 – (1) Enerji yönetimi kapsamında enerji yöneticileri veya enerji yönetim birimleri aşağıdaki faaliyetleri yürütür:

a) Tüketim alışkanlıklarının iyileştirilmesine ve ısrafın önlenmesine yönelik önlemleri ve prosedürleri belirlemek, tanıtımını yapmak ve gerektiğinde eğitim programları düzenlemek,

b) Enerji tüketen sistemler, süreçler veya ekipmanlar üzerinde yapılabilecek tadilâtları belirlemek ve uygulanmasını koordine etmek,

c) Enerji etüdlerinin ve VAP'ların hazırlanması ve uygulanması ile ilgili pazar araştırmaları yapmak, anlaşmaları hazırlamak ve uygulamayı kontrol etmek,

ç) Enerji tüketen ekipmanların verimliliklerini izlemek, bakım ve kalibrasyonlarının zamanında yapılmasını koordine etmek,

d) Enerji ihtiyaçlarının ve verimlilik artırıcı uygulamaların plânlarını, bütçe ihtiyaçlarını, fayda ve maliyet analizlerini hazırlamak ve üst yönetime sunmak,

e) Enerji tüketimini ve maliyetleri izlemek, değerlendirmek ve periyodik raporlar üretmek,

f) Enerji tüketimlerini izlemek için ihtiyaç duyulan sayaç ve ölçüm cihazlarının temin edilmesini ve montajını sağlamak üzere girişimlerde bulunmak,

g) Endüstriyel işletmelerde özgül enerji tüketimini, mal üretimi ile enerji tüketimi ilişkisini, enerji maliyetlerini, işletmenin enerji yoğunluğunu izlemek ve bunları iyileştirici öneriler hazırlamak,

ğ) Enerji kompozisyonunun değiştirilmesi ve alternatif yakıt kullanımı ile ilgili imkânları araştırmak, çevrenin korunmasına, emisyonların azaltılmasına ve sınır değerlerin aşılmamasına yönelik önlemleri hazırlayarak bunların uygulamasını koordine etmek,

h) Enerji ikmal kesintisi durumunda uygulanmak üzere ve Genel Müdürlük tarafından istenmesi halinde petrol ve doğal gaz kullanımını azaltmak amacıyla alternatif planlar hazırlamak,

ı) Kanun kapsamında her yıl Mart ayı sonuna kadar Genel Müdürlüğe verilmesi gerekli bilgileri hazırlamak ve Genel Müdürlüğe gönderilmek üzere yönetime sunmak.

Enerji yöneticisi görevlendirilmesi ve enerji yönetim birimi kurulması

MADDE 9 – (1) Yıllık toplam enerji tüketimi bin TEP ve üzeri olan endüstriyel işletmeler çalışanları arasından enerji yöneticisi görevlendirir.

(2) Toplam inşaat alanı en az yirmibin metrekare veya yıllık toplam enerji tüketimi beşyüz TEP ve üzeri olan ticarî binaların ve hizmet binalarının yönetimleri ile toplam inşaat alanı en az onbin metrekare veya yıllık toplam enerji tüketimi ikiyüzelli TEP ve üzeri olan kamu kesimi binalarının yönetimleri, yönetimlerin bulunmadığı hallerde bina sahipleri enerji yöneticisi görevlendirir veya şirketlerden veya enerji yöneticilerinden hizmet alır.

(3) Yıllık toplam enerji tüketimi bin TEP'ten az olan endüstriyel işletmelere yönelik çalışmalar yapmak üzere, organize sanayi bölgelerinde enerji yöneticisinin sorumluluğunda enerji yönetim birimi kurulur. Bu birim-

lerde enerji yöneticisi dışında en az iki teknik eleman çalıştırılır.

(4) Kamu kesimi dışında kalan ve yıllık toplam enerji tüketimleri ellibin TEP ve üzeri olan endüstriyel işletmelerde enerji yöneticisinin sorumluluğunda enerji yönetim birimi kurulur. Bu birimlerde enerji yöneticisi dışında en az bir makina ve bir elektrik veya elektrik-elektronik mühendisi çalıştırılır. Organizasyonlarında toplam kalite çalışmalarından sorumlu olan ve bünyesinde enerji yöneticisinin de görev aldığı kalite yönetim birimi bulunan endüstriyel işletmeler bu birimlerini enerji yönetim birimi olarak da görevlendirebilir.

(5) Endüstriyel işletmelerin ve organize sanayi bölgelerinin yönetimleri, binaların sahipleri veya yönetimleri, aşağıdaki sürelere uygun olarak enerji yöneticisi görevlendirir ve görevlendirdikleri enerji yöneticilerinin kimlik bilgileri ile özgeçmiş, adres ve iletişim bilgilerini;

a) Kanunun yürürlüğe girdiği tarihte mevcut olan endüstriyel işletmeler organize sanayi bölgeleri, ticarî binalar, hizmet binaları ve kamu kesimi binaları için en geç 2/5/2009 tarihine kadar,

b) 2/5/2009 tarihinden sonra yapı kullanma izni alınan ve toplam inşaat alanı yirmibin metrekarenin üzerinde olan ticarî binalar ve hizmet binaları ile toplam inşaat alanı onbin metrekarenin üzerinde olan kamu kesimi binaları için yapı kullanma izni alınmasını takip eden doksan gün içerisinde,

c) 2/5/2009 tarihinden sonra yapı kullanma izni alınan veya faaliyete geçen veya kurulan, ticarî binalardan, hizmet binalarından, kamu kesimi binalarından ve endüstriyel işletmelerden sekizinci fıkra hükümlerine göre her yıl Ocak ayında yapılan hesaplamalar sonucu kapsama girenler ve organize sanayi bölgeleri için doksan gün içerisinde,

ç) Enerji yöneticisi değişikliklerini otuz gün içerisinde

Genel Müdürlüğe bildirir.

(6) Enerji yöneticisi görevlendirilmesi ve 8 inci madde kapsamında tanımlanan faaliyetlerin yerine getirilmesi ile ilgili olarak Genel Müdürlüğün yerinde yapacağı incelemelerde ve denetlemelerde talep edilen bilgi ve belgelerin verilmesi ve gerekli şartların sağlanması zorunludur.

(7) Endüstriyel işletmelerde mühendislik, organize sanayi bölgelerinde makina, elektrik veya elektrik-elektronik mühendisliği, binalarda ise makina, elektrik veya elektrik-elektronik mühendisliği veya teknik eğitim fakültelerinin makina veya elektrik bölümlerinde lisans eğitimi görmüş kişiler arasından enerji yöneticisi görevlendirilir. Bina sahipleri veya yönetimleri şirketlerden veya enerji yöneticilerinden hizmet alabilir. Kamu kesimi dışında kalan endüstriyel işletmelerde ve binalarda görevlendirilen veya hizmet alınan enerji yöneticilerinden mühendislik alanında lisans eğitimi almış olanlarda Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliğine bağlı ilgili Mühendis Odasına kayıtlı olması şartı aranır.

(8) Enerji yöneticisi görevlendirilmesi ve enerji yönetim birimlerinin kurulması ile ilgili olarak yıllık enerji tüketimlerinin hesaplanmasında son üç yıla ait yıllık toplam enerji tüketimlerinin ortalaması esas alınır. Yıllık toplam enerji tüketiminin hesabında, yıl içerisinde tüketilen her türlü yakıt ve elektrik enerjisi ile ilgili miktarlar bu Yönetmeliğin ekinde yer alan Ek-2'de tanımlanan katsayılar kullanılmak suretiyle TEP'e çevrilerek toplanır. Ek-2'de yer almayan yakıtların TEP'e çevrilmesinde Uluslararası Enerji Ajansı tarafından yayımlanan katsayılar veya değerler esas alınır.

Enerji verimliliğini arttırıcı önlemler

MADDE 10 – (1) Mevcut tesislerin işletilmesinde, yeni tesislerin kurulmasında, kapasite arttırımı ve modernizasyon çalışmalarında, enerji yöneticilerinin bu Yönetmelik kapsamındaki görevlerinin yerine getirilmesinde, enerji etüdlerinde ve VAP'larda aşağıdaki önlemler öncelikle dikkate alınır.

a) Yakma sistemlerinde yanma kontrolü ve optimizasyonu ile yakıtların verimli yakılması,

b) Isıtma, soğutma, iklimlendirme ve ısı transferinde en yüksek verimin elde edilmesi,

c) Sıcak ve soğuk yüzeylerde ısı yalıtımının standartlara uygun olarak yapılması, ısı üreten, dağıtan ve kullanan tüm ünitelerin yalıtılarak istenmeyen ısı kayıplarının veya kazançlarının en aza indirilmesi,

ç) Atık ısı geri kazanımı,

d) Isının işe dönüştürülmesinde verimliliğin arttırılması,

e) Elektrik tüketiminde kayıpların önlenmesi,

f) Elektrik enerjisinin mekanik enerjiye veya ısıya dönüşümünde verimliliğin artırılması,

g) Otomatik kontrol uygulamaları ile insan faktörünün en aza indirilmesi,

ğ) Kesintisiz enerji arzı sağlayacak girdilerin seçimine dikkat edilmesi,

h) Makinaların enerji verimliliği yüksek olan teknolojiler arasından, standardizasyon ve kalite güvenlik sisteminin gereklerine dikkat edilerek seçilmesi,

ı) İstenmeyen ısı kayıpları veya ısı kazançları en alt düzeyde olacak şekilde projelendirilmesi ve uygulamanın projeye uygun olarak gerçekleştirilmesinin sağlanması,

i) İnşaa ve montaj aşamasında enerji verimliliği ile ilgili ölçüm cihazlarının temin ve monte edilmesi,

j) Yenilenebilir enerji, ısı pompası ve kojenerasyon uygulamalarının analiz edilmesi,

k) Aydınlatmada yüksek verimli armatür ve lâmbaların, elektronik balastların, aydınlatma kontrol sistemlerinin kullanılması ve gün ışığından daha fazla yararlanılması,

l) Enerji tüketen veya dönüştüren ekipmanlar için ilgili mevzuat kapsamında tanımlanan asgarî verimlilik kriterlerinin sağlanması,

m) Camlamada düşük yayınımlı ısı kontrol kaplamalı çift cam sistemlerinin kullanılması.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM
Eğitim ve Sertifikalandırmalar

Enerji yöneticisi eğitimleri

MADDE 11 – (1) Genel Müdürlük, yetkilendirilmiş kurumlar veya şirketler tarafından düzenlenen enerji yöneticisi eğitim programlarına katılarak başarılı olan, en az iki yıllık mesleki tecrübeye sahip, 9 uncu maddenin yedinci fıkrasında tanımlanan mühendislik veya teknik eğitim fakültelerinde lisans eğitimi almış gerçek kişilere enerji yöneticisi sertifikası verilir. Yetkilendirilmiş kurumlar ve şirketler tarafından verilen enerji yöneticisi sertifikaları veriliş tarihini takip eden onbeş gün içerisinde Genel Müdürlüğe bildirilir. Enerji yöneticisi sertifikası endüstriyel işletmeler ve binalar için ayrı sınıflarda olmak üzere, tebliğ ile belirlenen formata uygun olarak düzenlenir.

(2) Enerji yöneticisi eğitim programlarında binalar ve sanayi sektörlerine göre sınıflandırılmış teorik ve/veya uygulamalı kısımları olan derslerden oluşan ve bu Yönetmeliğin ekinde yer alan Ek-1'de tanımlanan müfredat uygulanır.

(3) Genel Müdürlük işbirliği ile, Türk Silahlı Kuvvetleri, Millî Savunma Bakanlığı ve Millî İstihbarat Teşkilatı Müsteşarlığı tarafından bu Yönetmelik hükümlerine uygun olarak düzenlenen enerji yöneticisi eğitimlerine katılan en az lisans eğitimi almış kişilere Genel Müdürlük tarafından enerji yöneticisi sertifikası verilir. Bu fıkra kapsamında enerji yöneticisi sertifikası alanlardan, mühendislik veya teknik eğitim fakültelerine eşdeğer düzeyde lisans eğitimi almış olanlar kamu görevlerinin sona ermesi halinde, bu fıkrada tanımlanan kurumlar dışında da enerji yöneticisi olarak görev yapabilir, mühendislik fakültelerine eşdeğer düzeyde lisans eğitimi almış olanlar ise eğitim-etüt-proje eğitimlerine katılabilir.

Eğitim-etüt-proje eğitimleri

MADDE 12 – (1) Genel Müdürlük veya yetkilendirilmiş kurumlar tarafından düzenlenen eğitim-etüt-proje eğitim programlarına katılarak başarılı olan, en az iki yıllık meslekî tecrübeye sahip, mühendislik fakültelerinde lisans eğitimi almış gerçek kişilere eğitim-etüt-proje sertifikası verilir. Yetkilendirilmiş kurumlar tarafından verilen eğitim-etüt-proje sertifikaları veriliş tarihini takip eden onbeş gün içerisinde Genel Müdürlüğe bildirilir. Eğitim-etüt-proje sertifikası bu Yönetmeliğin 6 ncı maddesinin ikinci fıkrasında belirtilen kategorilerde düzenlenir.

(2) Eğitim-etüt-proje eğitimleri ile ilgili eğitim programlarında, teorik ve/veya uygulamalı kısımları olan derslerden oluşan ve bu Yönetmeliğin ekinde yer alan Ek-1'de tanımlanan müfredat uygulanır.

(3) Eğitim-etüt-proje sertifikası verilecek kişinin Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliğine bağlı ilgili Mühendis Odasına kayıtlı olması şartı aranır.

Eğitim programlarının izlenmesi ve denetimi

MADDE 13 – (1) Genel Müdürlük, yetkilendirilmiş kurumlar ve şirketler tarafından planlanan ve uygulanan eğitim programları ile ilgili bilgiler Genel Müdürlüğün internet sayfası üzerinden ilân edilir.

(2) Genel Müdürlük, yetkilendirilmiş kurumlar ve yetkilendirdiği şirketler tarafından yürütülen eğitim programlarını, yetkilendirilmiş kurumlar ise yetkilendirdikleri şirketler tarafından yürütülen eğitim programlarını yerinde izler. Aksaklıkların giderilmesine yönelik öneriler ilgili yetkilendirilmiş kuruma veya şirkete yazılı olarak bildirilir. Bu önerilerin uygulama durumu Genel Müdürlük ve/veya ilgili yetkilendirilmiş kurum tarafından kontrol edilir.

Kurs ve eğitici ücretleri

MADDE 14 – (1) Bir sonraki yılda düzenlenecek enerji yöneticisi ve eğitim-etüt-proje eğitim programlarına katılacaklardan alınacak Katma Değer Vergisi dahil taban ve tavan ücretler, her yıl Aralık ayında Kurul tarafından belirlenir ve Genel Müdürlük tarafından Genel Müdürlüğün internet sayfası üzerinden ilân edilir.

(2) Eğitim programlarında eğitici olarak görevlendirilen Genel Müdürlük personelinin ücretle okutacakları haftalık ders saatlerinin sayısı, ders görevi alacakların nitelikleri ile bunlara ödenecek ek ders ücretleri ve diğer hususlarla ilgili işlemler, 14/7/1965 tarih ve 657 sayılı Devlet Memurları Kanununun 89 uncu maddesi uyarınca yürütülür.

BEŞİNCİ BÖLÜM
Endüstriyel İşletmelerde Verimlilik Artırıcı Projelerin Desteklenmesi

Başvuru

MADDE 15 – (1) VAP'larının desteklenmesini isteyen endüstriyel işletmeler, bu Yönetmeliğin ekinde yer alan Ek-3'te belirtilen esaslara uygun olarak hazırladıkları veya şirketlere hazırlattıkları projelerini aynı esaslara uygun olan enerji etüt raporu ile birlikte her yıl Ocak ayında Genel Müdürlüğe sunar.

(2) Endüstriyel işletme, desteklerden yararlanmak üzere en fazla iki VAP ile başvuruda bulunabilir. VAP'larının desteklenmesi Kurul tarafından onaylanan endüstriyel işletmeler bu VAP'larına ilişkin uygulama raporları onaylanana kadar yeni bir VAP'ın desteklenmesi için başvuruda bulunamaz.

Değerlendirme

MADDE 16 – (1) VAP'lar aşağıdaki şekilde değerlendirilir:

a) Genel Müdürlük her yıl Ocak ayında VAP'ları değerlendirmek üzere en az şube müdürü düzeyinde bir kişinin başkanlığında ve Genel Müdürlüğün en az beş personelinden oluşan bir VAP değerlendirme komisyonu kurar.

b) VAP değerlendirme komisyonu aşağıdaki çalışmaları yürütür.

1) Öncelikle proje dosyasında belirlediği eksikliklerin veya yetersizliklerin giderilmesini başvuru sahibi endüstriyel işletmeden ister. Endüstriyel işletme otuz gün içinde eksiklikleri tamamlar.

2) Projedeki tasarruf potansiyellerini, geri kazanım yöntemlerini, uygulama maliyetlerini ve geri ödeme sürelerini, piyasa araştırması yapmak suretiyle kontrol eder.

3) Projenin uygulanmasında, daha fazla tasarruf sağlayabilecek ve/veya proje bedelini azaltabilecek önerileri başvuru sahibi endüstriyel işletmeye bildirir.

c) Başvuru sahibi endüstriyel işletme VAP değerlendirme komisyonunun yerinde yapacağı incelemelere imkân tanır ve VAP değerlendirme komisyonunun iyileştirme önerilerini kabul etmesi halinde otuz gün içinde nihaî proje dosyasını Genel Müdürlüğe ikinci kez sunar.

ç) VAP değerlendirme komisyonunun değerlendirmesi sonucunda teknik açıdan uygun ve geri ödeme süresi en fazla beş yıl ve projesinde belirlenmiş bedeli en fazla beşyüzbin Türk Lirası olan VAP'lar desteklenmeye değer projeler olarak belirlenir. Bu projelere Kurul onayı ile sağlanabilecek destek miktarı aşağıdaki formüle göre belirlenir.

$D = [20-(5/4) \times (S-1)]/100 \times M$

D: Destek miktarı (Türk Lirası)

M: Projede öngörülen uygulama bedeli (Türk Lirası)

S: Geri ödeme süresi (Yıl), bir yılın altındaki geri ödeme süreleri bir yıla tamamlanır.

d) VAP değerlendirme komisyonu desteklenmeye değer olan VAP'ları aşağıdaki formül ile hesaplanan toplam puanlarına göre en yüksek puandan başlamak suretiyle sıralar.

$P = 0,6 \times G + 0,4 \times ETO$

P: Toplam puan

G: 100 puan üzerinden, en kısa geri ödeme süresine göre normalize edilmiş geri ödeme süresi puanı,

ETO: 100 puan üzerinden, toplam tasarruf içinde en fazla elektrik enerjisi tasarruf oranına göre normalize edilmiş elektrik enerjisi tasarruf oranı puanı.

e) VAP değerlendirme komisyonu bu sıralamada en yüksek puanlıdan başlamak suretiyle ve Genel Müdürlüğe verilen ödenek miktarı ile sınırlı olmak üzere desteklenecek VAP'ları belirler. Bu şekilde belirlenen VAP'lar desteklenmek üzere Genel Müdürlük tarafından Kurul onayına sunulur. Desteklenme kararı verilen VAP'lar onbeş gün içerisinde Genel Müdürlüğün internet sayfası üzerinden ilân edilir ve başvuru sahiplerine yazılı olarak bildirilir. Başvuru sahipleri bildirim tarihinden itibaren otuz gün içersinde Genel Müdürlüğe sözleşme yapmak üzere başvurur.

Desteklerin uygulanması

MADDE 17 – (1) VAP destekleri aşağıdaki şekilde uygulanır:

a) Genel Müdürlük, desteklenmek üzere Kurul tarafından onaylanan VAP'ların sahipleri ile uygulama raporunun onaylanmasını müteakip, Genel Müdürlüğün internet sayfasında yayınlanan formata uygun destekleme sözleşmesi yapar.

b) Sözleşme yılı içinde tamamlanan projeler için destek ödemeleri yılı içinde yapılır. Bir sonraki yılda tamamlanan projeler için mevcut ödeneğin bu projelere uygulanacak toplam destek miktarına oranı nispetinde ödeme yapılır. Bu şekilde yapılan ödemelere ilişkin herhangi bir hak ve faiz talebinde bulunulamaz.

c) VAP destekleri için carî yıla ait toplam kullanılabilir ödenek miktarı Genel Müdürlüğün internet sayfası üzerinden ilân edilir.

ç) VAP'ları desteklenen tüzel kişiler bu projeleri işletmesinde iki yıl içinde uygular. Bu süreyi aşan veya

projesinden farklı yapılan uygulamalar desteklenmez. Projede öngörülen uygulama bedeli içinde kalmak kaydıyla, projesine göre daha az enerji tasarrufu sağlanmasına sebep olan proje bileşenleri projesinden farklı yapılan uygulamalar olarak kabul edilir.

d) Uygulama öncesi ve sonrası bilgi ve görüntüleri içeren ve Genel Müdürlük tarafından belirlenen formata göre hazırlanmış uygulama raporları Genel Müdürlüğe gönderilir. Uygulama sonuçları Genel Müdürlük tarafından yerinde kontrol edilir.

e) Uygulanacak destek miktarı aşağıdaki formüle göre belirlenir.

D = [20-(5/4) x (S-1)]/100 x (M-F)

D: Destek miktarı (Türk Lirası)

M: Projede öngörülen uygulama bedeli (Türk Lirası)

S: Geri ödeme süresi (Yıl), altı ayı aşan geri ödeme süreleri bir yıla tamamlanır.

F: Projesinden farklı yapılan proje bileşeninin uygulama bedeli (Türk Lirası)

f) Uygulama projelerinin desteklenmesi kapsamındaki her türlü ödeme endüstriyel işletme tarafından Genel Müdürlüğe sunulan uygulama raporlarının yerinde yapılan inceleme ve kontrol sonucu Genel Müdürlük tarafından onaylanmasını müteakip yapılır.

ALTINCI BÖLÜM
Gönüllü Anlaşmalar

Başvuru ve değerlendirme

MADDE 18 – (1) Herhangi bir endüstriyel işletmesi için üç yıl içerisinde enerji yoğunluğunu ortalama olarak en az yüzde on oranında azaltmayı taahhüt ederek Genel Müdürlük ile gönüllü anlaşma yapmak isteyen tüzel kişiler, Genel Müdürlüğün internet sayfasında yayınlanan başvuru formu ile birlikte her yıl Ocak ayı sonuna kadar Genel Müdürlüğe başvurur.

(2) Gönüllü anlaşma başvuruları aşağıdaki şekilde değerlendirilir.

a) Genel Müdürlük her yıl Ocak ayında başvuruları değerlendirmek üzere en az şube müdürü düzeyinde kişinin başkanlığında ve Genel Müdürlüğün en az üç personelinden oluşan gönüllü anlaşma değerlendirme komisyonu kurar.

b) Genel Müdürlük ile daha önce yaptığı gönüllü anlaşma kapsamında taahhütlerini yerine getirmiş olmasına rağmen daha sonraki yıllarda enerji yoğunluklarını artırmış olan tüzel kişilerin başvuruları değerlendirmeye alınmaz.

c) Mücbir sebep hallerinin oluşması dışında Genel Müdürlük ile yaptığı gönüllü anlaşma kapsamında taahhütlerini yerine getiremeyenlerin başvuruları beş yıl süre ile değerlendirmeye alınmaz.

ç) Genel Müdürlüğe başvuran tüzel kişiler başvuru formunda istenen bilgilerden değerlendirme komisyonu tarafından belirlenen eksiklikleri otuz gün içinde giderir ve komisyonun yerinde yapacağı incelemeler için gerekli şartları sağlar.

d) Gönüllü anlaşma başvurusunda bulunan tüzel kişilerin başvuru tarihinden önceki yıllara ait enerji yoğunlukları aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanır.

Enerji yoğunluğu = E / D

E = Et - Ed

Et = TEP cinsinden işletmenin yıllık toplam enerji tüketimi

Ed = TEP cinsinden işletmenin genel yönetim ve destek hizmetlerindeki enerji tüketimi

D = (1/ ÜFE) x ∑ (Pi x Fi)

D = 2000 yılı fiyatları ile bin (1000) Türk Lirası cinsinden, yıllık mal üretiminin ekonomik değeri.

ÜFE = İlgili sektörün üretici fiyat endeksi

Pi = Yıl içerisinde üretilen mal miktarları

Fi = 2000 yılı fiyatları ile bin (1000) Türk Lirası cinsinden, yıl içerisinde üretilen malların piyasa fiyatları.

e) Gönüllü anlaşma değerlendirme komisyonu, anlaşma yapmaya değer olan başvuruları referans enerji yoğunluğu değerinin ve taahhüt edilen enerji yoğunluğu azaltma oranının yüksek olması kriterlerini dikkate alarak, aşağıdaki formül ile hesaplanan toplam puanlarına göre en yüksek puandan başlamak suretiyle sıralar.

P = 0,6 x REY + 0,4 x EYA

P: Toplam puan

REY: 100 puan üzerinden, en yüksek değerine göre normalize edilmiş referans enerji yoğunluğu puanı,

EYA: 100 puan üzerinden, en yüksek değerine göre normalize edilmiş, taahhüt edilen enerji yoğunluğu azaltma oranı puanı,

f) Gönüllü anlaşma yapılacak endüstriyel işletmeler gönüllü anlaşma değerlendirme komisyonu tarafından yapılan sıralamaya göre en yüksek puandan başlamak suretiyle Kurul kararı ile belirlenir.

g) Geçmiş yıldan kalan desteklerin ödenmesine öncelik verilmek suretiyle, carî yıla ait toplam kullanılabilir ödeneğin o yıla ait toplam destek miktarına oranı nispetinde ödeme yapılır. Bu şekilde yapılacak ödemelere ilişkin herhangi bir hak veya faiz talebinde bulunulamaz.

Gönüllü anlaşma yapılması

MADDE 19 – (1) Kurul onayını takiben, Genel Müdürlük ile endüstriyel işletmeler arasında yapılan gönüllü anlaşmalar Genel Müdürlüğün internet sayfasında yayınlanan formata uygun olarak ve aşağıdaki esaslar doğrultusunda düzenlenir.

a) Gönüllü anlaşmalar imzalanmasını takip eden yılın Ocak ayında yürürlüğe girer.

b) Gönüllü anlaşmaya taraf olan başvuru sahibi anlaşmaya konu olan endüstriyel işletmesindeki enerji yoğunluğunun Genel Müdürlük tarafından izlenmesi için ihtiyaç duyulan bilgileri verir. Genel Müdürlük ve onun adına hareket eden görevlileri bu bilgileri gizli tutmakla yükümlüdür.

(2) Gönüllü anlaşmalarda aşağıdaki mücbir sebep halleri dikkate alınır:

a) Bir olayın mücbir sebep hali sayılabilmesi için olaydan etkilenen tarafın gerekli özen ve dikkati göstermiş ve tüm önlemleri almış olmasına karşın önlenemeyecek, kaçınılamayacak veya giderilemeyecek olması ve bu durumun etkilenen tarafın yükümlülüklerini yerine getirmesini engellemesi gerekir. Aşağıda belirtilen haller mücbir sebepler olarak kabul edilir:

1) Doğal afetler ve salgın hastalıklar,

2) Savaş, nükleer ve kimyasal serpintiler, seferberlik halleri, halk ayaklanmaları, saldırı, terör hareketleri ve sabotajlar,

3) Grev, lokavt veya diğer memur ve işçi hareketleri,

4) Genel ekonomik kriz,

5) Gönüllü anlaşmalarda belirtilen özel mücbir sebep halleri.

b) Taraflardan birinin bildirdiği mücbir sebep halinin bir takvim yılında üç aydan az devam etmesi halinde, Kurul kararı ile gönüllü anlaşmanın süresi en fazla bir yıl uzatılabilir. Mücbir sebep halinin üç aydan fazla devam etmesi halinde gönüllü anlaşma sona erdirilir.

Gönüllü anlaşmalar kapsamında desteklerin uygulanması

MADDE 20 – (1) Gönüllü anlaşma yapan tüzel kişilerin endüstriyel işletme içinde tükettikleri enerjiden; atıkları modern yakma teknikleri ile ısı ve elektrik enerjisine dönüştüren tesislerinde, toplam çevrim verimi yüzde seksen ve üzeri olan ve yurt içinde imal edilen kojenerasyon tesislerinde veya hidrolik, rüzgar, jeotermal, güneş veya biyokütle kaynaklarını kullanarak ürettikleri enerji, bu tesislerin anlaşma dönemi içinde işletmeye alınması halinde, bir defaya mahsus olmak üzere enerji yoğunluğu hesabında endüstriyel işletmenin yıllık toplam enerji tüketimi miktarından düşülür.

(2) Gönüllü anlaşma başvurusunda bulunan tüzel kişilerin anlaşma dönemi boyunca enerji yoğunlukları aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanır.

Enerji yoğunluğu = E / D

E = Et - Ed - Eyk

Et = TEP cinsinden işletmenin yıllık toplam enerji tüketimi

Ed = TEP cinsinden işletmenin genel yönetim ve destek hizmetlerindeki enerji tüketimi

Eyk = Birinci fıkra kapsamında TEP cinsinden yıl içerisinde üretilen enerji

D = (1/ ÜFE) x $\sum$ (Pi x Fi)

D = 2000 yılı fiyatları ile bin (1000) Türk Lirası cinsinden, yıllık mal üretiminin ekonomik değeri.

ÜFE = İlgili sektörün üretici fiyat endeksi

Pi = Yıl içerisinde üretilen mal miktarları

Fi = 2000 yılı fiyatları ile bin (1000) Türk Lirası cinsinden, yıl içerisinde üretilen malların piyasa fiyatları.

(3) Enerji yoğunluğundaki azalma oranının hesaplanmasında referans enerji yoğunluğuna göre her yıl gerçekleşen farkların aritmetik ortalaması esas alınır.

(4) Genel Müdürlük ile gönüllü anlaşma yapan ve taahhüdünü yerine getiren tüzel kişilerin ilgili endüstriyel işletmesinin anlaşmanın yapıldığı yıla ait enerji giderinin yüzde yirmisi, Genel Müdürlük ödeneklerinin yeterli olması durumunda ve yüzbin Türk Lirasını geçmemek kaydıyla Genel Müdürlük bütçesinden karşılanır.

(5) Uygulanacak desteğin ödeme planı gönüllü anlaşma dönemi sonunda Genel Müdürlük ödenekleri ile sınırlı kalmak kaydıyla Genel Müdürlük tarafından belirlenir. Ödemelerdeki gecikmeler için herhangi bir faiz ödemesi ve hak talebinde bulunulamaz.

(6) Ödemenin yapılmasında anlaşmanın yapıldığı yıla ait ve yeminli malî müşavir, defterdarlık, vergi mü-

dürlüğü gibi kurum veya kuruluşlar tarafından onaylanmış olan enerji giderlerine ait faturalar ve ödeme belgeleri esas alınır.

(7) Gönüllü anlaşma yapılan endüstriyel işletmeler ile enerji yoğunluklarını azaltan ve artıran endüstriyel işletmelere ilişkin bilgiler Genel Müdürlüğün internet sayfası üzerinden yayınlanır.

YEDİNCİ BÖLÜM
Talep Tarafı Yönetimi

Etiketlemeye ilişkin uygulama

MADDE 21 – (1) Buzdolabı, klima ve ampuller için enerji etiket sınıfının en az B olduğunu, elektrik motorları için TS 3206 EN 60034-2'ye göre yapılan test sonucu verim değerinin bu Yönetmeliğin ekinde yer alan Ek-6'da verilen değerlerin üzerinde olduğunu gösteren belgelerle Genel Müdürlüğe isteğe bağlı olarak başvuran tüzel kişilere aşağıda tanımlanan usûl ve esaslar çerçevesinde enerji verimliliği (ENVER) etiketi verilir.

a) ENVER etiketinin formatı ve bedeli Genel Müdürlük tarafından belirlenir ve internet üzerinden yayınlanır.

b) ENVER etiketi ithal edilen ürünler için ithalat partisine münhasır, yurt içinde üretilen ürünler için ise planlanan üretim miktarı ile sınırlı olacak şekilde verilir.

c) Genel Müdürlük ENVER etiketi verilen ürün grubundan seçtiği numuneleri akredite olmuş bir laboratuvarda test edebilir veya ettirebilir. Bu testlerde uyumsuzluk tespit edilmesi veya verilen ENVER etiketlerinin uygunsuz kullanıldığının tespit edilmesi durumunda, ENVER etiketi uygulaması durdurulur ve bu durum Genel Müdürlük tarafından internet üzerinden duyurulur.

(2) Binaların ısıtılması amacıyla kullanılan kazanlar ile elektrikli ev aleti üretici ve ithalatçıları, ülke içinde sattıkları ürünlerin enerji etiketi sınıfları bazındaki miktarlarını her yıl Ocak ayı içerisinde Genel Müdürlüğe bildirirler.

Elektrik enerjisi ve güç talebinin azaltılması

MADDE 22 – (1) Elektrik piyasasında faaliyet gösteren perakende satış lisansı sahibi tüzel kişiler ve organize sanayi bölge müdürlükleri abonelerinin elektrik enerjisi ve güç taleplerinin azaltılmasına yönelik olarak aşağıdaki konularda çalışmalar yapar:

a) Tüketimleri yüksek olan sanayi ve ticarethane abone gruplarının kesintili enerji programlarına katılması veya yüklerini gerektiğinde diğer zaman dilimlerine kaydırması için bu aboneler ile gönüllülük esasına dayalı anlaşma yapılması,

b) Üretici şirketler veya bunlar adına dernek veya birlikleri ile işbirliği yaparak, klimalar, buzdolapları ve lâmbalar veya ampuller öncelikli olmak üzere piyasada mevcut yüksek enerji verimli elektrikli ev aletlerinin kullanımının yaygınlaştırılması ile ilgili kampanyalar düzenlenmesi.

Dış aydınlatma

MADDE 23 – (1) Elektrik piyasında faaliyet gösteren dağıtım lisansı sahibi tüzel kişiler ve belediyeler tarafından aşağıdaki uygulamalar yapılır:

a) Yol aydınlatmalarında bu Yönetmeliğin ekinde yer alan Ek-5'te verilen kriterlere uyulur. Ancak, çevreden kaynaklanan aydınlatmanın etkisi dikkate alınarak tablolarda verilen limitler aşılabilir. Karayolları Genel Müdürlüğünün yetki alanına giren şehir giriş ve çıkış yolları ve otoyollar haricinde kalan yol aydınlatma projelerinin bu limitlere uygunluğu elektrik piyasasında faaliyet gösteren dağıtım lisansı sahibi ilgili tüzel kişiler tarafından denetlenir.

b) Yol aydınlatmalarında;

1) Şehir içi yol, cadde, sokak ve meydan aydınlatmalarının tamamında şeffaf cam tüplü yüksek basınçlı sodyum buharlı lâmbalar kullanılır.

2) Işık kirliliğinin önlenmesinin birinci derecede önem taşıdığı doğal hayatın korunması gereken alanlardaki ve astronomi gözlemevleri etrafındaki yol, sokak, meydan, alan aydınlatmalarında sadece alçak basınçlı sodyum buharlı lâmbalar kullanılır.

c) Park ve bahçe aydınlatması amaçlı aydınlatma sistemlerinde yüksek basınçlı civa buharlı ve/veya kompakt floresan lâmbalar kullanılır.

ç) Tüp floresan lâmbalar reklâm ve seyir amaçlı aydınlatmalarda kullanılır. Bu tip lâmbalar yol, cadde, sokak ve meydan aydınlatması amaçlı kullanılmaz.

d) Armatürler, dış ortam koşullarına uygun tiplerden seçilir.

Toplu konutlarda kojenerasyon, ısı pompası ve güneş enerjisi sistemlerinin kullanımı

MADDE 24 – (1) Toplu Konut İdaresi toplu konut projelerinde kojenerasyon ve ısı pompası sistemlerin-

den ve güneş enerjisinden yararlanma imkânlarını öncelikle analiz eder. Konut maliyetinin yüzde onunu geçmeyen uygulamaları yapar.

Bilinçlendirme etkinlikleri

MADDE 25 – (1) Kamu kesiminde faaliyet yürüten kurum ve kuruluşlar toplumda enerji kültürünün ve verimlilik bilincinin gelişimine katkıda bulunmak amacıyla, Genel Müdürlük ile koordineli olarak tanıtım ve bilinçlendirme etkinlikleri düzenler veya Genel Müdürlük tarafından organize edilen etkinliklere katkıda bulunur.

(2) Lisansları kapsamında elektrik ve/veya doğal gaz satışı yapan tüzel kişiler abonelerinin bir önceki malî yıla ait tüketim miktarını ve bu miktara karşılık gelen tüketim bedelini içeren aylık bazdaki bilgilere ve puant tüketimi ile ilgili bilgilere, aynı tüketici gruplarının ortalama tüketim değerlerleri ile karşılaştırmalı olarak, internet ortamında erişimini sağlar.

(3) Askeri liseler ile er-erbaş eğitim merkezlerindeki ders ve eğitim programlarında, örgün ve yaygın eğitim kurumlarının ders programlarında ve kamu kurum ve kuruluşlarının hizmet içi eğitimlerinde enerji ve enerji verimliliği ile ilgili temel kavramlar, Türkiye'nin genel enerji durumu, enerji kaynakları, enerji üretim teknikleri, günlük hayatta enerjinin verimli kullanımı, iklim değişikliği ve çevrenin korunmasında enerji verimliliğinin önemi konularında teorik ve pratik bilgiler verilmek üzere gerekli düzenlemeler, Millî Savunma Bakanlığı, Millî Eğitim Bakanlığı ve ilgili kamu kurum veya kuruluşları tarafından yapılır.

(4) Kamu kesiminde bilinçlendirme amacıyla aşağıdaki faaliyetler yürütülür:

a) Enerji tüketiminin azaltılması için çalışanları bilinçlendirmek üzere hizmetiçi eğitim seminerleri düzenlenir. Çalışanlar çalıştıkları yerlerin enerji tüketimi hakkında bilgilendirilir.

b) Herkesin görebileceği yemekhane, konferans salonu, geçiş bölgeleri ve benzeri yerlere; kullanılmayan lâmbaların söndürülmesine, elektrikli ev aletleri ve ampullere yönelik verimlilik etiketlerinin tanıtılmasına, ofis cihazlarının kullanılmadığı durumlarda kapatılmasına yönelik afişler ve spotlar asılır.

c) Her yıl Ocak ayının ikinci haftasında düzenlenen enerji verimliliği haftası etkinlikleri kapsamında ve eşzamanlı olarak;

1) Büyükşehir belediyeleri Genel Müdürlük ile koordineli olarak konferans, sergi, fuar ve yarışma gibi bilinçlendirme etkinlikleri için gerekli tedbirleri alır.

2) Millî Eğitim Müdürlükleri her ilde ilköğretim ve ortaöğretim öğrencilerine yönelik enerji verimliliği ile ilgili etkinlikler için gerekli tedbirleri alır.

ç) İlköğretim, ortaöğretim ve yaygın öğretim kurumlarında enerji verimliliği kulübü oluşturulur ve kulüp çalışmaları ile öğrencilerin ders yılı içerisinde hazırlayacakları ödev ve projelerde enerji verimliliğiyle ilgili konulara yer verilmesi için gerekli tedbirleri alır.

d) Millî Piyango İdaresi Genel Müdürlüğü şans oyunlarında, Posta İşletmeleri Genel Müdürlüğü pul, zarf, koli ve benzeri posta işlemlerinde, Bakanlık tarafından geliştirilen enerji verimliliği ile ilgili grafiklere ve mesajlara yer verilmesi için gerekli tedbirleri alırlar.

(5) Genel Müdürlük bilinçlendirme amaçlı ödüllü veya ödülsüz yarışmalar düzenler.

SEKİZİNCİ BÖLÜM

Elektrik Enerjisi Üretim, İletim ve Dağıtımında Enerji Verimliliğinin Artırılınasına Yönelik Uygulamalar

Elektrik enerjisi üretim tesislerinde enerji yönetimi

MADDE 26 – (1) Kurulu gücü yüz megavat ve üzeri olan elektrik üretim tesislerinde enerji yöneticisi görevlendirilir.

(2) Elektrik üretim lisansı sahibi tüzel kişiler asgarî olarak birincil enerji tüketimi, elektrik üretimi, sistem çevrim verimi bilgileri olmak üzere Genel Müdürlüğün internet sayfasında yayınlanan formattaki bilgileri her yıl Mart ayı sonuna kadar Genel Müdürlüğe gönderir.

Elektrik enerjisi iletiminde ve dağıtımında enerji verimliliğinin artırılması

MADDE 27 – (1) Dağıtım sistemindeki teknik kayıpların önlenmesi için 19/2/2003 tarih ve 25025 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Elektrik Piyasası Dağıtım Yönetmeliğinde düzenlenen hususlara elektrik piyasasında dağıtım faaliyeti gösteren tüzel kişiler tarafından uyulur.

(2) İletim sistemindeki teknik kayıpların önlenmesi ve iletim sisteminin verimlilik kriteri açısından ve güç kalitesine etki eden gerilim, frekans, harmonik, fliker şiddeti, reaktif ve aktif güç oranları (CosØ), devre dışı olma, N-1, gibi parametreler için 22/1/2003 tarih ve 25001 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Elektrik Piyasası Şebeke Yönetmeliğinde düzenlenen hususlara elektrik piyasasında iletim faaliyeti gösteren tüzel kişiler tarafından uyulur.

Termik santrallerin verim artırma kriterleri ve atık ısılarından yararlanılması

MADDE 28 – (1) Fosil yakıtlarla çalışan elektrik üretim tesislerine lisans verilmesinde aranacak asgarî şartlar arasında kullanılmak üzere, santralın tam yükte işletme koşullarında yakıtın alt ısıl değeri temel alınarak bulunan net çevrim verimi değerleri, santral tiplerine bağlı olarak, her yıl Ocak ayında Bakanlık tarafından Resmî Gazete'de tebliğ şeklinde yayımlanır.

(2) Termik santral atık ısılarının öncelikle binalarda ısıtma ve soğutma amaçlı kullanımının yanı sıra sanayi, tarımsal üretim, su ürünleri yetiştiriciliği, soğuk hava depoları ve tatlı su üretimi gibi sektörlerde de değerlendirilmesine yönelik enerji etütleri yapılır. Geri ödeme süresi en fazla on yıl olan projeler belediye ve özel sektör işbirlikleri ile gerçekleştirilir.

(3) Belediyeler ve Toplu Konut İdaresi yeni toplu konut alanlarını yerleşime açarken varsa termik santral atık ısıları ile merkezî veya bölgesel ısıtma ve soğutma yapılabilecek bölgelere öncelik verir ve ısı dağıtımı altyapısı planları için gerekli tedbirleri alır.

Kojenerasyon uygulamaları

MADDE 29 – (1) Kanunun 8 inci maddesinin birinci fıkrasının (b) bendinin (3) numaralı alt bendi ile 9 uncu maddesinin birinci fıkrasının (a) bendi ve 20/2/2001 tarih ve 4628 sayılı Elektrik Piyasası Kanununun 3 üncü maddesi kapsamındaki uygulamalarda kojenerasyon tesislerinin kullandığı yakıtın alt ısıl değerine göre hesaplanan toplam çevrim veriminin en az yüzde seksen olması şartı aranır.

Diğer hususlar

MADDE 30 – (1) Elektrik üretiminde, iletiminde ve dağıtımında ulusal ve uluslararası standartlara uygun malzeme kullanılır.

(2) Termik santrallere yakıt sağlayan linyit üretim sahalarında linyit kalitesinin iyileştirilmesi için lâvvarlama, eleme, ayıklama ve benzeri homojenizasyon ve zenginleştirme işlemleri uygulanır.

(3) Tesis edilecek kömür yakan termik santrallerde birincil enerji kaynağının etkin kullanımını sağlamak üzere verimli yakma teknikleri kullanılır ve tesis kurulu gücü birincil kaynak potansiyelinin azamî olarak değerlendirilmesine imkân sağlayacak şekilde seçilir.

(4) Termik santral iç tüketimlerinin azaltılması için otomasyon, koruyucu bakım uygulamaları ile arızaların azaltılması, yedek parça ve stok kontrol sistemi kurulması için sistem rehabilitasyonları zamanında yapılır.

(5) Elektrik üretim ve dağıtım tesislerinin özelleştirilmesine yönelik olarak hazırlanacak şartnamelerde verimlilik artırıcı önlemlerin alınmasına ve teknik kayıpların azaltılmasına dair hususlar yer alır.

(6) Araştırma ve geliştirme projesi yürüten ve/veya destekleyen kamu kurum ve kuruluşları aşağıda sayılan konulara yönelik projelere öncelik verir. Başarıyla sonuçlandırılan projelerin uygulamaya geçilmesi yönünde tanıtım etkinlikleri ile birlikte teknik destek sağlar.

a) Yerli tarım ürünlerinden üretilen biyoyakıtların maliyetinin düşürülmesi ve performansının artırılması,

b) Biyokütle kaynaklarından biyoyakıt veya sentetik yakıt üretim teknikleri,

c) Su, rüzgâr, güneş ve jeotermal gibi yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanarak ekonomik olabilecek hidrojen üretim teknikleri.

DOKUZUNCU BÖLÜM
Kamu Kesiminde Enerji Verimliliği Önlemleri

Enerji etütleri

MADDE 31 – (1) Bu Yönetmeliğin yürürlüğe girmesini takip eden üç yıl içinde kamu kesimine ait enerji yöneticisi görevlendirmekle yükümlü tutulan binalarda ve işletmelerde ısı yalıtımını, ısıtma, soğutma ve sıcak su sistemlerini, asansör ve aydınlatma sistemlerini, üretim tesislerinde ise enerji kullanımını ilgilendiren tüm konuları kapsayan ve Genel Müdürlüğün internet sayfasında yayımlanacak bilgiler ışığında enerji etütleri yapılır ve bu etütler ile belirlenen önlemlerin uygulanmasına ilişkin VAP'lar hazırlanır.

(2) Kamu kesiminde yapılan enerji etütlerine ilişkin raporların ve hazırlanan VAP'ların birer sureti ilgili kurum veya kuruluş tarafından Genel Müdürlüğe gönderilir.

Kamu kesimine ait bina ve işletmelerde enerji verimliliğinin artırılması için alınacak önlemler

MADDE 32 – (1) Kamu kesimine ait binalarda ısı enerjisi kullanımı ile ilgili olarak aşağıdaki tedbirler alınır.

a) Isıtma sezonundaki iç ortam sıcaklıkları 220C'nin üzerine çıkmayacak şekilde ayarlanır.

b) Yeni alımlarda etiket sınıfı en az A olan klimalar arasında seçim yapılır. Soğutma sistemi ve klimalar dış ortam sıcaklığı 300C'nin altında iken soğutma amaçlı çalıştırılmaz ve iç ortam sıcaklığı 240C'ın altına inmeyecek şekilde ayarlanır.

c) Radyatör arkalarına alüminyum folyo kaplı ısı yalıtım levhaları yerleştirilir; ısı akışını engellememek için radyatörlerin önleri ve üzerleri açık tutulur.

ç) Pencerelerden hava sızıntılarını önlemek için pencere contası kullanılır.

d) Tamamı kamu kesimi tarafından kullanılan binaların ana girişlerinde döner kapı veya çift kapı kullanılır. Çift kapıların biri kapanmadan diğerinin açılmaması sağlanır.

e) Her ısıtma sezonu öncesinde ısıtma sistemlerinin bakım ve kontrolu baca gazı ölçümlerine dayalı brülör ayarlarını da kapsayacak şekilde yapılır veya yaptırılır.

(2) Kamu kesimine ait binalarda elektrik enerjisi kullanımı ile ilgili olarak aşağıdaki tedbirler alınır.

a) Aydınlatmada mevcut akkor flamanlı lâmbalar yerine kompakt floresan lâmbalar, manyetik balastlı floresan lâmbalar yerine elektronik balastlı yüksek verimli floresan veya ledli lâmbalar kullanılır.

b) Kısa süreli kullanılan bölümlerde hareket, ısı veya ışığa duyarlı sensörlü kontrol sistemleri kullanılır.

c) Aydınlatmada daha iyi verim alınması için lâmbaların önündeki ışık geçirgenliğini önemli ölçüde engelleyen armatürler yerine yüksek yansıtıcılı armatürler kullanılır.

ç) İç aydınlatmada birden fazla armatür bulunan bina bölümlerinde her bir armatür veya pencere önü gibi doğal ışıktan daha fazla yararlanan bölümler için uygun şekilde gruplandırma yapılarak ayrı ayrı elle kontrol veya otomatik gün ışığı kontrol sistemi kullanılır.

d) Bilgisayar, yazıcı, fotokopi ve benzeri elektrik enerjisi kullanan ekipmanların alımında "Energy Star" işareti olması ve/veya ilgili mevzuat ile belirlenen asgarî verimlilik kriterlerini sağlama şartı aranır.

(3) Kamu kesimine ait binalarda, işletmelerde ve endüstriyel işletmelerde enerjinin verimli ve etkin kullanımı ile ilgili olarak aşağıdaki diğer tedbirler alınır.

a) Kazanlarda; yanma kontrolu ve yanmanın optimizasyonu, ısı yalıtımı, ısı transfer yüzeylerinin temiz tutulması, atık ısıların kullanımı ve buhar kazanlarında kondens geri dönüşünün artırılması ve blöf kayıplarının azaltılması,

b) Basınçlı hava sistemlerinde; kompresörlerin boşta çalışma sürelerinin asgarîye indirilmesi, kompresöre giren havanın kuru, temiz ve soğuk olmasının sağlanması, kaçakların periyodik olarak kontrol edilmesi, çok kademeli ara soğutmalı kompresörler yerine tek kademeli kompresörlerin kullanılması,

c) Isı enerjisi dağıtım sistemlerinde; boru sistemlerinin vana ve flanşları ile birlikte yalıtılması ve yalıtımın düzenli olarak kontrol edilmesi, dağıtımın olabilecek en düşük basınç ve sıcaklıkta yapılması, buhar kapanlarının düzenli kontrolü ve bakımı,

ç) Genel proses işlemlerinde; kullanılmayan elektrikli alet ve teçhizatların kapatılması, olabildiğince tam kapasitede çalışılması, 500C' nin üzerinde yüzey sıcaklığı olan yerlerin yalıtımının ekonomik olup olmadığının analiz edilmesi ve ekonomik açıdan geri ödeme süresi bir yıldan az olanların uygulanması, atık ısıların kullanılması,

d) Kurutma proseslerinde; atık gazlardaki nem miktarının optimize edilmesi, ısı ile kurutma öncesi mekanik nem alma imkânlarının araştırılması, yalıtım, ısıtıcıların ve filtrelerin temiz tutulması, mümkün olan yerlerde havanın yeniden sirküle edilmesi, egzost gazlarının atık ısılarının kullanılması,

e) Fırınlarda; yalıtım optimizasyonu ve sızdırmazlığın sağlanması, yanma için verilen fazla hava miktarının asgarî olması, ışınım ve taşınım yoluyla ısı iletiminde etkinliğin artırılması, olabildiğince azamî kapasitede yükleme yapılması, taşıyıcı olarak hafif malzemelerin kullanılması, atık ısıların değerlendirilmesi ve kesikli çalışan fırınlarda yükleme ve boşaltma için fırın kapılarının açık tutulma sürelerinin asgarî düzeyde olması,

f) Elektrik sistemlerinde; merkezi ve/veya lokal düzeyde güç kompanzasyonu yapılması, yükün değişken olduğu yerlerdeki elektrik motorlarında değişken hız sürücülerinin kullanılması, elektrik motorlarının ihtiyaca uygun kapasitede seçilmesi, yeni alımlarda verimlilik sınıfı yüksek elektrik motorlarının alımına öncelik verilmesi, kullanılmayan elektrikli ekipmanların kullanılmadıkları zamanlarda kapalı tutulması, elektrik tarifelerinin dikkatli izlenmesi ve anlaşma gücünün aşılmaması, puant yük durumunda devre dışı bırakılabilecek elektrikli ekipmanların belirlenmesi,

g) İklimlendirme sistemlerinde; ısıtıcı bataryalarının ve filtrelerin temiz tutulması, kontrol dışı hava sızıntılarının azaltılması.

ONUNCU BÖLÜM
Bilgi Verme Yükümlülüğü ve İdarî Yaptırımlar

Bilgi verme yükümlülüğü

MADDE 33 – (1) Kamu kurum ve kuruluşları ile enerji yöneticisi görevlendirmekle yükümlü olan endüstriyel işletmelerin ve binaların sahipleri ve/veya yönetimleri, enerji tüketimine ilişkin, Genel Müdürlüğün internet

sayfasında yayınlanan formattaki bilgileri her yıl Mart ayı sonuna kadar Genel Müdürlüğe yazılı olarak gönderir ve internet üzerinden Genel Müdürlüğün veri tabanına kaydeder.

(2) Bu bilgilerin doğruluğunun tespiti amacıyla Genel Müdürlüğün yerinde yapacağı denetleme ve incelemeler için talep edilen her türlü bilgi ve belgeyi vermek ve gereken şartları sağlamak zorunludur.

(3) Sanayi ve Ticaret Bakanlığı endüstriyel alanda faaliyet gösteren tüm işletmelerin enerji tüketim bilgilerinin Bakanlık tarafından izlenmesinde bilgi desteği sağlar. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, valilikler ve belediyeler, yapı projelerinde toplam inşaat alanı onbin metrekare ve üzeri olan yapı kullanma izni verilen binaların toplam inşaat alanı ve enerji tüketimi bilgilerinin temin edilmesinde bilgi desteği sağlar.

İdarî yaptırımlar

MADDE 34 – (1) Genel Müdürlük tarafından yapılan tespit ve/veya denetimler sonucu gerçek veya tüzel kişilere Kanunun 10 uncu maddesi kapsamındaki idarî yaptırımlar uygulanır.

ONBİRİNCİ BÖLÜM
Çeşitli ve Son Hükümler

Düzenleme yetkisi

MADDE 35 – (1) Genel Müdürlük, bu Yönetmeliğin uygulanmasını sağlamak üzere her türlü alt düzenlemeyi yapmaya yetkilidir.

(2) Bu Yönetmeliğin 5, 6, 11 ve 12 nci maddelerinde geçen başvuru yazısı örneği, enerji yöneticisi ve eğitim-etüd-proje sertifikaları, faaliyet raporu, yetki belgesi ve yetki belgesi tercih formunun şekli, bu Yönetmeliğin yürürlüğe girdiği tarihten itibaren altmış gün içinde Genel Müdürlükçe düzenlenir.

Uygulanmayacak hükümler

MADDE 36 – (1) Millî Eğitim Bakanlığına bağlı okullar ile Millî Savunma Bakanlığı ve bağlı kuruluşları, Türk Silahlı Kuvvetleri ve Millî İstihbarat Teşkilatı Müsteşarlığı, bu Yönetmeliğin 9 uncu maddesinin birinci, ikinci, üçüncü, dördüncü, altıncı ve yedinci fıkraları ile 33 üncü maddesininin birinci fıkrası hükümlerini uygulamazlar.

Yürürlükten kaldırılan Yönetmelik

MADDE 37 – (1) 11/11/1995 tarih ve 22400 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Sanayi Kuruluşlarının Enerji Tüketiminde Verimliliğin Arttırılması İçin Alacakları Önlemler Hakkında Yönetmelik yürürlükten kaldırılmıştır.

Genel Müdürlüğün şirketleri yetkilendirme görevi

GEÇİCİ MADDE 1 – (1) Bu Yönetmeliğin 6 ncı maddesi hükümleri çerçevesinde Genel Müdürlüğün şirketleri yetkilendirme faaliyeti 2/5/2009 tarihi itibarı ile yetkilendirilmiş kurum sayısının onu aşması halinde sona erer. Aksi durumda Genel Müdürlüğün şirketleri yetkilendirme faaliyeti yetkilendirilmiş kurum sayısı on olana kadar devam eder.

Yetki belgeleri ve enerji yöneticisi sertifikaları ile diğer hususlar

GEÇİCİ MADDE 2 – (1) Kanunun yürürlüğe girmesinden önce verilmiş olan enerji yöneticisi sertifikalarını yeniletmek üzere Genel Müdürlüğe başvuranlara ücret talep edilmeksizin enerji yöneticisi sertifikası verilir.

(2) Bu Yönetmeliğin yürürlüğe girmesini müteakip en geç bir yıl içinde;

a) Genel Müdürlüğün enerji yöneticisi eğitimi ve etüt çalışmalarında en az iki yıl tecrübeye sahip olan personeline enerji yöneticisi sertifikası verilir. VAP hazırlayan enerji yöneticisi sertifikası sahibi Genel Müdürlük personeline eğitim-etüt-proje sertifikası verilir.

b) Bu Yönetmeliğin yürürlüğe girmesinden önce sanayi ve bina sektörlerine yönelik düzenlenen enerji yöneticisi eğitimlerine katılan ve sertifika almaya hak kazanan en az lisans eğitimi almış olanlara enerji yöneticisi sertifikası verilir.

(3) Bu Yönetmeliğin yürürlüğe girmesinden önce enerji yöneticisi sertifikası verilen veya düzenlenen enerji yöneticisi eğitimlerine katılarak enerji yöneticisi sertifikası almaya hak kazanan ve en az beş yıl sektör tecrübesi olanların enerji yöneticisi sertifikası, bu Yönetmeliğin yürürlük tarihinden itibaren bir yıl süre ile şirketlerin yetkilendirilmesinde eğitim-etüt-proje sertifikası yerine geçer. Ancak, üçüncü yılın sonunda şirketin yetki belgesinin yenilenmesine kadar enerji yöneticisi sertifikalarının eğitim-etüt-proje sertifikasına dönüştürülmemesi halinde şirketin yetki belgesi yenilenmez.

Elektrik motor sistemleri için VAP başvuruları

GEÇİCİ MADDE 3 – (1) Elektrik motor sistemlerinde verimliliğin artırılmasına ilişkin VAP'larının desteklenmesini isteyen endüstriyel işletmelerin 15 inci madde kapsamındaki ilk başvuruları bu Yönetmeliğin yürürlüğe girmesinden itibaren Ocak 2009 ayı sonuna kadar kabul edilir.

Para birimi

GEÇİCİ MADDE 4 – (1) Bu Yönetmelikte geçen Türk Lirası ibaresi karşılığında, 28/1/2004 tarihli ve 5083 sayılı Türkiye Cumhuriyeti Devletinin Para Birimi Hakkında Kanun hükümleri gereğince ülkede tedavülde bulunan para Yeni Türk Lirası olarak adlandırıldığı sürece bu ibare kullanılır.

Yürürlük

MADDE 38 – (1) Bu Yönetmelik yayımı tarihinde yürürlüğe girer.

Yürütme

MADDE 39 – (1) Bu Yönetmelik hükümlerini Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanı yürütür.

Tablo 1: Enerji yöneticisi ve eğitim-etüt-proje eğitim müfredatı ve süreler

KONU / İÇERİK	ENERJİ YÖNETİCİSİ EĞİTİMİ ASGARİ SÜRELER (SAAT)		EĞİTİM–ETÜT–PROJE EĞİTİMİ ASGARİ SÜRELER (SAAT)	
	ENDÜSTRİ	BİNA	ENDÜSTRİ	BİNA
KİŞİSEL YETENEK GELİŞTİRME EĞİTİMİ	4	4	4	4
– Analitik düşünme ve hızlı çözüm üretme yeteneği				
– Yeniliklere açık olma ve gelişmeleri izleme alışkanlığı				
– Kendine güvenli ve kararlı olmak; kendini ifade edebilmek ve muhataplarını ikna edebilmek				
– Takım çalışması				
GENEL EĞİTİM	4	4	4	4
– Dünyadaki ve Türkiye'deki birincil enerji kaynakları, ikincil enerji türleri ve arz-talep gelişimleri,				
– Dünyadaki ve Türkiye'deki sektörel enerji tüketimleri ve tarifeleri				
– Enerji Verimliliği Kanunu ve ikincil mevzuatı,				
– İlgili kurum ve kuruluşlar				
ENERJİ VERİMLİLİĞİ EĞİTİMİ	4	4	4	4
– Enerji tasarrufu ile enerji verimliliği				
– Enerji tasarruf potansiyeli, enerji yoğunluğu ve özgül enerji tüketimi - kavram, hesaplama, trendler				
– Sanayide enerji verimliliğini artırıcı önlemler – teknik ve ekonomik özellikler				
– Binalarda enerji tasarrufunu sağlayıcı önlemler - teknik ve ekonomik özellikler				
– Enerji ve çevre (Çevre mevzuatı, Enerji – Çevre İlişkisi , Yakıt Özelliklerinin Hava Kalitesine Etkileri, Hava Kirliliğinin Önlenmesine Yönelik Önlemler – Teknikler, Emisyon Hesaplama Yöntemleri				
ENERJİ YÖNETİMİ / GENEL	8	8	8	8
– Enerji yöneticisinin görevleri (Hedef oluşturma, bilinçlendirme, planlama, izleme, veri toplama ve raporlama)				
– Ekonomik analiz yöntemleri				

– Ölçüm teknikleri ve ekipmanları				
– Standartlar				
– Fizibilite etütleri				
– Enerji etüdü ve verimlilik artırıcı proje hazırlama – I (Yaygın bilgi)				
ENERJİ YÖNETİMİ / ISI-MEKANİK	50	40	50	40
– Enerji ve kütle denklikleri (Temel kavramlar, Sankey diyagramı, formüller, psikiyometrik diyagram, uygulamalı örnek)				
– Yakma tesisleri, yakıtlar ve yanma (Brülörler, Bacalar, Kazanlar, Verim Hesapları, Yakıtlar, Yakıtların Kalorifik Değerlerinin İyileştirilmesi, Yakıtların TEP Değerine Çevrilmesi, Baca Gazı Analizleri, Yanma Formülleri, Yanma Kontrolu ve İyileştirilmesi)	Uygulamalı	Uygulamalı	Uygulamalı	Uygulamalı
– Buhar sistemleri (Kavramlar, Buhar tesisatları, Kondens geri kazanımı, Flaş buhar, Buhar kapanları, kayıp ve kaçaklar)	Uygulamalı		Uygulamalı	
– Isı yalıtımı (Hesaplama formülleri, Yalıtım malzemeleri, uygun malzeme seçimi, endüstriyel tesislerde yalıtım, boru, vana ve flanşların yalıtımı, binalarda yalıtım, pencere ve camlar)		Uygulamalı		Uygulamalı
– Endüstriyel fırınlar (Fırın tipleri, Fırınlarda enerji ve/veya kütle balansı, İşletme ve modernizasyon, Enerji verimliliği önlemleri)	Uygulamalı		Uygulamalı	
– Isıtma, havalandırma ve iklimlendirme (Kavramlar, Binalarda ısıtma ve soğutma yükü hesabı ve Projelendirme, Kontrol sistemleri)				
– Basınçlı hava sistemleri (kompresörler, Kontrol sistemleri, dağıtım hatları,Basınçlı hava kalitesi, kayıp ve kaçaklar, atık ısı kullanımı)	Uygulamalı		Uygulamalı	
– Kurutma sistemleri (Kurutma Kavramı / Kurutma Prosesleri ve Uygulama Alanları, Psikiyometrik hesaplamaları)				
– Atık ısı kullanımı (Atık Isı Kavramı, Atık Isı Odakları, Atık Isı Geri Kazanım ekipmanları ve Sistemleri ile Uygulama Alanları, Formüller-hesaplamalar, Örnekler)	Uygulamalı	Uygulamalı	Uygulamalı	Uygulamalı
– Soğutma	Uygulamalı	Uygulamalı	Uygulamalı	Uygulamalı
ENERJİ YÖNETİMİ / ELEKTRİK	20	15	20	15
– Elektrik enerjisi – kavramlar ve büyüklükler (amper, gerilim, güç ve güç faktörü vb.)				
– Elektrik enerjisinde verimlilik (üretim, iletim, dağıtım, nihaî) ve talep tarafı yönetimi				
– Elektrik enerjisinin ölçümü ve izlenmesi (elektrik, scada sistemleri vb.)				

– Güç transformatörlerinin tipleri, kayıpları ve verimlilikleri				
– Reaktif güç, güç faktörü ve kompansasyon uygulamaları, harmonikler ve filtreler	Uygulamalı	Uygulamalı	Uygulamalı	Uygulamalı
– Elektrik motorlarının tipleri, kayıpları, verimlilikleri ve yaygın kullanım alanları (fan,pompa,komp)				
– Değişken hız sürücüleri, soft starterler ve uygulama alanları		Uygulamalı		Uygulamalı
– Aydınlatmada elektrik enerjisinin verimli kullanılması (verimli armatür, kontrol sistemleri vb.)	Uygulamalı	Uygulamalı	Uygulamalı	Uygulamalı
– Birleşik ısı- güç sistemleri (Kojenerasyon, trijenerasyon), tipleri ve verimlilikleri				
– Verimli elektrikli ev aletleri ve ofis ekipmanları				
– Otomasyon sistemleri (Endüstri ve binalarda)				
ENERJİ ETÜDÜ VE VAP HAZIRLAMA EĞİTİMİ	-	-	30	30
– Enerji etüdü, (bina, enerji yoğun sanayi sektörleri, ısı-mekanik ve elektrik kategorileri)				
– Ölçü aletleri, ölçüm teknikleri ve standardı				
– VAP hazırlama (bina, enerji yoğun sanayi sektörleri, ısı-mekanik ve elektrik kategorileri)				
ENERJİ VERİMLİLİĞİ EĞİTİMİ İLE İLGİLİ İLAVE BİLGİLER	-	-	50	50
– Enerji verimliliği				
– Enerji yönetimi (Genel)				
– Enerji yönetimi (Isı-Mekanik)				
– Enerji yönetimi (Elektrik)				
TOPLAM (*)	80	75	160	155

(*) Toplam eğitim süresi, Tabloda her bir konu veya içerik için verilen sürelerin toplamı olmayıp, Ek-1'in 4.1 inci maddesinin birinci paragrafı çerçevesinde, kurs programları ağırlıklı olarak ısı-mekanik veya elektrik konularının işleneceği şekilde hazırlanacağından, bir kurs programında ısı-mekanik veya elektrik konularından sadece biri için Tabloda verilen asgarî sürelere uyulacağından ve diğerinin yüzeysel işlenebileceğinden, asgarî toplam kurs süresini ifade etmektedir.

Enerji Kaynaklarının Alt Isıl Değerleri ve Petrol Eşdeğerine Çevrim Katsayıları

Miktar		Enerji Kaynağı	Yoğunluk	Alt Isıl Değer	Birim	TEP Çevrim Katsayısı
1	ton	Taşkömürü		6.100.000	kCal	0,610
1	ton	Kok Kömürü		7.200.000	kCal	0,720
1	ton	Briket		5.000000	kCal	0,500
1	ton	Linyit teshin ve sanayi		3.000.000	kCal	0,300
1	ton	Linyit santral		2.000.000	kCal	0,200
1	ton	Elbistan Linyiti		1.100.000	kCal	0,110
1	ton	Petrokok		7.600.000	kCal	0,760
1	ton	Prina		4.300.000	kCal	0,430
1	ton	Talaş		3.000.000	kCal	0,300
1	ton	Kabuk		2.250.000	kCal	0,225
1	ton	Grafit		8.000.000	kCal	0,800
1	ton	Kok tozu		6.000.000	kCal	0,600
1	ton	Maden		5.500.000	kCal	0,550
1	ton	Elbistan Linyiti		1.100.000	kCal	0,110
1	ton	Asfaltit		4.300.000	kCal	0,430
1	ton	Odun		3.000.000	kCal	0,300
1	ton	Hayvan ve Bitki Artığı		2.300.000	kCal	0,230
1	ton	Ham Petrol		10.500.000	kCal	1,050
1	ton	Fuel Oil No: 4		9.600.000	kCal	0,960
1	ton	Fuel Oil No: 5	0.920 Kg/lt	10.025.000	kCal	1,003
1	ton	Fuel Oil No: 6	0.940 Kg/lt	9.860.000	kCal	0,986
1	ton	Motorin	0.830 Kg/lt	10.200.000	kCal	1,020
1	ton	Benzin	0.735 Kg/lt	10.400.000	kCal	1,040
1	ton	Gazyağı	0.780 Kg/lt	8.290.000	kCal	0,829
1	ton	Siyah Likör		3.000.000	kCal	0,300
1	ton	Nafta		10.400.000	kCal	1,040
bin	m^3	Doğal Gaz	0.670 Kg/m^3	8.250.000	kCal	0,825
1	ton	Kok Gazı		8.220.000	kCal	0,820
bin	m^3	Kok Gazı	0.490 Kg/m^3	4.028.000	kCal	0,403
1	ton	Yüksek Fırın Gazı		535.000	kCal	0,054
bin	m^3	Yüksek Fırın Gazı	1.290 Kg/m^3	690.000	kCal	0,069
bin	m^3	Çelikhane Gazı		1.500.000	kCal	0,150
bin	m^3	Rafineri Gazı		8.783.000	kCal	0,878
bin	m^3	Asetilen		14.230.000	kCal	1,423
bin	m^3	Propan		10.200.000	kCal	1,020
1	ton	LPG		10.900.000	kCal	1,090
bin	m^3	LPG	2.477 Kg/m^3	27.000.000	kCal	2,700
bin	kWh	Elektrik		860.000	kCal	0,086
bin	kWh	Hidrolik		860.000	kCal	0,086
bin	kWh	Jeotermal		860.000	kCal	0,860

ISISAN

ENERJİ ETÜDÜ VE VERİMLİLİK ARTTIRICI PROJE (VAP) HAZIRLAMA ESASLARI

1. Enerji etüdünün amacı

Enerji etüdü, enerji tasarruf potansiyellerini, enerji atıklarını ve sera gazı emisyonlarını belirlemek, bunlarla ilgili geri kazandırıcı veya önleyici tedbirleri teknik ve ekonomik boyutları ile ortaya koymak amacıyla yapılır.

2. Enerji etüdünün kapsamı

Enerji etütleri kapsamında aşağıdaki etüt profilleri yıllık bazda ele alınır;

- Girdi Profili: İşletmeye veya binaya giren enerji türleri (doğal gaz, akaryakıt, kömür, elektrik, buhar/sıcak su, vb), birim enerji büyüklükleri (girdilerin KWh cinsinden birim ağırlığının veya hacminin taşıdığı enerji miktarları), kullanım miktarı – zaman grafikleri.
- Atık Profili: Isıtma/soğutma sistemlerinden, enerji çevrim sistemlerinden veya üretim prosesinden çıkan değerlendirilebilir enerji atıklarının, türleri (baca gazı, sıcak gaz/su, buhar, vb), oluşum nedenleri, miktar – zaman grafikleri.
- Kayıp-Kaçak Profili: Binalardaki ve ekipmanlardaki ısı yalıtımı yetersizlikleri, ekipmanlardaki buhar/gaz/su/yakıt kaçakları/sızıntıları ve elektrik sistemlerindeki uyumsuzluklar nedeniyle kaybedilen ve önlenmesi mümkün olan enerji miktarları.
- Verimsizlik Profili: Enerji verimsiz ekipman veya proses uygulaması nedeniyle boşa harcanan ve önlenmesi mümkün olan enerji miktarları.
- Israf Profili: Isıtma, soğutma, aydınlatma, ofis ihtiyaçları ve benzeri alanlarda gereğinden fazla kullanılan, beklemede olan veya boşa çalışan ekipmanlar üzerinden ısraf edilen enerji miktarları.
- Emisyon Profili: Girdi profilindeki enerji türleri bazında sera gazı miktarları.
- Enerji Yönetim Profili: İşletmedeki enerji yöneticisinin/yönetim biriminin, uygulanan prosedürlerin, çalışanların bilinç düzeyinin ve enerji yönetimine üst yönetici bakışının yeterliliği.

3. Enerji etüdünün yöntemi

Enerji etüdü sürecinde aşağıdaki çalışmalar yapılır;

- Ön Etüt: İşletmedeki veya binadaki etüt profilleri, belgeler, görüşmeler, gözlemler ve gerektiğinde noktasal ölçümler yardımıyla analiz edilir. Önleme ve/veya geri kazanma potansiyelleri tahmin edilir. Bunlar için uygulanabilecek önlemler, yaklaşık maliyetleri ve geri kazanım süreleri ile birlikte belirlenir. Enerji yönetim profilinde gözlenen yetersizliklerin giderilmesi için öneriler geliştirilir. Detaylı etüt kapsamına alınması gerekli görülen çalışmalar ve çalışma programı tespit edilir. Ön etüt çalışmaları ön etüt raporu ile birlikte en fazla on beş iş günü içerisinde tamamlanır.
- Ön Etüt Brifingi: İşletmenin üst yöneticisinin de aralarında bulunduğu yöneticilere ve üst yönetimin belirlediği çalışanlara bir gün süreyle ön etüt brifingi verilir. Bu brifingde; enerji verimliliğinin fayda ve maliyetleri ile birlikte genel tanıtımı, dünyadaki ve Türkiye'deki örnek uygulamalar, ön etüt sonuçları ve alınabilecek önlemler hakkında bilgiler verilir ve yararlı dökümanlar dağıtılır, brifinge katılanların soruları cevaplandırılır ve görüşleri alınır, detaylı etüde ihtiyaç duyulduğu ve bu etüdün sonuçlarına göre de VAP hazırlanabileceği belirtilir ve üst yönetimin kararı talep edilir.
- Detaylı Etüt: Ön etüt sonuçlarına göre detaylı etüt kapsamına alınması uygun bulunan konularda işletme şartlarında ölçümler ve hesaplamalar yapılarak önleme ve/veya geri kazanma potansiyelleri en fazla +/- % 10'luk yanılma oranı ile tahmin edilir. Ön etüt ve detaylı etüt sonuçları kullanılarak uygulanabilecek önlem seçenekleri teknik ve ekonomik özellikleri ile analiz edilir. Bu kapsamda, en uygun önlemler seçilmek suretiyle daha sonra hazırlanabilecek verimlilik arttırıcı projeleri yönlendirici bilgiler ortaya konulur.
- Raporlama: Ön etüt ve detaylı etüt raporlarının formatları Genel Müdürlük tarafından Resmî Gazete'de yayımlanacak tebliğde belirlenir.

4. Verimlilik Arttırıcı Proje (VAP)

- VAP endüstriyel işletmelerde ve binalarda enerji atıklarının, kayıpların ve verimsizliklerin giderilmesi için gerekli önlemlerin uygulanması amacıyla hazırlanır.
- VAP kapsamında; projenin gerçekleştirilmesini yönlendirecek yeterlilikteki teknik bilgi ve çizimler, projede satın alınacak malların teknik özellikleri ve kullanım kılavuzları, tedarik kaynaklarına ilişkin bilgiler, proje bitiminde ortaya konulan yeniliklerin işletme tarafından en iyi şekilde kullanılmasını kolaylaştırabilecek eğitim programı ve işletme prosedürleri, bakım/onarım ve yedek parça bilgileri, ekipman garantilerine ilişkin bilgiler, proje termin programı ve proje maliyet kalemleri yer alır.
- VAP formatı tebliğle belirlenir.

Tablo 1. Şirketlerin yetkilendirilmesi için mülkiyet veya kullanım hakkına sahip olmaları gereken cihazlar ve özellikleri

Cihazın Adı	Kullanım Amacı ve Özellikleri	Yetki Belgesi Sınıfı			
		Isı ve Mekanik	Elektrik	Bina	Sanayi
Bacagazı Analiz Cihazı	Bacagazı bileşenlerinin ve sıcaklığının ölçülmesinde kullanılmak üzere; √ Portatif, elektronik ve otomatik kalibrasyon özelliğine sahip √ Şarj edilebilir bataryaya ve bataryadan veya şehir cereyanından beslenebilme özelliğine sahip √ En az 75 cm uzunluğunda problu √ Ortam sıcaklığını ölçebilen √ Bacagazında en az %0 ile %25 aralığında oksijen, en az 0 ppm ile 10000 ppm aralığında karbonmonoksit ve en az -40 oC ile +1000 oC aralığında sıcaklık parametrelerini ölçebilen	X		X	X
Bacagazı Analiz Cihazı probu	75 cm'den daha uzun prob gerektiren yerlerde kullanılmak üzere; √ En az 100 cm uzunluğunda	X			X
Termal Kamera	Isı kayıplarını belirlemek üzere; √ Gerçek görüntü ile termal görüntüyü aynı anda çekebilen √ Termal görüntüleri harici hafıza kartı vb taşınabilir belleklere kaydedilebilen √ Raporlama özellikli, USB arayüzlü bilgisayar yazılımı olan √ Değiştirilebilir bataryası olan	X		X	X
Isıl Geçirgenlik Katsayısı (U) Ölçüm Cihazı	Isıl geçirgenlik katsayısı ölçümleri için kullanılmak üzere; √ Duvar yüzeyinde birden fazla noktada sıcaklık ölçümü yapabilen özel sıcaklık ölçüm probu olan √ Duvarın diğer tarafındaki nemi ve sıcaklığı ölçebilen √ U değerini W/m2K cinsinden hesaplayabilen	X		X	
İletkenlik Ölçer	Muhtelif suların iletkenliklerini ölçmek amacıyla kullanılmak üzere; √ Portatif, elektronik ve batarya ile beslenebilir √ Ölçüm anında su sıcaklığını ölçme ve sıcaklık kompanzasyonu yapabilme özelliğine sahip √ Otomatik veya elle skala seçme özelliğine sahip √ İletkenliği, en az (µS/cm) ve (TDS ppm) birimlerinde gösterebilme özelliğine sahip √ Ölçüm aralığı en az 0 µS/cm ile 19,99 mS/cm olan	X		X	X
Buhar Kapanı Test Cihazı	Muhtelif tiplerdeki buhar kapanlarının kontrolünün yapılmasında kullanılmak üzere; √ Portatif √ Muhtelif tipte buhar kapanlarını kontrol edebilme özelliğine sahip	X			X
İnfrared Sıcaklık Ölçer (Düşük Sıcaklık)	Ulaşılması zor olan ve döner fırın vb hareketli alanların sıcaklıklarını ölçmek amacıyla kullanılmak üzere; √ En az -30 oC ile +400 oC arasında sıcaklık ölçebilmeli √ Portatif, elektronik ve batarya ile beslenebilir √ Işık yayınım katsayısı (☒) en az 0,10 ile 1,00 arasında ayarlanabilmeli	X		X	X
İnfrared Sıcaklık Ölçer	Ulaşılması zor olan ve döner fırın vb hareketli alanların sıcaklıklarını ölçmek amacıyla kullanılmak üzere; √ En az +400 oC ile +3000 oC arasında sıcaklık ölçebilmeli √ Portatif, elektronik ve batarya ile beslenebilir √ Işık yayınım katsayısı (☒) en az 0,10 ile 1,00 arasında ayarlanabilmeli	X			X
Elektronik Sıcaklık Ölçer	Muhtelif tipte problar bağlanmak suretiyle sıcaklık ölçümlerinde kullanılmak üzere, √ Portatif, elektronik ve batarya ile beslenebilir √ Yüzey ve ortam sıcaklığı ölçebilen √ Ulaşılması zor alanlarda yapılan ölçümler için ölçüm değerini ekranda tutabilme özelliğine sahip	X	X	X	X

Cihazın Adı	Kullanım Amacı ve Özellikleri	Yetki Belgesi Sınıfı			
		Isı ve Mekanik	Elektrik	Bina	Sanayi
Yüzey Sıcaklık Ölçüm Probu	Yüzey sıcaklıklarını ölçmek amacıyla kullanılmak üzere; √ En az -60°C ile +400°C arasında sıcaklık ölçümü yapabilen √ Düz, pürüzlü ve eğimli yüzeylerde ölçüm için yaylı tip ölçüm ucuna sahip	X	X	X	X
Ortam Sıcaklık Ölçüm Probu	Ortam sıcaklıklarını ölçmek amacıyla kullanılmak üzere; √ n az -60°C ile +400°C arasında sıcaklık ölçümü yapabilen	X	X	X	X
Sıcaklık Ölçüm Probu	Ulaşılması zor olan ve kazan içerisi, büyük tanklar vb yerlerde sıcaklıkları ölçmek amacıyla kullanılmak üzere; √ En az 100 cm uzunluğunda √ En az -60°C ile +1000°C arasında sıcaklık ölçümü yapabilen	X	X	X	X
Sıcaklık Ölçüm Probu	Tanecikli yapıdaki malzeme vb sıcaklıklarını içine batırarak ölçmek amacıyla kullanılmak üzere; √ Şiş tipi √ En az -60°C ile +400°C arasında sıcaklık ölçümü yapabilen	X		X	X
Doppler Tipi Akış Ölçer	İçerisinden kirli akışkan geçen boru hatlarında dışarıdan akışkan miktarının ölçülebilmesi amacıyla kullanılmak üzere; √ Portatif ve elektronik	X	X		X
Ultrasonik Akış Ölçer	İçerisinden temiz akışkan geçen boru hatlarında dışarıdan akışkan miktarının ölçülebilmesi amacıyla kullanılmak üzere; √ Portatif ve elektronik √ Ayarlanan saatlerde otomatik başlatılma ve durdurulabilme özelliğine sahip √ Şarj edilebilir bataryaya ve bataryadan veya şehir cereyanından beslenebilme özelliğine sahip √ Yazıcısı olan veya istendiği takdirde yazıcıya bağlanabilme özeliğine sahip √ 13 mm ile 1200 mm arası çaplardaki borularda ölçüm yapabilecek aparatlara sahip √ En az -40 ile +200 oC arası sıcaklıklarda ölçüm yapabilen	X	X	X	X
Elektronik Bağıl Nem Ölçer	Muhtelif alanlarda ortam sıcaklığı ve bağıl nem ölçmek amacıyla kullanılmak üzere; √ Portatif, elektronik ve batarya ile beslenebilir √ Aynı anda ortam kuru termometre sıcaklığı ve bağıl nem değerlerini gösterme özelliğine sahip √ En az -20 °C ile +70 °C arasında sıcaklık ve %0 ile %100 arasında bağıl nem ölçümü yapabilen	X		X	X
Manometre	Pitot tüpü ile birlikte kullanılarak kanallarda akış miktarını ölçmek amacıyla kullanılmak üzere; √ Pitot tüpü ile birlikte kullanılabilen √ Portatif ve batarya ile beslenebilir √ Hassas okuma yapılabilmesi amacıyla basınç değerleri genişliği ayarlanabilir ve/veya seçilebilir özellikte	X	X		X
Pitot Tüpü	İçerisinden hava ve düşük basınçlı gazların geçtiği kanallarda akış miktarını ölçmek amacıyla kullanılmak üzere; √ Klasik tip, L Tipi √ En az 1,5 m uzunluğa sahip	X	X		X
Eğik Manometre	Fırın iç basıncı vb oldukça düşük basınç değerlerinin ölçülmesi sırasında kullanılmak üzere	X	X		X
Sıcak Telli Hava Hızı Ölçer (Cihaz ve Probu)	İçerisinden hava ve düşük basınçlı gazların geçtiği kanallarda akış miktarını ölçmek amacıyla kullanılmak üzere; √ Portatif, elektronik ve batarya ile beslenebilir √ En az 1,5 m uzunluğunda proba sahip (Bina için bu özellik zorunlu değildir.) √ En az; 0 m/sn ile 20 m/sn arasında hız ve bina için -20 °C ile +70 °C diğerleri için -20 °C ile +200°C arasında sıcaklık ölçümü yapan	X	X	X	X

Cihazın Adı	Kullanım Amacı ve Özellikleri	Yetki Belgesi Sınıfı			
		Isı ve Mekanik	Elektrik	Bina	Sanayi
Pervane Tipi Hava Hızı Ölçer	Hava fanlarının emiş ağzında ve eksoz kanallarının çıkış ağzında hava veya gaz hızını veya akış miktarını ölçmek amacıyla kullanılmak üzere; √ Portatif, elektronik ve batarya ile beslenebilir √ Muhtelif çaplarda problara (ölçüm başlıklarına) sahip √ Çoklu alanlarda ölçüm yapma ve ortalamasını alma özelliğine sahip √ En az; 0,25 m/sn ile 20 m/sn arasında hız ölçümü yapabilen	X	X	X	X
Elektrik Enerji Analizörü	Muhtelif alanlarda elektrikle ilgili parametreleri ölçmek amacıyla kullanılmak üzere; √ Portatif, elektronik ve batarya ile beslenebilir √ Açıldığında bağlantılarını kontrol etme özelliğine sahip (akım penslerinin ölçüm aralıkları, ters bağlantı vb.) √ Ayarlanan saatlerde otomatik başlatılma ve durdurulabilme özelliğine sahip, √ Ölçüm zaman aralığı ayarlanabilen √ Şarj edilebilir bataryaya ve bataryadan veya şehir cereyanından beslenebilme özelliğine sahip √ İstenen parametreleri, belirlenen aralıklarda bellek kartına kaydedebilen ve yazılı çıktı alabilen √ Orta gerilim ölçümleri için akım ve gerilim trafoları olan √ Geniş baralar veya kalın kabloları içine alabilecek boyutta akım pensleri olan √ Monofaze ve trifaze sistemlerde, gerilim (V), akım (A), güç faktörü (Cos⊠), güç (kw, kVA, kVAr), enerji tüketimi (kWh, kVAh, kVArh), frekans (Hz) ve harmonik ölçümleri yapabilen √ Tüm parametrelerin bilgisayar üzerinden gösterilebildiği ve analizlerin yapılabildiği yazılıma sahip	X	X	X	X
Pens Ampermetre	Muhtelif alanlarda elektrikle ilgili parametreleri ölçmek amacıyla kullanılmak üzere; √ Portatif, elektronik ve batarya ile beslenebilir √ Geniş baralar veya kalın kabloları içine alabilecek boyutta pense sahip √ Gerilim (V), akım (A) ve güç (kw) ölçebilen √ True RMS ölçüm özelliğine sahip	X	X	X	X
Takometre	Dönen ekipmanların vb. devir sayılarının ve yürüyen bant, kumaş vb. ilerleme hızlarını ölçmek amacıyla kullanılmak üzere; √ Portatif, elektronik ve batarya ile beslenebilir √ Temaslı ve temassız (optik) tipleri ayrı ayrı veya her ikisinin de bulunduğu kombine tip √ Devir sayısı, dönüş hızı, ilerleme hızı gibi parametreleri ölçebilecek donanıma sahip	X	X		X
Lüksmetre	Muhtelif alanlarda aydınlık seviyelerini ölçmek amacıyla kullanılmak üzere; √ Portatif ve elektronik ve batarya ile beslenebilir √ Otomatik veya elle ayarlanabilir skala seçme özelliğine sahip √ Ölçüm aralığı en az 0 lüks ile 100000 lüks arasında olan		X	X	X
Ses Seviyesi Ölçer	Muhtelif alanlarda ses ve gürültü seviyesini ölçmek amacıyla kullanılmak üzere; √ Portatif, elektronik ve batarya ile beslenebilir √ Otomatik veya elle ayarlanabilir skala seçme özelliğine sahip	X	X		X
Veri Kaydedici	Uzun süreli yapılan ölçümleri kaydetmek üzere; √ En az sıcaklık, nem ve ışık akısı ölçümlerini kaydedilebilen √ Kaydedilen verileri bilgisayara aktarma özelliği olan	X	X	X	X

AYDINLATMA KRİTERLERİ

Değişik yol tipleri için güvenlik ve konfor açısından sağlanması gereken aydınlatma sınıfları ve kriterleri aşağıdaki tablolarda verilmektedir.

Tablo 1. Farklı yol tipleri için aydınlatma sınıfları

Yolun Tanımı	Aydınlatma Sınıfı
Bölünmüş yollar, ekspres yollar, otoyollar (otoyola giriş ve çıkışlar, bağlantı yolları, kavşaklar, ücret toplama alanları) Trafik yoğunluğu ve yolun karmaşıklık düzeyi; Yüksek..... Orta..... Düşük.....	 M1 M2 M3
Devlet yolu ve il yolları (tek yönlü veya iki yönlü; kavşaklar ve bağlantı noktaları ile şehir geçişleri ve çevre yolları dahil) Trafik kontrolü ve yol kullanıcılarının tiplerine göre ayrımı; Zayıf..... İyi.....	 M1 M2
Şehir içi ana güzergâhlar (bulvarlar ve caddeler), ring yolları, dağıtıcı yollar Trafik kontrolü ve yol kullanıcılarının tiplerine göre ayrımı; Zayıf..... İyi.....	 M2 M3
Şehir içi yollar (yerleşim alanlarına giriş çıkışın yapıldığı ana yollar ve bağlantı yolları) Trafik kontrolü ve yol kullanıcılarının tiplerine göre ayrımı; Zayıf..... İyi.....	 M4 M5

Ayrım; Her bir trafik cinsinin kullanacağı şeridin kesin olarak ayrıldığı otobüs yolu, bisiklet yolu gibi tahsisli yoldur.
Bağlantı Yolu; Bir kavşak yakınında, karayolu taşıt yollarının birbirine bağlanmasını sağlayan, kavşak alanı dışında kalan ve bir yönlü trafiğe ayrılmış olan karayolu kısmıdır.
Bölünmüş Yol (Tek Yönlü Yol); Taşıt yolunun yalnız bir yöndeki taşıt trafiği için kullanıldığı karayoludur.
Ekspres Yol; Sınırlı erişme kontrollü ve önemli kesişme noktalarının köprülü kavşak olarak teşkil edildiği bölünmüş karayoludur.
Geometrik Yapı; Yolun sınıfına göre tasarım şeklidir (yolun genişliği, şerit sayısı, yatay ve düşey eğim, yolun proje hızı vb.).
İki Yönlü Yol; Taşıt trafiğinin her iki yönde kullanıldığı karayoludur.
Karmaşıklık; Yolun geometrik yapısını, trafik hareketlerini ve görsel çevreyi içerir. Göz önünde bulundurulması gereken faktörler; şerit sayısı, yolun eğimi, trafik ışık ve işaretleridir.
Kavşak; İki veya daha fazla yolun kesişmesi veya birleşmesi ile oluşan ortak alandır.
Kullanıcılar; Kamyon, otobüs, otomobil gibi motorlu taşıtlar, motorsuz taşıtlar, yayalar ve hayvanlardır.
Otoyollar; Özellikle transit trafiğe tahsis edilen, belirli yerler ve şartlar dışında geçiş ve çıkışın yasaklandığı, yaya, hayvan ve motorsuz araçların giremediği, ancak izin verilen motorlu araçların yararlandığı ve trafiğin özel kontrole tabi tutulduğu erişme kontrollü karayoludur.
Trafik Güvenliği; Karayolları Trafik Kanunu ve buna dayanılarak çıkartılan ilgili mevzuat.
Trafik Kontrolü; Yatay ve düşey işaretlemeler ve sinyalizasyon ile trafik mevzuatının varlığı anlamında kullanılmıştır. Bunların olmadığı yerlerde trafik kontrolü zayıf olarak adlandırılır.
Trafik Yoğunluğu; Yayaların, hayvanların ve araçların karayolları üzerindeki hareketleridir.

Tablo 2. Değişik aydınlatma sınıfları için uygulanacak yol aydınlatması kriterleri

Aydınlatma sınıfı	L (cd/m²)	U_o	U_l	TI (%) ≤
M1	2.0	0.4	0.7	10
M2	1.5	0.4	0.7	10
M3	1.0	0.4	0.5	10
M4	0.75	0.4	-	15
M5	0.5	0.4	-	15

U_o : Ortalama Düzgünlük : Yolun sağ kenarından yol genişliğinin ¼ mesafesinde bulunan bir gözlemciye göre kısmi alanların minimum parıltısının yolun ortalama parıltısına oranıdır ($U_o = L_{min} / L_{ort}$).

U_l : Boyuna Düzgünlük : Her yol şeridinin orta çizgisi üzerinde bulunan gözlemci noktasına göre, bu orta çizgi boyunca uzanan kısmi alanlardaki minimum parıltının maksimum parıltıya oranıdır ($Ul= L_{min} / L_{max}$).

TI : Bağıl Eşik Artışı : Fizyolojik kamaşmanın neden olduğu görülebilirlik azalmasının ölçüsüdür. Kamaşma koşullarındaki parıltı eşiği ΔL_K ile kamaşma olmadığındaki Δ Le eşik farkının ΔL_e'ye oranı olarak ifade edilir ($TI = (\Delta L_K - \Delta L_e) / \Delta L_e$).

Tablo 3. Yaya alanlarındaki değişik yol tipleri için aydınlatma sınıfları

Yolun Tanımı	Aydınlatma Sınıfı
Sosyo-ekonomik ve kültürel önemi yüksek olan kalabalık yaya yolları	P1
Trafiği yüksek yaya veya bisiklet yolları	P2
Trafiği orta yaya veya bisiklet yolları	P3
Trafiği az yaya veya bisiklet yolları	P4
Doğal çevrenin, tarihi ve kültürel yapının korunması gereken alanlardaki trafiği az yaya veya bisiklet yolları	P5
Doğal çevrenin, tarihi ve kültürel yapının korunması gereken alanlardaki trafiği çok az yaya veya bisiklet yolları	P6
Doğal çevrenin, tarihi ve kültürel yapının korunması gereken alanlardaki trafiği çok az yaya veya bisiklet yolları	P6

Tablo 4. Yaya yolları için önerilen aydınlık düzeyi değerleri

Aydınlatma Sınıfı	Ortalama Aydınlık Düzeyi (lux)
P1	20
P2	10
P3	7.5
P4	5
P5	3
P6	1.5

Tablo 1: Enerji verimliliği etiketi verilecek elektrik motorlarında aranacak asgarî verim değerleri

Çıkış Gücü (KW)	1,1	1,5	2,2	3,0	4,0	5,5	7,5	11,0	15,0	18,5	22,0	30,0	37,0	45,0	55,0	75,0	90,0	> 90,0
Verim (%)	83,8	85,0	86,4	87,4	88,3	89,2	90,1	91,0	91,8	92,2	92,6	93,2	93,6	93,9	94,2	94,7	95,0	95,0

18 Mayıs 2005 ÇARŞAMBA - Sayı : 25819

Kanun

Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun

Kanun No. 5346 **Kabul Tarihi : 10.5.2005**

BİRİNCİ BÖLÜM
Amaç, Kapsam, Tanımlar ve Kısaltmalar

Amaç

MADDE 1. — Bu Kanunun amacı; yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımının yaygınlaştırılması, bu kaynakların güvenilir, ekonomik ve kaliteli biçimde ekonomiye kazandırılması, kaynak çeşitliliğinin artırılması, sera gazı emisyonlarının azaltılması, atıkların değerlendirilmesi, çevrenin korunması ve bu amaçların gerçekleştirilmesinde ihtiyaç duyulan imalat sektörünün geliştirilmesidir.

Kapsam

MADDE 2. — Bu Kanun; yenilenebilir enerji kaynak alanlarının korunması, bu kaynaklardan elde edilen elektrik enerjisinin belgelendirilmesi ve bu kaynakların kullanımına ilişkin usul ve esasları kapsar.

Tanımlar ve kısaltmalar

MADDE 3. — Bu Kanunda geçen;

1. Bakanlık : Enerji ve Tabiî Kaynaklar Bakanlığını,
2. EPDK : Enerji Piyasası Düzenleme Kurumunu,
3. DSİ : Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğünü,
4. EİE : Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğünü,
5. TEİAŞ : Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketini,
6. MTA : Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğünü,
7. TETAŞ : Türkiye Elektrik Ticaret ve Taahhüt Anonim Şirketini,
8. Yenilenebilir enerji kaynakları (YEK) : Hidrolik, rüzgâr, güneş, jeotermal, biyokütle, biyogaz, dalga, akıntı enerjisi ve gel-git gibi fosil olmayan enerji kaynaklarını,
9. Biyokütle : Organik atıkların yanı sıra bitkisel yağ atıkları, tarımsal hasat artıkları dahil olmak üzere, tarım ve orman ürünlerinden ve bu ürünlerin işlenmesi sonucu ortaya çıkan yan ürünlerden elde edilen katı, sıvı ve gaz halindeki yakıtları,
10. Jeotermal kaynak : Yerkabuğundaki doğal ısı nedeniyle sıcaklığı sürekli olarak bölgesel atmosferik ortalama sıcaklığın üzerinde olan, erimiş madde ve gaz içerebilen doğal su, buhar ve gazlar ile kızgın kuru kayalardan elde edilen su, buhar ve gazları,
11. Bu Kanun kapsamındaki yenilenebilir enerji kaynakları : Rüzgâr, güneş, jeotermal, biyokütle, biyogaz, dalga, akıntı enerjisi ve gel-git ile kanal veya nehir tipi veya rezervuar alanı onbeş kilometrekarenin altında olan hidroelektrik üretim tesisi kurulmasına uygun elektrik enerjisi üretim kaynaklarını,
12. Türkiye ortalama elektrik toptan satış fiyatı : Yılı içerisinde ülkede uygulanan ve EPDK tarafından hesap edilen elektrik toptan satış fiyatlarının ortalamasını,

İfade eder.

İKİNCİ BÖLÜM
Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanlarının Belirlenmesi, Korunması, Kullanılması ile Yenilenebilir Kaynaklardan Elde Edilen Elektrik Enerjisinin Belgelendirilmesi

Kaynak alanlarının belirlenmesi, korunması ve kullanılması

MADDE 4. — Bu Kanunun yürürlük tarihinden sonra kamu veya Hazine arazilerinde yenilenebilir enerji kaynak alanlarının kullanımını ve verimliliğini etkileyici imar planları düzenlenemez. Elektrik enerjisi üretimine yönelik jeotermal kaynak alanlarının belirlenmesi, korunması ve kullanılmasına ilişkin usul ve esaslar yönetmelikle düzenlenir.

YEK belgesi

MADDE 5. — Yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrik enerjisinin iç piyasada ve uluslararası piyasalarda alım satımında kaynak türünün belirlenmesi ve takibi için üretim lisansı sahibi tüzel kişiye EPDK tarafından "Yenilenebilir Enerji Kaynak Belgesi" (YEK Belgesi) verilir.

YEK Belgesi ile ilgili usul ve esaslar yönetmelikle düzenlenir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM
Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Elektrik Enerjisi Üretiminde Uygulanacak Usul ve Esaslar

Uygulama esasları

MADDE 6. — (Değişik: 18/4/2007-5627/17 md.) Bu Kanun kapsamındaki yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üretim ve ticaretinde, lisans sahibi tüzel kişiler aşağıdaki uygulama esaslarına tâbidirler:

a) Perakende satış lisansı sahibi tüzel kişiler, bu Kanun kapsamındaki yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üreten YEK Belgeli tesislerin işletmede on yılını tamamlamamış olanlarından, bu maddede belirlenen esaslara göre elektrik enerjisi satın alırlar.

b) Bu Kanun kapsamındaki uygulamalardan yararlanabilecek YEK Belgeli elektrik enerjisi miktarına ilişkin bilgiler her yıl EPDK tarafından yayınlanır. Perakende satış lisansı sahibi tüzel kişilerin her biri, bir önceki takvim yılında sattıkları elektrik enerjisi miktarının ülkede sattıkları toplam elektrik enerjisi miktarına oranı kadar, YEK Belgeli elektrik enerjisinden satın alırlar.

c) Bu Kanun kapsamında satın alınacak elektrik enerjisi için uygulanacak fiyat; her yıl için, EPDK'nın belirlediği bir önceki yıla ait Türkiye ortalama elektrik toptan satış fiyatıdır. Ancak uygulanacak bu fiyat 5 Euro Cent/kWh karşılığı Türk Lirasından az, 5,5 Euro Cent/kWh karşılığı Türk Lirasından fazla olamaz. Ancak 5,5 Euro Cent/kWh sınırının üzerinde serbest piyasada satış imkânı bulan yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı lisans sahibi tüzel kişiler bu imkândan yararlanırlar.

Bu madde kapsamındaki uygulamalar 31/12/2011 tarihinden önce işletmeye giren tesisleri kapsar. Ancak Bakanlar Kurulu uygulamanın sona ereceği tarihi, 31/12/2009 tarihine kadar Resmî Gazetede yayımlanmak şartıyla en fazla 2 yıl süreyle uzatabilir.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM
Yatırım Dönemine İlişkin Uygulama Esasları

Yatırım dönemi uygulamaları

MADDE 7. — Yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanarak sadece kendi ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla azami bin kilovatlık kurulu güce sahip izole elektrik üretim tesisi ve şebeke destekli elektrik üretim tesisi kuran gerçek ve tüzel kişilerden kesin projesi, planlaması, master planı, ön incelemesi veya ilk etüdü DSİ veya EİE tarafından hazırlanan projeler için hizmet bedelleri alınmaz.

Bu Kanun kapsamında;

a) Enerji üretim tesis yatırımları,

b) Kullanılacak elektro-mekanik sistemlerin yurt içinde imalat olarak temini,

c) Güneş pilleri ve odaklayıcılı üniteler kullanan elektrik üretim sistemleri kapsamındaki yapılacak AR-GE ve imalat yatırımları,

d) Biyokütle kaynaklarını kullanarak elektrik enerjisi veya yakıt üretimine yönelik AR-GE tesis yatırımları,

Bakanlar Kurulu kararı ile teşviklerden yararlandırılabilir.

Yeterli jeotermal kaynakların bulunduğu bölgelerdeki valilik ve belediyelerin sınırları içinde kalan yerleşim birimlerinin ısı enerjisi ihtiyaçlarını öncelikle jeotermal ve güneş termal kaynaklarından karşılamaları esastır.

Arazi ihtiyacına ilişkin uygulamalar

MADDE 8. — (Değişik: 18/4/2007-5627/18 md.) (Değişik: 9/7/2008-5784/23. md) Orman vasıflı olan veya Hazinenin özel mülkiyetinde ya da Devletin hüküm ve tasarrufu altında bulunan taşınmazlardan bu Kanun kapsamındaki yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üretimi yapılmak amacıyla tesis, ulaşım yolları ve şebekeye bağlantı noktasına kadarki enerji nakil hattı için kullanılacak olanlar hakkında Çevre ve Orman Bakanlığı veya Maliye Bakanlığı tarafından bedeli karşılığında izin verilir, kiralama yapılır, irtifak hakkı tesis edilir veya kullanma izni verilir.

Bu maddenin birinci fıkrasında belirtilen amaçlarda kullanılacak olan taşınmazların 25/2/1998 tarihli ve 4342 sayılı Mera Kanunu kapsamında bulunan mera, yaylak, kışlak ile kamuya ait otlak ve çayır olması halinde,

4342 sayılı Mera Kanunu hükümleri uyarınca bu taşınmazlar, tahsis amacı değiştirilerek Hazine adına tescil edilir. Bu taşınmazlara ilişkin olarak, Maliye Bakanlığı tarafından bedeli karşılığında kiralama yapılır veya irtifak hakkı tesis edilir.

31/12/2012 tarihine kadar devreye alınacak bu tesislerden, ulaşım yollarından ve şebekeye bağlantı noktasına kadarki enerji nakil hatlarından yatırım ve işletme dönemlerinin ilk on yılında izin, kira, irtifak hakkı ve kullanma izni bedellerine yüzde seksenbeş indirim uygulanır. Orman Köylüleri Kalkındırma Geliri, Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Geliri alınmaz.

Bu Kanun kapsamındaki hidroelektrik üretim tesislerinin rezervuar alanında bulunan Hazinenin özel mülkiyetindeki ve Devletin hüküm ve tasarrufu altındaki taşınmaz mallar için Maliye Bakanlığı tarafından bedelsiz olarak kullanma izni verilir.

BEŞİNCİ BÖLÜM
Çeşitli Hükümler

Uygulamaların koordinasyonu

MADDE 9. — Bakanlık, bu Kanunda belirtilen temel ilkelerin ve yükümlülüklerin uygulanması, yönlendirilmesi, izlenmesi, değerlendirilmesi ve alınacak tedbirlerin planlanmasında koordinasyonu sağlar.

Yaptırımlar

MADDE 10. — Bu Kanunun 6 ncı maddesi hükümlerine aykırı faaliyet gösteren perakende satış lisans sahibi tüzel kişilere EPDK tarafından ikiyüzelli milyar TL idari para cezası verilir ve aykırılığın altmış gün içinde giderilmesi ihtar edilir.

Yukarıdaki para cezasını gerektiren fiillerin ihtara rağmen düzeltilmemesi veya tekrarlanması halinde para cezaları her defasında bir önceki cezanın iki katı oranında artırılarak uygulanır. Bu cezaların verildiği tarihten itibaren iki yıl içinde idarî para cezası verilmesini gerektiren aynı fiil işlenmediği takdirde önceki cezalar tekrarda esas alınmaz. Ancak aynı fiil iki yıl içinde işlendiği taktirde artırılarak uygulanacak para cezasının tutarı cezaya muhatap tüzel kişinin bir önceki mali yılına ilişkin bilançosundaki gayrisafi gelirinin yüzde onunu aşamaz. Cezaların bu düzeye ulaşması halinde EPDK, lisansı iptal edebilir.

Yönetmelikler

MADDE 11. — Bu Kanunun yürürlük tarihinden itibaren dört ay içerisinde, bu Kanunun 5 inci maddesine ilişkin yönetmelik EPDK tarafından, diğer yönetmelikler Bakanlık tarafından hazırlanarak yürürlüğe konulur.

MADDE 12. — 18.12.1953 tarihli ve 6200 sayılı Devlet Su İşleri Umum Müdürlüğü Teşkilat ve Vazifeleri Hakkında Kanuna 20.2.2001 tarihli ve 4628 sayılı Kanunun 18 inci maddesi ile eklenen ek 1 inci maddesi aşağıdaki şekilde değiştirilmiştir.

Ek Madde 1. — Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü tarafından inşa edilmiş, işletmeye alınmış ve işletmeye alınacak hidroelektrik santrallerinin enerji üretimiyle ilgili kısımları ve bunların mütemmim cüzleri olan taşınmazlar; yapım maliyetleri, işletmede bulundukları süre, bu tesisler tamamlandıktan sonra Kamu Ortaklığı Fonuna aktarılan geri ödemeler ile bu tesisler için Hazine Müsteşarlığı tarafından temin edilerek Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğüne tahsis edilen dış kaynaklı proje kredilerinden doğan malî yükümlülükler dikkate alınarak tespit edilecek bedeller üzerinden, herhangi bir ödeme yapılmaksızın Elektrik Üretim Anonim Şirketi Genel Müdürlüğüne devredilir. Bu tesisler için sağlanmış olan dış kredilerin enerji maksadına tekabül eden kısmına ilişkin olarak devir tarihini izleyen yıllarda Hazine Müsteşarlığı tarafından yapılacak ödemelerin Elektrik Üretim Anonim Şirketi Genel Müdürlüğü tarafından üstlenilmesini teminen Hazine Müsteşarlığı ile Elektrik Üretim Anonim Şirketi Genel Müdürlüğü arasında ikraz anlaşması yapılır.

Devre ilişkin usul ve esaslar; Enerji ve Tabiî Kaynaklar Bakanlığı ve Hazine Müsteşarlığı tarafından hazırlanacak ve Bakanlar Kurulu kararı ile yürürlüğe girecek bir yönetmelikle belirlenir.

Devir işlemleri her türlü vergi, resim ve harçtan muaftır.

MADDE 13. — 4.12.1984 tarihli ve 3096 sayılı Kanunun Kamulaştırma başlıklı 11 inci maddesi aşağıdaki şekilde değiştirilmiştir.

Madde 11. - Görevli şirketlerin yapacağı üretim, iletim ve dağıtım tesislerinin onaylanmış tatbikat projelerine göre, kamulaştırma ihtiyacı ortaya çıktığında; rezervuarlı tesisler hariç kamulaştırma bedeli görevli şirket tarafından ödenmek kaydıyla Enerji ve Tabiî Kaynaklar Bakanlığınca 4650 sayılı Kanun hükümlerine göre yapılır. Rezervuarlı tesislerin kamulaştırma bedelleri ilgili Bakanlığın bütçesine konulacak ödenek marifetiyle Hazine tarafından ödenir.

Bu madde ile değiştirilen hüküm 3096 sayılı Kanun kapsamında sözleşmesi imzalanmış ancak işletmeye geçmemiş olan projelere uygulanır.

GEÇİCİ MADDE 1. — 4628 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu kapsamında tanımlanan mevcut sözleşmeler arasında yer alan ve bu Kanun kapsamındaki yenilenebilir enerji kaynaklarından üretim yapacak olan işletmeye girmemiş yap-işlet-devret modeli kapsamındaki tüzel kişiler, mevcut sözleşmelerinden doğan haklarından feragat etmek şartıyla, bu Kanun kapsamındaki uygulamalardan yararlanırlar. EPDK tarafından bu projelere üretim lisansı verilir.

GEÇİCİ MADDE 2. — Perakende satış lisansı sahibi kamu dağıtım şirketleri Bakanlık ve EPDK'nın mevcut mevzuatı ve uygulamaları dışında, bu Kanunun 6 ncı maddesi kapsamındaki alım yükümlülüklerinden 1.1.2007 tarihine kadar muaftır. Ancak bu Kanunun yürürlük tarihinden sonra kendilerine müracaat eden YEK belgeli üretim lisansı sahibi tüzel kişilerle alım yükümlülüğü 1.1.2007 tarihinden geçerli olacak elektrik satış anlaşmalarını yaparlar.

GEÇİCİ MADDE 3. — Bu Kanunun 6 ncı maddesinde belirtilen projeksiyon, bu Kanunun yürürlüğe girdiği tarihten itibaren üç ay içerisinde Bakanlık tarafından yayımlanır. Ancak bu projeksiyon, Kanunun yürürlük tarihinden önce EPDK tarafından üretim lisansları verilmiş projeleri ve geçici 1 inci maddede tanımlanan mevcut sözleşmeli projelerden bu Kanun kapsamında üretim lisansı alacak olan projeleri de kapsar.

GEÇİCİ MADDE 4. — Mevcut sözleşmeleri çerçevesinde faaliyet gösteren ve DSİ katılım payları tarife yoluyla TETAŞ tarafından ödenen işletmedeki Yap-İşlet-Devret modeli hidroelektrik santrallerin sözleşmelerinde ABD Doları cinsinden yer alan DSİ enerji katılım payları, sözleşmede yer aldığı miktarda ödeme tarihindeki Merkez Bankası döviz kuru üzerinden her işletme yılının sonunda DSİ'ye ödenir.

4628 sayılı Kanun kapsamında kurulmuş veya kurulacak olan hidroelektrik santrallar için belirlenecek ve Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğüne ödenecek olan enerji hissesi katılım payının hesabında esas alınacak ortak tesis bedeli, TEFE ile su kullanım anlaşmasının yapıldığı tarihe getirilmiş olan ihaleye esas ilk keşif bedelinin % 30'undan fazlasını geçemez. Proje ile ilgili kamulaştırmalar için yapılmış ve yapılacak olan ödemelerin TEFE ile su kullanım anlaşması tarihine getirilmiş bedelinin enerji hissesine düşen miktarının tamamı şirket tarafından ödenir.

Yürürlük

MADDE 14. — Bu Kanun yayımı tarihinde yürürlüğe girer.

Yürütme

MADDE 15. — Bu Kanun hükümlerini Bakanlar Kurulu yürütür.

EK 2.1 KOLEKTÖR HAKKINDA ÜRETİCİ VERİLERİ

Kolektör hakkında üretici verileri			
Tip ve test firması hakkında Veriler			
Kolektör tipi/tasarımı			
Tasarım	Örn; düzlemsel kolektör		
Üretici			
Test firması			
Test normu	Örn; DIN EN 12975		
Test raporu	Test raporu no ve tarihi		
Performans karakteristik değerleri (ışınım alanı ile ilgili veriler)			
Özellik	**Notasyon sembolü**	**Birim**	**Tipik değerler/örnekler (ışınım alanı İle ilgili)**
Sıcaklık farkında dönüşüm faktörü $(t_m-t_a)=0$	n_o	-	0,65 - 0,84
Kolektör lineer veri faktörü	a_1	$W/(m^2.K)$	1,1 – 4,0
Kolektör 4.dereceden verim faktörü	a_2	$W/(m^2.K^2)$	0,01 – 0,04
Etki açısı için düzeltme faktörü	$K_\vartheta(50°)$	-	0,94 – 0,97
Basınç farkı eğrisi	$\Delta p= a_1 .m + a_2 .m^2$		(20°C, glikol/su=40/60)
Önerilen debi aralığı		$l/(h.m^2)$	
Yüzey özgül ısıl kapasitesi (dolu)	c	$J/(m^2.K)$	5.000 – 40.000
Çerçeve			
Ölçüler (L x B x H)		mm	
Malzeme			Örn; Alüminyum
Kolektör toplam ağırlığı (dolu)		kg	
Absorber			
Absorber malzemesi, malzeme kalınlığı, boru demeti bağlantı teknolojisi			Örn; bakır v.s.
Yüzey, kaplama			Örn; seçici kaplama
Isı taşıyıcı akışkan için kanallarda kullanılan malzeme			Örn; bakır
Isı taşıyıcı akışkan içeriği	V_A	L	Örn; 3 l
Cam			
Malzeme, kalınlık, kaplama			Örn; ESG, 4mm AR kaplama
Isıl yalıtım			
Tip, malzeme			Örn; yalıtım, cam yünü
Isıl iletkenlik	λ	W/(m.K)	
Kalınlık		mm	
Referans yüzeyler			
Brüt yüzey alanı	A_G	m^2	
Absorber optik yüzey alanı	A_a	m^2	
Etkin absorber alanı	A_A	m^2	
İşletme sınır değerleri			
Durgunluk sıcaklığı		°C	Düzlemsel kolektörler için: örn; 200°C
İzin verilen en yüksek işletme sıcaklığı		$bar_ü$	
Isı taşıyıcı akışkan karışım oranları			Su/glikol
Montaj şekli			
Tipler			Örn; çatı içi, çatı üstü, dış montaj, cepheye montaj

EK 2.2 SİSTEM TASARIMI İÇİN ÖRNEK HESAPLAMA(düzlemsel kolektörler)

L	Tanım	L sütununda belirtilen adımlara göre hesaplama	Birim	Değerler (yaklaşık)	Öz değerler
	Kullanım suyu sirkülasyon hattı bulunmayan güneş enerjisi sistemi				
1	En düşük tüketim periyodunda ölçülen sıcak su tüketimi (gerektiğinde en düşük yük değerleri hesaplanmalıdır.)		m^3/gün	10,0	
2	Alternatif (ölçüm mümkün değil)				
3	Tam dolulukta günlük kişi başı tasarım sıcak su ihtiyacı(konut)		l /(v_p.gün)	22	
4	Tam dolulukta kişi sayısı				
5	Hesaplanan sıcak su ihtiyacı	L3.L4/1000	m^3/gün		
6	Normal ısıtma periyodu				
7	Konvansiyonel depo boyler ayar sıcaklığı		°C	60	
8	Yazın şebeke suyu sıcaklığı		°C	13	
9	Sıcak su için normal ısıtma periyodu		K	47	
10	Isıtma periyodunda kullanım suyu ısıtması için gereken enerji	1,16.L9. (L1 ya da L5)	kWh/gün	545	
11	Alternatif ısıtma periyodu: konvansiyonel depo boylerde ayar sıcaklığı farklı bir değere ayarlanmış ise ya da yazın soğuk su sıcaklığı farklı ise: Öz değerler sütununu kullanın, hesaplama değişmez.				
12	Yaz ışınımı (kolektörlerin güneye yönelimi; eğim açısı yaklaşık 30°) Farklı yönelimlerde değerleri değişecektir.	kWh/(m^2.gün)	7,5		
13	Yaz sistem kullanım seviyesi (güneş enerjisi sistemine sirkülasyon hattı entegrasyonu hariç)		%	50	
14	Sirkülasyon hattının entegrasyonu olmayan sistemde kullanılabilir güneş ısısı (m^2 başına)	L12.L13/100%	kWh/(m^2.gün)	3,7	
15	Kolektör yüzeyi(kompakt boyutlu sistem)	L10/L14	m^2	147	
16	Basitleştirilmiş hesaplama (düzlemsel kolektörler için, kolektör alanı düzenlemesi, sıcaklık seviyeleri vb için standart değerler)				
17	Sıcak su tüketimi (ısıtma periyodunda)	L1 ya da L5	m^3/d	10,0	
18	Güneş enerjisi sistemi kapasite kabulü		l / (gün.m^2)	70	
19	Kolektör yüzeyi (kompakt ölçülü sistem)	1000.L17/L18	m^2	143	
	Kullanım suyu sirkülasyon hattı bulunan güneş enerjisi sistemi				
20	Ölçümlere göre sirkülasyon		kWh/gün	300	
21	Alternatif (ölçüm mümkün değil)				
22	Yaz boyunca en düşük tüketim gününde kullanım suyu için gerekli enerji bazlı sirkülasyon kaybı**)	(%50 çok düşük değer)	%	50	
23	En düşük tüketim gününde sirkülasyon kaybı	L22.L10/%100		(273)	
24	Yazın en düşük tüketim gününde toplam enerji ihtiyacı	(L20 ya da L23) + 10	kWh/gün	845	
25	Sirkülasyon sistemi entegrasyonu ile sistem verim		%	45	
26	Sirkülasyon sistemi entegrasyonu ile kullanılabilir güneş ısısı (metrekare başına)	L25.L12/100%	kWh/(m^2.gün)	3,4	
27	Kolektör yüzey alanı	L24/L26	m^2	250	

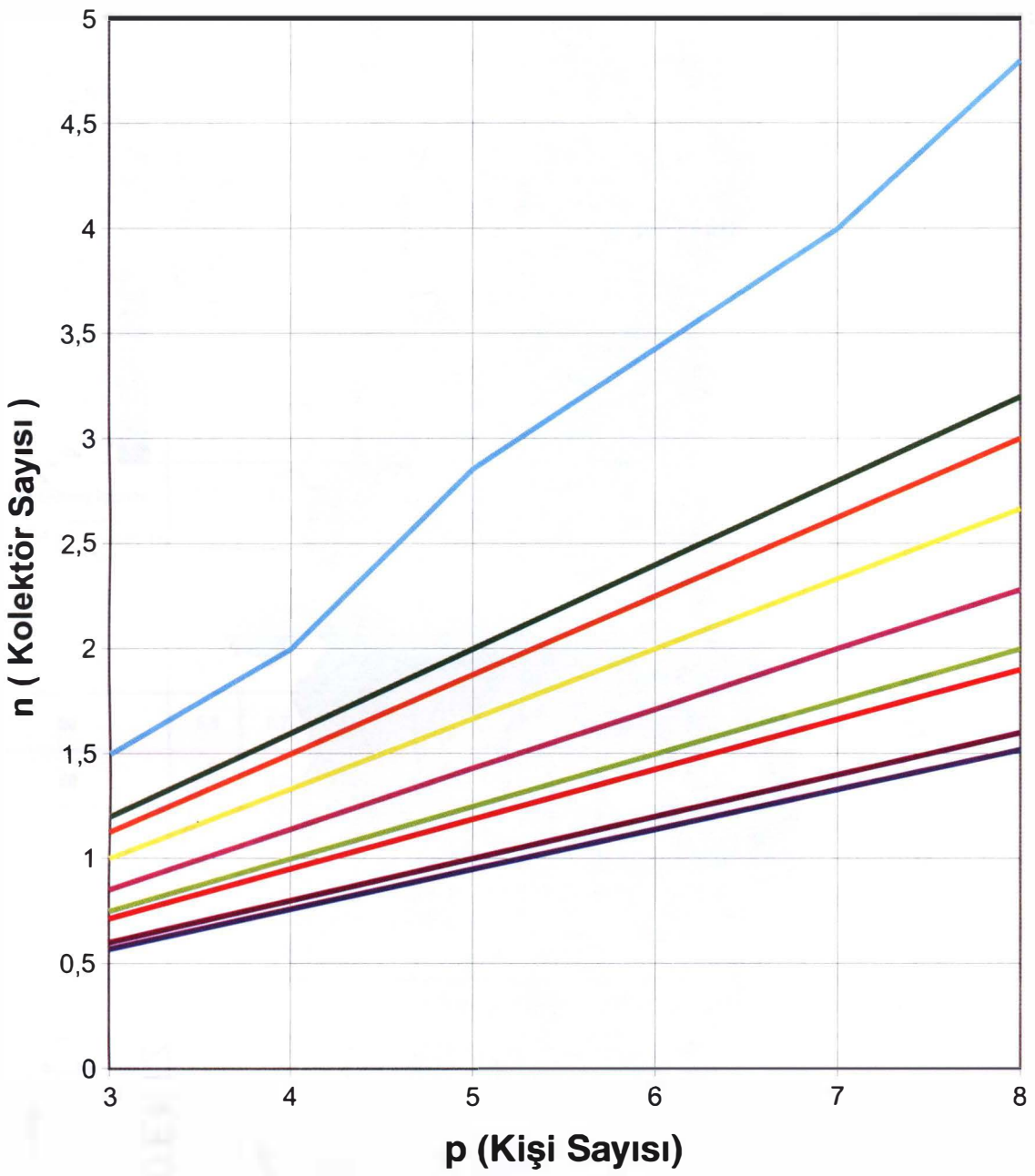
*) Sistem veriminde büyük bir düşüş olmadan kapasite kullanımı için minimum değer olarak 60/(gün.m^2) seçilebilir.

**) Yazın % 50, en düşük tüketim enerji değeri yıllık ortalama enerji tüketiminin yaklaşık %40ına karşılık gelir ya da sıcak su sistemi (düşük değer) için toplam enerjinin yıllık ortalamasının yaklaşık % 28'i. Sirkülasyon kayıpları belirgin oranda değişiklik gösterdiği için ölçüm yapılması mutlaka önerilir.
Sıcak su sisteminde sıcaklık 60°C'nin altında bulunuyorsa hesaplamada sadece sirkülasyon enerjisinin % oranı düşürülmelidir.Şebeke suyu sıcaklığı normalin üzerinde ise düşüm yapılmalıdır. Referans enerji değeri şebeke suyu sıcaklığından ısıtmaya göre hesaplanmalıdır.

EK 2.3 KISALTMALAR LİSTESİ

AK	Soğuk su çıkışı (Depo sistem)		**PH**	Isıtma devresi pompası
AV	Kapatma vanası		**PS**	Boyler primer devre pompası
AW/AB	Sıcak kullanım suyu çıkışı		**PSB**	Yüzme havuzu pompası
E	Hava ayırıcı		**PSS**	Güneş enerjisi devresi pompası
EH	Daldırma tip elektrikli ısıtıcı		**P_{UM}**	Boylerler arası sirkülasyon pompası
EK	Soğuk su girişi		**P_{WT}**	Eşanjör pompası
EL	Boşaltma		**PZ**	Kullanım suyu sirkülasyon pompası
EW	Sıcak kullanım suyu girişi		**R**	Dönüş, GES dönüş
EZ	Kullanım suyu sirkülasyon girişi		**RK**	Kazan dönüş
FA	Dış hava duyar elemanı		**RS**	Boyler dönüş
FE	Doldurma/boşaltma vanası		**RSB**	Yüzme havuzu kumanda paneli
FK	Kazan su sıcaklık duyar elemanı		**RW**	Geri dönüş kontrol seti
FR	Tesisat dönüş suyu sıcaklık duyar elemanı		**SA**	Reglaj ve kapatma vanası
FSK	kolektör sıcaklık duyar elemanı		**SH**	Isıtma devresi aktuatörü
FP	Depo boyler sıcaklık duyar elemanı		**SMF**	Pislik tutucu
FPO	Depo boyler sıcaklık duyar elemanı,üst		**SP1**	Yüksek gerilim koruması
FPU	Depo boyler sıcaklık duyar elemanı,alt		**SU**	Ayırıcı vana
FSB	Havuz suyu sıcaklık duyar elemanı		**SV**	Emniyet ventili
FSS	Boyler duyar elemanı (1. boyler)		**SWT**	GES Yüzme havuzu eşanjörü
FSW1	Kalorimetre sıcaklık duyar elemanı, gidiş		**TW**	Kullanım suyu
FSW2	Kalorimetre sıcaklık duyar elemanı, dönüş		**TWE**	Kullanım suyu ısıtması
FSX	Boyler eşik duyar elemanı		**UV**	Debi sınırlayıcı vana, balans vanası
FV	Akış sıcaklık duyar elemanı		**V**	Gidiş, GES gidiş
HK	Isıtma devresi		**VK**	Kazan gidiş
HS (-E)	Isıtma devresi hızlı montaj seti		**VS**	Boyler gidiş
HSM(-E)	Üç yollu vanalı ısıtma devresi hızlı montaj seti (devir kontrollü pompa ile)		**VS-SU**	2.devre ayırıcı üç yollu vana
HZG	Isıtma destek seti		**WT**	Eşanjör
M	Ölçüm noktası, motor (Üç yollu vana)		**WMZ**	Kalorimetre
MB	Kullanım suyu ölçüm noktası		**WWM**	Termostatik üç yollu vana
MAG	Membranlı genleşme tankı			

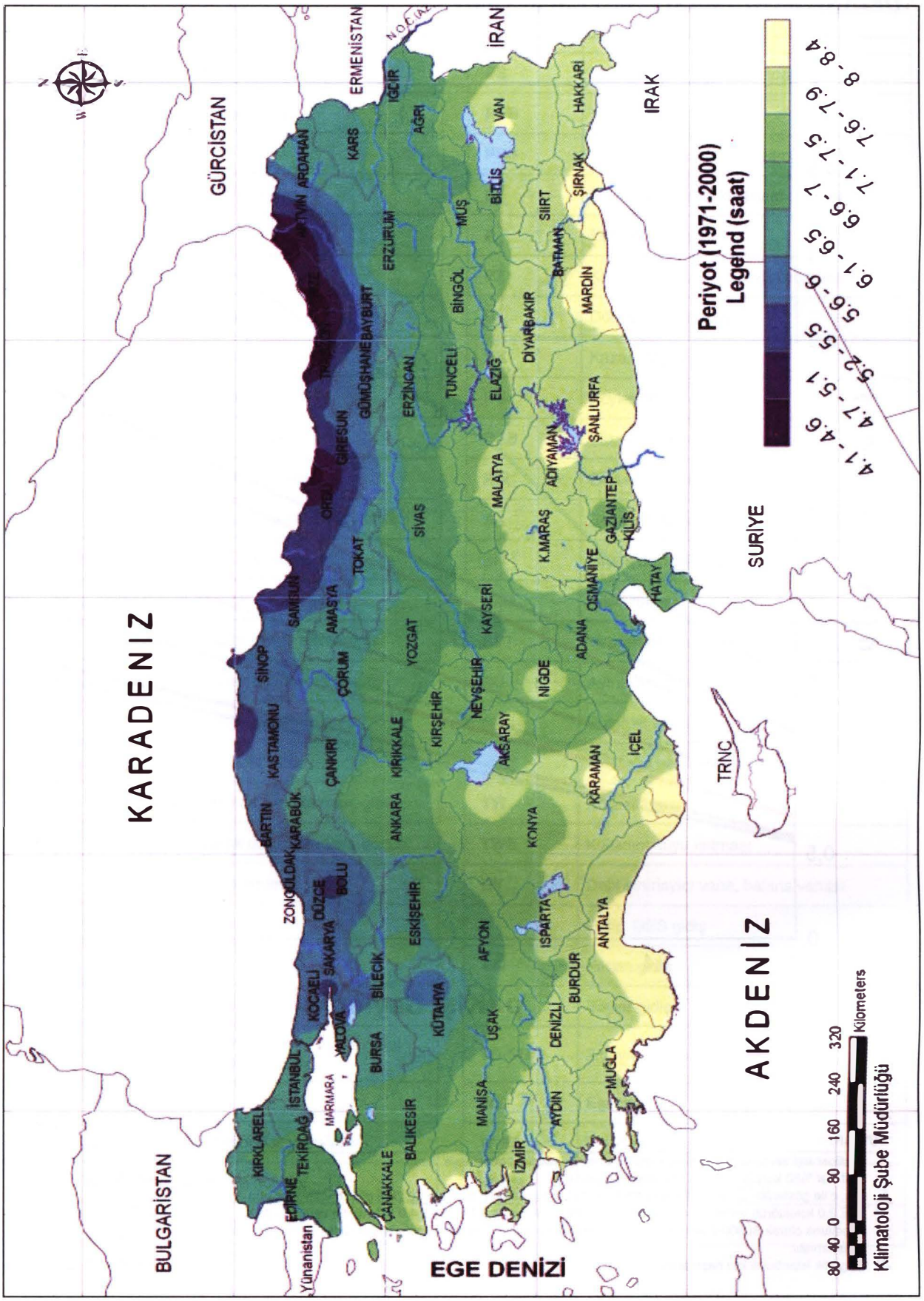
EK 2.4. GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ İÇİN KİŞİ SAYISI VE KOLEKTÖR ADEDİNE BAĞLI BASİT SİSTEM SEÇİMİ



NOTLAR:

1- Grafikler kişi sayısına göre yaklaşık olarak kolektör adedini belirlemeye yarar.
2- Grafikler %60 karşılama oranı hedefenerek çizilmiştir.
3- a, b, c ile gösterilen üç ayrı kullanım profili mevcuttur. a = 40 l/kişi.gün, b = 50 l/kişi.gün, c = 75 l/kişi.gün
4- SKE 2.0 kolektörün verimi %64,8, SKN 3.0 kolektörün verimi % 77 ve SKS 4.0 kolektörün verimi % 85'tir.
5- Depolama olarak SL300-2 termosifon tip çift serpantinli boyler, kolektör adedi 4'ten fazla ise SL500-2 boyler kullanılmıştır.
6- Bu grafik İstanbul ili için hazırlanmıştır.

EK 2.5. UZUN YILLAR ORTALAMA YILLIK GÜNEŞLENME SÜRELERİ



EK 2.6. BAZI İLLER İÇİN SICAKLIKLAR, GÜNEŞLENME SÜRELERİ VE IŞINIM DEĞERLERİ

	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	ORTALAMA
Çevre Sıcaklığı (°C)	5,1	5,5	6,7	10,2	15,8	20,6	23,2	23,3	19,7	15,5	11,9	8,0	**13,8**
Maks. - Min. Sıcaklık Farkı (°C)	5,4	5,5	6,8	8,2	8,8	9,8	10,3	10,1	9,2	7,8	6,2	5,4	**7,8**
Şebeke Suyu Sıcaklığı (°C)	10,2	9,0	9,5	11,8	15,4	19,2	21,9	22,9	22,4	19,8	16,9	13,2	**16,0**
Güneşlenme Süresi (Saat / Gün)	2,5	3,6	4,3	6,6	8,9	10,6	10,7	10,2	8,2	6,2	4,3	2,8	**6,6**
Gün Uzunluğu (Saat / Gün)	9,4	10,5	11,7	13,1	14,3	14,9	14,6	13,6	12,3	10,9	9,7	9,1	**12,0**
	YATAY DÜZLEME GELEN GÜNLÜK IŞINIM (MJ / m² - gün)												
Toplam Güneş Işınımı	4,6	7,3	10,7	15,9	20,5	23,1	22,7	20,4	15,5	10,3	6,3	4,3	**13,5**
Direkt Güneş Işınımı	1,7	3,0	4,8	8,4	12,1	14,6	14,5	13,1	9,2	5,5	2,8	1,6	**7,6**
Açık Hava Toplam Güneş Işınımı	8,2	11,8	17,4	22,4	26,0	27,4	26,5	23,4	18,4	12,9	8,6	7,0	**17,5**
Atmosfer Dışı Güneş Işınımı	14,4	19,8	26,7	34,0	39,2	41,3	40,2	36,0	29,3	21,9	15,7	13,0	**27,6**
EĞİM (°)	**EĞİK DÜZLEME GELEN GÜNLÜK IŞINIM (MJ / m² - gün)**												
20	5,8	8,7	11,9	16,6	20,3	22,3	22,2	21,1	17,2	12,5	8,2	5,7	**14,4**
30	6,3	9,2	12,2	16,5	19,6	21,3	21,3	20,7	17,6	13,3	8,9	6,2	**14,4**
40	6,6	9,4	12,2	16,0	18,6	19,9	20,0	19,9	17,5	13,7	9,4	6,5	**14,1**
50	6,7	9,5	11,9	15,3	17,2	18,2	18,4	18,7	17,0	13,8	9,6	6,8	**13,6**
60	6,8	9,4	11,5	14,2	15,6	16,2	16,5	17,2	16,2	13,6	9,7	6,8	**12,8**
SAAT	**AÇIK HAVADA YATAY DÜZLEME GELEN ANLIK TOPLAM IŞINIM (W / m²)**												
6.....18	0	0	0	61	142	184	163	91	11	0	0	0	**54**
7.....17	0	19	103	220	315	356	335	254	140	39	0	0	**148**
8.....16	62	144	275	406	494	526	507	434	311	175	77	42	**287**
9.....15	190	297	448	572	644	666	651	589	474	327	205	155	**434**
10.....14	306	421	578	691	749	764	751	700	594	448	317	264	**548**
11.....13	376	494	653	760	810	821	809	764	663	518	384	329	**615**
.....12.....	401	520	681	787	835	844	833	789	689	543	408	392	**640**

İSTANBUL İÇİN SICAKLIKLAR, GÜNEŞLENME SÜRELERİ VE IŞINIM DEĞERLERİ
Enlem: 41,0° **Yükseklik:** 0 m

	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	ORTALAMA
Çevre Sıcaklığı (°C)	0,3	1,0	4,7	11,2	16,1	20,0	23,5	23,3	18,4	12,9	7,7	2,5	**11,8**
Maks. - Min. Sıcaklık Farkı (°C)	7,6	8,6	10,8	12,6	12,7	14,9	14,9	14,9	14,5	13,3	10,7	7,3	**11,9**
Şebeke Suyu Sıcaklığı (°C)	8,2	6,6	7,8	10,7	14,5	18,0	20,9	22,8	21,6	18,1	14,6	10,9	**14,6**
Güneşlenme Süresi (Saat / Gün)	2,8	3,9	5,3	6,7	9,1	10,8	12,2	11,2	9,6	7,3	5,2	2,4	**7,2**
Gün Uzunluğu (Saat / Gün)	9,5	10,5	11,7	13,1	14,2	14,7	14,5	13,5	12,2	10,9	9,8	9,3	**12,0**
	YATAY DÜZLEME GELEN GÜNLÜK IŞINIM (MJ / m² - gün)												
Toplam Güneş Işınımı	5,3	8,2	12,3	16,8	21,5	24,0	25,1	22,3	17,6	12,0	7,6	4,6	**14,8**
Direkt Güneş Işınımı	2,1	3,7	6,3	9,3	13,2	15,8	17,6	15,5	11,7	7,2	3,9	1,7	**9,0**
Açık Hava Toplam Güneş Işınımı	9,6	13,3	18,5	24,2	27,6	28,9	28,0	24,9	20,0	14,4	9,9	8,7	**19,0**
Atmosfer Dışı Güneş Işınımı	15,3	20,6	27,4	34,4	39,3	41,3	40,3	36,2	29,9	22,5	16,5	13,9	**28,1**
EĞİM (°)	**EĞİK DÜZLEME GELEN GÜNLÜK IŞINIM (MJ / m² - gün)**												
20	6,7	9,9	13,8	17,5	21,2	23,1	24,3	22,9	19,7	14,8	10,1	5,9	**15,8**
30	7,3	10,4	14,2	17,4	20,4	22,0	23,3	22,5	20,1	15,7	11,0	6,3	**15,9**
40	7,6	10,7	14,2	16,8	19,3	20,5	21,8	21,6	20,0	16,3	11,6	6,7	**15,6**
50	7,8	10,8	13,9	16,0	17,8	18,6	19,9	20,2	19,5	16,4	12,0	6,9	**15,0**
60	7,8	10,7	13,4	14,8	16,0	16,4	17,6	18,5	18,5	16,2	12,1	6,9	**14,1**
SAAT	**AÇIK HAVADA YATAY DÜZLEME GELEN ANLIK TOPLAM IŞINIM (W / m²)**												
6.....18	0	0	0	62	144	105	165	93	11	0	0	0	**55**
7.....17	0	25	111	235	329	370	348	267	151	47	0	0	**156**
8.....16	79	166	294	437	522	554	534	461	338	197	94	59	**311**
9.....15	225	335	478	618	686	706	689	630	516	366	238	197	**473**
10.....14	355	472	617	749	800	812	798	750	647	499	363	325	**598**
11.....13	433	552	676	824	867	874	861	819	722	576	436	403	**671**
.....12.....	460	581	726	854	894	899	887	847	851	604	463	430	**699**

ANKARA İÇİN SICAKLIKLAR, GÜNEŞLENME SÜRELERİ VE IŞINIM DEĞERLERİ

Enlem: 39,6° **Yükseklik:** 894 m

	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	ORTALAMA
Çevre Sıcaklığı (°C)	8,6	9,6	11,1	15,5	20,4	25,0	27,6	27,3	23,3	18,4	14,3	10,6	**17,6**
Maks. - Min. Sıcaklık Farkı (°C)	6,5	7,6	8,6	10,3	11,1	11,4	11,3	11,4	11,1	9,7	7,9	6,7	**9,5**
Şebeke Suyu Sıcaklığı (°C)	12,3	11,5	13,1	16,6	21,2	26,2	29,8	31,0	29,0	24,9	20,4	15,1	**20,9**
Güneşlenme Süresi (Saat / Gün)	4,4	5,3	6,3	7,7	10,4	11,3	12,2	12,2	10,5	8,0	5,7	4,5	**8,2**
Gün Uzunluğu (Saat / Gün)	9,7	10,6	11,7	13,0	14,1	14,6	14,4	13,4	12,2	11,0	9,9	9,4	**12,0**
	YATAY DÜZLEME GELEN GÜNLÜK IŞINIM (MJ / m² - gün)												
Toplam Güneş Işınımı	6,6	9,4	13,2	17,6	22,4	24,0	24,6	23,0	18,4	12,6	8,1	6,1	**15,5**
Direkt Güneş Işınımı	3,1	4,7	7,1	10,0	14,4	15,8	17,0	16,5	12,6	7,8	4,3	2,9	**9,7**
Açık Hava Toplam Güneş Işınımı	8,9	12,6	17,5	22,7	26,0	27,4	26,7	24,1	19,6	14,2	9,9	8,0	**18,1**
Atmosfer Dışı Güneş Işınımı	16,1	21,3	27,9	34,7	39,4	41,3	40,3	36,5	30,3	23,2	17,3	14,7	**28,6**
EĞİM (°)	EĞİK DÜZLEME GELEN GÜNLÜK IŞINIM (MJ / m² - gün)												
20	8,7	11,5	14,9	18,3	22,1	23,0	23,8	23,6	20,6	15,5	10,7	8,2	**16,7**
30	9,4	12,1	15,2	18,1	21,2	21,8	22,7	23,1	21,0	16,4	11,6	9,0	**16,8**
40	9,9	12,5	15,3	17,5	20,0	20,3	21,2	22,1	20,9	17,0	12,3	9,6	**16,5**
50	10,2	12,6	15,0	16,6	18,4	18,4	19,3	20,6	20,2	17,1	12,6	10,0	**15,9**
60	10,3	12,5	14,3	15,3	16,4	16,2	17,1	18,8	19,2	16,8	12,7	10,1	**15,0**
SAAT	AÇIK HAVADA YATAY DÜZLEME GELEN ANLIK TOPLAM IŞINIM (W / m²)												
6.....18	0	0	0	56	130	168	151	85	11	0	0	0	**50**
7.....17	0	27	106	217	306	346	328	255	148	49	0	0	**148**
8.....16	79	159	278	408	492	524	509	444	330	198	98	60	**298**
9.....15	212	317	451	580	649	673	661	610	505	360	239	184	**453**
10.....14	330	444	582	704	760	777	768	729	634	492	360	299	**573**
11.....13	400	517	657	775	824	837	829	797	708	567	431	367	**642**
.....12.....	425	544	685	803	850	861	854	824	736	595	457	391	**668**

İZMİR İÇİN SICAKLIKLAR, GÜNEŞLENME SÜRELERİ VE IŞINIM DEĞERLERİ
Enlem: 38,2° **Yükseklik:** 25 m

	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	ORTALAMA
Çevre Sıcaklığı (°C)	10,1	10,7	12,8	16,4	20,5	25,0	28,2	28,1	24,9	20,3	15,6	11,9	**18,7**
Maks. - Min. Sıcaklık Farkı (°C)	8,6	9,0	9,5	9,6	9,2	10,4	10,8	10,9	11,2	10,9	10,7	8,7	**10,0**
Şebeke Suyu Sıcaklığı (°C)	13,8	12,7	13,9	16,1	19,5	23,5	26,8	28,5	27,8	25,2	21,5	17,0	**20,5**
Güneşlenme Süresi (Saat / Gün)	5,2	5,8	6,7	8,0	10,2	11,9	12,2	11,8	10,1	8,2	7,0	5,3	**8,5**
Gün Uzunluğu (Saat / Gün)	9,8	10,7	11,8	12,9	13,9	14,5	14,2	13,4	12,2	11,0	10,0	9,6	**12,0**
	YATAY DÜZLEME GELEN GÜNLÜK IŞINIM (MJ / m² - gün)												
Toplam Güneş Işınımı	7,6	10,3	14,0	18,2	22,4	24,8	14,8	22,8	18,5	13,3	9,6	7,1	**16,1**
Direkt Güneş Işınımı	3,9	5,4	7,7	10,7	14,3	16,9	17,3	16,0	12,4	8,3	5,7	3,6	**10,2**
Açık Hava Toplam Güneş Işınımı	9,7	13,3	18,1	23,0	26,2	27,4	26,8	24,3	20,0	14,9	10,8	8,8	**18,6**
Atmosfer Dışı Güneş Işınımı	17,2	22,3	28,7	35,1	39,5	41,2	40,3	36,8	31,0	24,1	18,3	15,7	**29,2**
EĞİM (°)	EĞİK DÜZLEME GELEN GÜNLÜK IŞINIM (MJ / m² - gün)												
20	10,0	12,5	15,7	18,9	21,9	23,5	23,9	23,2	20,4	16,1	12,8	9,6	**17,4**
30	10,9	13,2	16,0	18,6	21,0	22,3	22,7	22,6	20,7	17,0	13,9	10,5	**17,5**
40	11,5	13,6	16,0	18,0	19,7	20,6	21,1	21,6	20,5	17,5	14,8	11,2	**17,2**
50	11,8	13,7	15,6	17,0	18,0	18,6	19,1	20,1	19,8	17,5	15,2	11,6	**16,5**
60	11,9	13,4	14,9	15,6	16,1	16,2	16,8	18,2	18,7	17,2	15,3	11,8	**15,5**
SAAT	AÇIK HAVADA YATAY DÜZLEME GELEN ANLIK TOPLAM IŞINIM (W / m²)												
6.....18	0	0	0	53	123	159	143	81	10	0	0	0	**47**
7.....17	0	32	110	217	302	340	322	252	150	54	1	0	**148**
8.....16	92	172	288	412	493	523	508	446	337	210	114	73	**305**
9.....15	233	336	466	589	655	677	666	616	515	381	265	206	**467**
10.....14	360	467	600	716	770	784	776	738	647	514	393	326	**590**
11.....13	428	543	677	789	836	847	840	808	723	591	468	397	**662**
.....12.....	454	570	706	818	863	872	866	836	752	619	495	422	**689**

ANTALYA İÇİN SICAKLIKLAR, GÜNEŞLENME SÜRELERİ VE IŞINIM DEĞERLERİ
Enlem: 36,5° **Yükseklik:** 42 m

	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	ORTALAMA
Çevre Sıcaklığı (°C)	9,3	10,3	12,9	17,0	21,3	25,1	27,6	28,1	25,2	20,8	15,7	11,1	**18,7**
Maks. - Min. Sıcaklık Farkı (°C)	9,4	10,1	11,2	12,2	13,2	11,9	11,8	12,4	14,0	14,1	12,3	10,1	**11,9**
Şebeke Suyu Sıcaklığı (°C)	14,5	13,4	15,1	17,4	20,7	24,3	27,3	29,0	28,6	25,9	21,2	17,4	**21,2**
Güneşlenme Süresi (Saat / Gün)	4,8	5,7	6,4	7,5	9,8	11,1	11,5	11,1	9,8	7,7	6,2	5,2	**8,1**
Gün Uzunluğu (Saat / Gün)	9,8	10,7	11,8	12,9	14,0	14,5	14,2	13,4	12,2	11,0	10,0	9,5	**12,0**
	YATAY DÜZLEME GELEN GÜNLÜK IŞINIM (MJ / m² - gün)												
Toplam Güneş Işınımı	7,3	10,2	13,6	17,7	21,9	24,0	24,1	22,1	18,1	12,8	8,9	7,0	**15,6**
Direkt Güneş Işınımı	3,5	5,3	7,3	10,1	13,7	15,8	16,2	15,0	11,9	7,7	4,9	3,5	**9,6**
Açık Hava Toplam Güneş Işınımı	9,6	13,2	18,1	23,1	26,2	27,4	26,7	24,2	19,9	14,8	10,6	8,7	**18,5**
Atmosfer Dışı Güneş Işınımı	17,1	22,2	28,7	35,1	39,5	41,2	40,3	36,7	30,9	24,1	18,3	15,7	**29,2**
EĞİM (°)	EĞİK DÜZLEME GELEN GÜNLÜK IŞINIM (MJ / m² - gün)												
20	9,5	12,3	15,2	18,3	21,4	22,8	23,1	22,4	19,9	15,5	11,7	9,4	**16,8**
30	10,3	13,0	15,5	18,0	20,6	21,6	22,0	21,9	20,2	16,3	12,7	10,3	**16,9**
40	10,8	13,4	15,5	17,4	19,3	20,0	20,5	20,9	20,0	16,8	13,4	11,0	**16,6**
50	11,1	13,5	15,1	16,4	17,7	18,1	18,6	19,4	19,3	16.8	13,7	11,4	**15,9**
60	11,2	13,2	14,5	15,1	15,8	15,8	16,4	17,6	18,2	16,5	13,8	11,5	**15,0**
SAAT	AÇIK HAVADA YATAY DÜZLEME GELEN ANLIK TOPLAM IŞINIM (W / m²)												
6.....18	0	0	0	53	124	160	143	81	10	0	0	0	**47**
7.....17	0	32	110	218	303	340	321	251	149	54	1	0	**148**
8.....16	91	172	288	414	493	523	443	335	208	111	72	72	**304**
9.....15	231	335	467	591	655	676	663	613	513	377	259	205	**465**
10.....14	353	465	601	719	770	783	774	734	644	509	385	324	**588**
11.....13	425	541	678	793	836	945	837	803	719	586	458	395	**659**
.....12.....	451	569	707	821	863	870	863	831	748	614	485	420	**686**

ADANA İÇİN SICAKLIKLAR, GÜNEŞLENME SÜRELERİ VE IŞINIM DEĞERLERİ

Enlem: 36,6° **Yükseklik:** 20 m

	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	ORTALAMA
Çevre Sıcaklığı (°C)	5,2	6,0	8,0	12,6	17,4	21,6	24,2	23,9	19,7	15,4	11,3	7,5	**14,4**
Maks. - Min. Sıcaklık Farkı (°C)	7,5	8,4	10,0	11,7	12,4	13,6	13,9	14,2	13,6	12,1	9,7	7,8	**11,2**
Şebeke Suyu Sıcaklığı (°C)	9,2	8,0	9,2	12,2	16,6	21,2	24,2	25,2	23,9	19,7	15,9	11,9	**16,5**
Güneşlenme Süresi (Saat / Gün)	2,9	3,8	4,3	5,9	9,0	10,5	11,5	10,6	8,7	6,3	4,8	3,4	**6,8**
Gün Uzunluğu (Saat / Gün)	9,5	10,5	11,7	13,1	14,2	14,8	14,5	13,6	12,2	10,9	9,8	9,2	**12,0**
	YATAY DÜZLEME GELEN GÜNLÜK IŞINIM (MJ / m² - gün)												
Toplam Güneş Işınımı	5,1	7,7	10,9	15,4	20,7	23,2	23,7	21,0	16,2	10,7	6,9	4,9	**13,9**
Direkt Güneş Işınımı	2,0	3,3	5,0	7,9	12,4	14,7	15,8	13,9	10,0	5,8	3,3	2,0	**8,0**
Açık Hava Toplam Güneş Işınımı	8,9	12,9	18,0	24,5	27,5	28,9	28,0	24,9	19,8	14,0	9,5	7,7	**18,8**
Atmosfer Dışı Güneş Işınımı	15,0	20,3	27,1	34,2	39,3	41,3	40,2	36,1	29,6	22,2	16,2	13,5	**27,9**
EĞİM (°)	EĞİK DÜZLEME GELEN GÜNLÜK IŞINIM (MJ / m² - gün)												
20	6,5	9,2	12,1	16,1	20,5	22,3	23,1	21,6	18,1	13,0	9,0	6,5	**14,8**
30	7,0	9,7	12,4	15,9	19,8	21,2	22,1	21,2	18,4	13,7	9,8	7,1	**14,9**
40	7,4	10,0	12,4	15,4	18,7	19,8	20,8	20,4	18,3	14,1	10,4	7,6	**14,6**
50	7,5	10,1	12,1	14,6	17,3	18,1	19,0	19,1	17,8	14,2	10,7	7,9	**14,0**
60	7,6	9,9	11,6	13,6	15,6	16,0	16,9	17,5	16,9	14,0	10,8	8,0	**13,2**
SAAT	AÇIK HAVADA YATAY DÜZLEME GELEN ANLIK TOPLAM IŞINIM (W / m²)												
6.....18	0	0	0	61	139	180	160	90	11	0	0	0	**53**
7.....17	0	22	107	227	315	355	334	255	143	42	0	0	**150**
8.....16	68	151	284	421	497	529	510	438	318	182	84	48	**294**
9.....15	198	308	462	595	651	673	657	598	485	339	217	164	**445**
10.....14	315	434	596	720	759	773	760	712	608	463	333	275	**562**
11.....13	385	508	673	792	822	881	820	777	679	534	401	341	**630**
.....12.....	410	535	702	820	847	855	844	803	706	561	426	364	**656**

BURSA İÇİN SICAKLIKLAR, GÜNEŞLENME SÜRELERİ VE IŞINIM DEĞERLERİ
Enlem: 40,1° **Yükseklik:** 100 m

EK 3.3

Hız (m/s)	Hız Basıncı (Pa)	Hız (m/s))	Hız Basıncı (Pa)	Hız (m/s)	Hız Basıncı (Pa)	Hız (m/s)	Hız Basıncı (Pa)	Hız (m/s)	Hız Basıncı (Pa)
1.0	0.6	10.0	60	19.0	217	28.0	472	37.0	824
1.2	0.9	10.2	63	19.2	222	28.2	479	37.2	833
1.4	1.2	10.4	65	19.4	227	28.4	486	37.4	842
1.6	1.5	10.6	68	19.6	231	28.6	493	37.6	851
1.8	2.0	10.8	70	19.8	236	28.8	499	37.8	860
2.0	2.4	11.0	73	20.0	241	29.0	506	38.0	870
2.2	2.9	11.2	76	20.2	246	29.2	513	38.2	879
2.4	3.5	11.4	78	20.4	251	29.4	521	38.4	888
2.6	4.1	11.6	81	20.6	256	29.6	528	38.6	897
2.8	4.7	11.8	84	20.8	261	29.8	535	38.8	907
3.0	5.4	12.0	87	21.0	266	30.0	542	39.0	916
3.2	6.2	12.2	90	21.2	271	30.2	549	39.2	925
3.4	7.0	12.4	93	21.4	276	30.4	557	39.4	936
3.6	7.8	12.6	96	21.6	281	30.6	564	39.6	944
3.8	8.7	12.8	99	21.8	286	30.8	571	39.8	954
4.0	9.6	13.0	102	22.0	291	31.0	579	40.0	963
4.2	10.6	13.2	105	22.2	297	31.2	586	40.2	973
4.4	11.7	13.4	108	22.4	302	31.4	594	40.4	983
4.6	12.7	13.6	111	22.6	308	31.6	601	40.6	993
4.8	13.9	13.8	115	22.8	313	31.8	609	40.8	1002
5.0	15.1	14.0	118	23.0	319	32.0	617	41.0	1012
5.2	16.3	14.2	121	23.2	324	32.2	624	41.2	1022
5.4	17.6	14.4	125	23.4	330	32.4	632	41.4	1032
5.6	18.9	14.6	128	23.6	335	32.6	640	41.6	1042
5.8	20.3	14.8	132	23.8	341	32.8	648	41.8	1052
6.0	21.7	15.0	135	24.0	347	33.0	656	42.0	1062
6.2	23.1	15.2	139	24.2	353	33.2	664	42.2	1072
6.4	24.7	15.4	143	24.4	359	33.4	672	42.4	1083
6.6	26.2	15.6	147	24.6	364	33.6	680	42.6	1093
6.8	27.8	15.8	150	24.8	370	33.8	688	42.8	1103
7.0	29.5	16.0	154	25.0	376	34.0	696	43.0	1113
7.2	31.2	16.2	158	25.2	382	34.2	704	43.2	1124
7.4	33.0	16.4	162	25.4	389	34.4	713	43.4	1134
7.6	34.8	16.6	166	25.6	395	34.6	721	43.6	1145
7.8	36.6	16.8	170	25.8	401	34.8	729	43.8	1155
8.0	38.5	17.0	174	26.0	407	35.0	738	44.0	1166
8.2	40.5	17.2	178	26.2	413	35.2	746	44.2	1176
8.4	42.5	17.4	182	26.4	420	35.4	755	44.4	1187
8.6	44.5	17.6	187	26.6	426	35.6	763	44.6	1198
8.8	46.6	17.8	191	26.8	433	35.8	772	44.8	1209
9.0	48.8	18.0	195	27.0	439	36.0	780	45.0	1219
9.2	51.0	18.2	199	27.2	446	36.2	789	45.2	1230
9.4	53.2	18.4	204	27.4	452	36.4	798	45.4	1241
9.6	55.5	18.6	208	27.6	459	36.6	807	45.6	1252
9.8	57.8	18.8	213	27.8	565	36.8	815	45.8	1263

***EK 3.3** Tablo 1.* HIZ VE HIZ BASINCI DEĞERLERİ

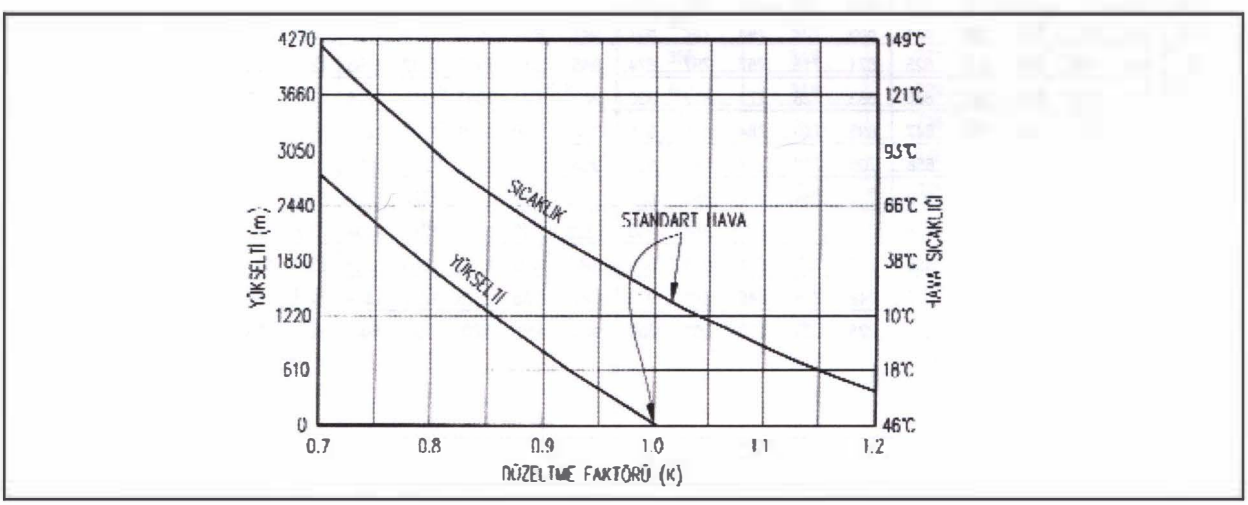
Dikdörtgen Kanal Kenarı	100	125	150	175	200	225	250	275	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	900	Dikdörtgen Kanal Kenarı
100	109																				**100**
125	122	137																			**125**
150	133	150	164																		**150**
175	143	161	177	191																	**175**
200	152	172	189	204	219																**200**
225	161	181	200	216	232	246															**225**
250	169	190	210	228	244	259	273														**250**
275	176	199	220	238	256	272	287	301													**275**
300	183	207	229	248	266	283	299	314	328												**300**
350	195	222	245	267	286	305	322	339	354	383											**350**
400	207	235	260	283	305	325	343	361	378	409	437										**400**
450	217	247	274	299	321	343	363	382	400	433	464	492									**450**
500	227	258	287	313	337	360	381	401	420	455	488	518	547								**500**
550	236	269	299	326	352	375	398	419	439	477	511	543	573	601							**550**
600	245	279	310	339	365	390	414	436	457	496	533	567	598	628	656						**600**
650	253	289	321	351	378	404	429	452	474	515	553	589	622	653	683	711					**650**
700	261	298	331	362	391	418	443	467	490	533	573	610	644	677	708	737	765				**700**
750	268	306	341	373	402	430	457	482	506	550	592	630	666	700	732	763	792	820			**750**
800	275	314	350	383	414	442	470	496	520	567	609	649	687	722	755	787	818	847	875		**800**
900	289	330	367	402	435	465	494	552	548	597	643	686	726	763	799	833	866	897	927	984	**900**
1000	301	344	384	420	454	486	517	546	574	626	674	719	762	802	840	876	911	944	976	1037	**1000**
1100	313	358	399	437	473	506	538	569	598	652	703	751	795	838	878	916	953	988	1022	1086	**1100**
1200	324	370	413	453	490	525	558	590	620	677	731	780	827	872	914	954	993	1030	1066	1133	**1200**
1300	334	382	426	468	506	543	577	610	642	701	757	808	857	904	948	990	1031	1069	1107	1177	**1300**
1400	344	394	439	482	522	559	595	629	662	724	781	835	886	934	980	1024	1066	1107	1146	1220	**1400**
1500	353	404	452	495	536	575	612	648	681	745	805	860	913	963	1011	1057	1100	1143	1183	1260	**1500**
1600	362	415	463	508	551	591	629	665	700	766	827	885	939	991	1041	1088	1133	1177	1219	1298	**1600**
1700	371	425	475	521	564	605	644	682	718	785	849	908	964	1018	1069	1118	1164	1209	1253	1335	**1700**
1800	379	434	485	533	577	619	660	698	735	804	869	930	988	1043	1096	1146	1195	1241	1286	1371	**1800**
1900	387	444	496	544	590	633	674	713	751	823	889	952	1012	1068	1122	1174	1224	1271	1318	1405	**1900**
2000	395	453	506	555	602	646	688	728	767	840	908	973	1034	1092	1147	1200	1252	1301	1348	1438	**2000**
2100	402	461	516	566	614	659	702	743	782	857	927	993	1055	1115	1172	1226	1279	1329	1378	1470	**2100**
2200	410	470	525	577	625	671	715	757	797	874	945	1013	1076	1137	1195	1251	1305	1356	1406	1501	**2200**
2300	417	478	534	587	636	683	728	771	812	890	963	1031	1097	1159	1218	1275	1330	1383	1434	1532	**2300**
2400	424	486	543	597	647	695	740	784	826	905	980	1050	1116	1180	1241	1299	1355	1409	1461	1561	**2400**
2500	430	494	552	606	658	706	753	797	840	920	996	1068	1136	1200	1262	1322	1379	1434	1488	1589	**2500**
2600	437	501	560	616	668	717	764	810	853	935	1012	1085	1154	1220	1283	1344	1402	1459	1513	1617	**2600**
2700	443	509	569	625	678	728	776	822	866	950	1028	1102	1173	1240	1304	1366	1425	1483	1538	1644	**2700**
2800	450	516	577	634	688	738	787	834	879	964	1043	1119	1190	1259	1324	1387	1447	1506	1562	1670	**2800**
2900	456	523	585	643	697	749	798	845	891	977	1058	1135	1208	1277	1344	1408	1469	1529	1586	1696	**2900**
Dikdörtgen Kanal Kenarı	**100**	**125**	**150**	**175**	**200**	**225**	**250**	**275**	**300**	**350**	**400**	**450**	**500**	**550**	**600**	**650**	**700**	**750**	**800**	**900**	**Dikdörtgen Kanal Kenarı**

***EK 3.3** Tablo 2.* EŞDEĞER SÜRTÜNME VE KAPASİTE İÇİN, DİKDÖRTGEN KESİTLİ KANALLARA EŞDEĞER YUVARLAK KANALLAR
(Ölçüler mm. cinsindendir.)

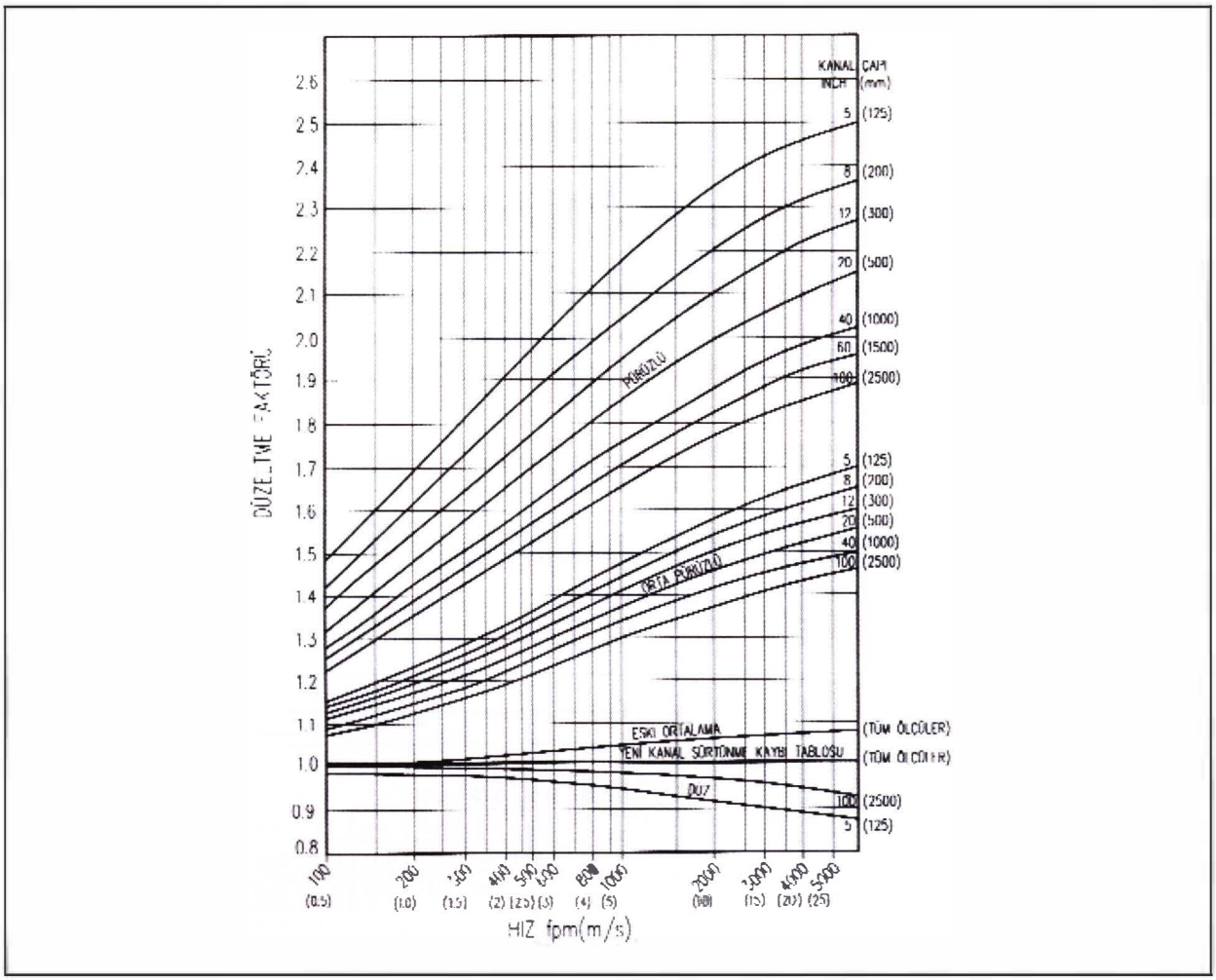
Dikdörtgen Kanal Kenarı	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	2500	2600	2700	2800	2900	Dikdörtgen Kanal Kenarı
1000	1093																				**1000**
1100	1146	1202																			**1100**
1200	1196	1256	1312																		**1200**
1300	1244	1306	1365	1421																	**1300**
1400	1289	1354	1416	1475	1530																**1400**
1500	1332	1400	1464	1526	1584	1640															**1500**
1600	1373	1444	1511	1574	1635	1693	1749														**1600**
1700	1413	1486	1555	1621	1684	1745	1803	1858													**1700**
1800	1451	1527	1598	1667	1732	1794	1854	1912	1968												**1800**
1900	1488	1566	1640	1710	1778	1842	1904	1964	2021	2077											**1900**
2000	1523	1604	1680	1753	1822	1889	1952	2014	2073	2131	2186										**2000**
2100	1558	1640	1719	1793	1865	1933	1999	2063	2124	2183	2240	2296									**2100**
2200	1591	1676	1756	1833	1906	1977	2044	2110	2173	2233	2292	2350	2405								**2200**
2300	1623	1710	1793	1871	1947	2019	2088	2155	2220	2283	2343	2402	2459	2514							**2300**
2400	1655	1744	1828	1909	1986	2060	2131	2200	2266	2330	2393	2453	2511	2568	2624						**2400**
2500	1685	1776	1862	1945	2024	2100	2173	2243	2311	2377	2441	2502	2562	2621	2678	2733					**2500**
2600	1715	1808	1896	1980	2061	2139	2213	2285	2355	2422	2487	2551	2612	2672	2730	2787	2842				**2600**
2700	1744	1839	1929	2015	2097	2177	2253	2327	2398	2466	2533	2598	2661	2722	2782	2840	2896	2952			**2700**
2800	1772	1869	1961	2048	2133	2214	2292	2367	2439	2510	2578	2644	2708	2771	2832	2891	2949	3006	3061		**2800**
2900	1800	1898	1992	2081	2167	2250	2329	2406	2480	2552	2621	2689	2755	2819	2881	2941	3001	3058	3115	3170	**2900**
	1000	**1100**	**1200**	**1300**	**1400**	**1500**	**1600**	**1700**	**1800**	**1900**	**2000**	**2100**	**2200**	**2300**	**2400**	**2500**	**2600**	**2700**	**2800**	**2900**	
Dikdörtgen Kanal Kenarı																					Dikdörtgen Kanal Kenarı

Eşdeğer yuvarlak kanal formülü:
$D_e = 1.30\ [(a.b)^{0.625} / (a+b)_{0.250}]$

EK 3.3 Tablo 2. (Devam) EŞDEĞER SÜRTÜNME VE KAPASİTE İÇİN, DİKDÖRTGEN KESİTLİ KANALLARA EŞDEĞER YUVARLAK KANALLAR
(Ölçüler mm. cinsindendir.)



EK 3.3 Şekil 5. HAVA YOĞUNLUĞU DÜZELTME FAKTÖRLERİ

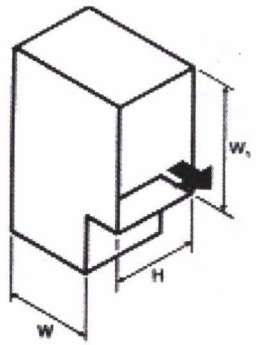


EK 3.3 Şekil 3. KANAL SÜRTÜNME KAYBI DÜZELTME FAKTÖRLERİ

Kanal Malzemesi	Pürüzlülük Sınıfı	Mutlak Pürüzlülük, E (mm)
Boyanmamış temiz karbon çeliği (0,05 mm) PVC plastik boru (0,01 - 0,05 mm) Alüminyum (0,04 - 0,06 mm)	Düzgün	0,03
Galvaniz çelik, boyuna dikişli (1200 mm. birleşme aralı) (0,05 - 0,1 mm) Galvaniz çelik, spiral dikişli (3600 mm. birleşme aralı) (0,05 - 0,12 mm)	Orta düzgün (Yeni kanal sürtünme kaybı diyagramı)	0,09
Daldırma ile galvanizlenmiş çelik, boyuna dikişli (760 mm) birleşme (0,15 mm)	Eski Ortalama	0,15
Fiberglas kanal, rijit Fiberglas kaplama kanal (içten) (1,5 mm)	Orta Pürüzlü	0,9
Fiberglas kaplama (içten spray edilerek) (4,5 mm) Metalik esnek kanal (1,2 - 2,1 mm) tamamen uzatıldığında Esnek kanal elyaflı veya telli bütün tipler tamamen uzatıldığında (1,0 - 4,6 mm) Beton (0,3 - 3,0 mm)	Pürüzlü	3,0

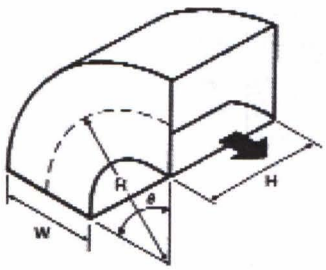
EK 3.3 Şekil 3. KANAL SÜRTÜNME KAYBI DÜZELTME FAKTÖRLERİ

EK 3.4 YEREL KAYIP KATSAYILARI



C KATSAYISI						
H/W	W_1/W					
	0.6	0.8	1.2	1.4	1.6	2.0
0.25	1.8	1.4	1.1	1.1	1.1	1.1
1.0	1.7	1.4	1.0	0.95	0.90	0.84
4.0	1.5	1.1	0.81	0.76	0.72	0.66
X	1.5	1.0	0.69	0.63	0.60	0.55

EK 3.4 Şekil 1. DİKDÖRTGEN DİRSEK, KESKİN, GENİŞLEYEN VEYA DARALAN AKIŞTA



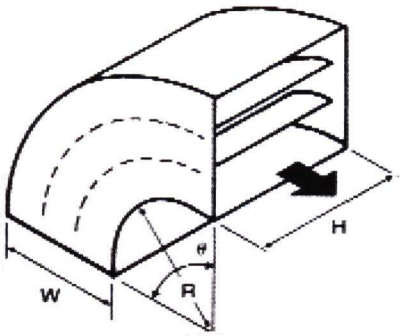
C KATSAYISI											
R/W	H/W										
	0.25	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	8.0
0.5	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2
0.75	0.57	0.52	0.48	0.44	0.40	0.39	0.39	0.40	0.42	0.43	0.44
1.0	0.27	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18	0.18	0.19	0.20	0.27	0.21
1.5	0.22	0.20	0.19	0.17	0.15	0.14	0.14	0.15	0.16	0.17	0.17
2.0	0.20	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13	0.13	0.14	0.14	0.15	0.15

Re SAYISI İÇİN DÜZELTME SAYISI									
R/W	Re 10^{-4}								
	1	2	3	4	6	8	10	14	≥20
0.5	1.40	1.26	1.19	1.14	1.09	1.06	1.04	1.0	1.0
≥0.75	2.0	1.77	1.64	1.56	1.46	1.38	1.30	1.15	1.0

Re = 66.4 DV
Burada :
D = kanal çapı (mm)
V = kanaldaki hız (m/s)
Dikdörtgen kanallar için:

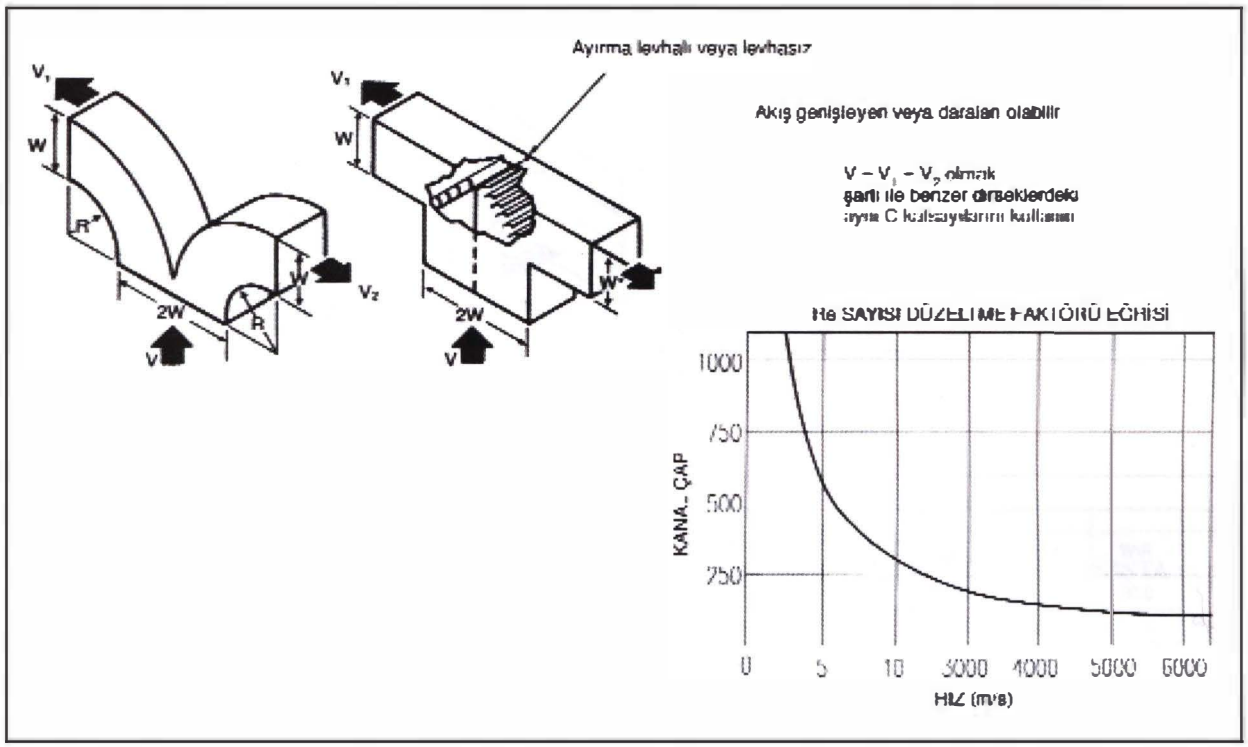
$$D = \frac{2\,HW}{H + W}$$

EK 3.4 Şekil 2. DİKDÖRTGEN DİRSEK, KANATSIZ GENİŞ AÇILI

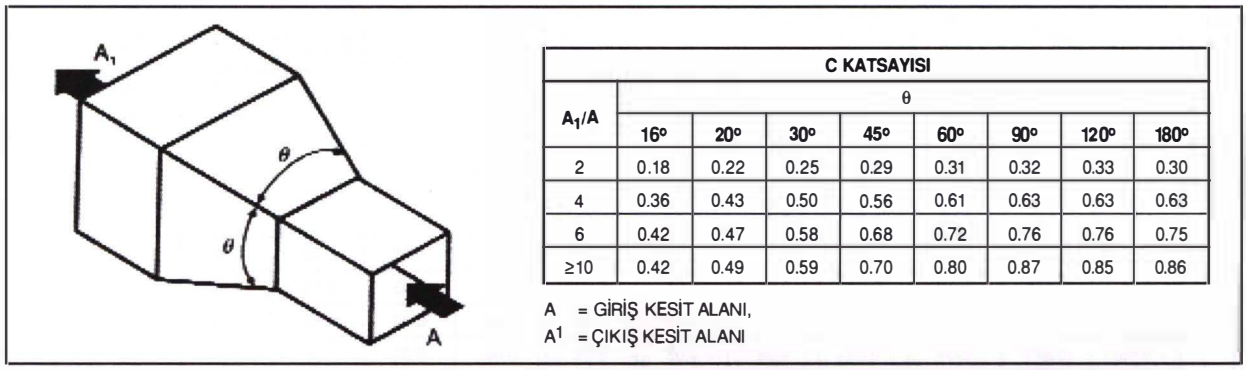


C KATSAYISI													
	R/W	CR	H/W										
			0.25	0.5	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0
1 KANATLI	0.05	0.218	0.52	0.40	0.43	0.49	0.55	0.66	0.75	0.84	0.93	1.0	1.1
	0.10	0.302	0.36	0.27	0.25	0.28	0.30	0.35	0.39	0.42	0.46	0.49	0.52
	0.15	0.361	0.28	0.21	0.18	0.19	0.20	0.22	0.25	0.26	0.28	0.30	0.32
	0.20	0.408	0.22	0.16	0.14	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19	0.20	0.21
	0.25	0.447	0.18	0.13	0.11	0.11	0.11	0.12	0.13	0.14	0.14	0.15	0.15
	0.30	0.480	0.15	0.11	0.09	0.09	0.09	0.09	0.10	0.10	0.11	0.11	0.12
	0.35	0.509	0.13	0.09	0.08	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.09
	0.40	0.535	0.11	0.08	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07
	0.45	0.557	0.10	0.07	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06
	0.50	0.577	0.09	0.06	0.06	0.05	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05
2 KANATLI	0.05	0.362	0.26	0.20	0.22	0.25	0.28	0.33	0.37	0.41	0.45	0.48	0.51
	0.10	0.450	0.17	0.13	0.11	0.12	0.13	0.15	0.16	0.17	0.19	0.20	0.21
	0.15	0.507	0.12	0.09	0.08	0.08	0.08	0.09	0.10	0.10	0.11	0.11	0.11
	0.20	0.550	0.09	0.07	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07
	0.25	0.585	0.08	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
	0.30	0.613	0.06	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04
	0.35	0.638	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
	0.40	0.659	0.05	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
	0.45	0.677	0.04	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
	0.50	0.693	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
3 KANATLI	0.05	0.476	0.11	0.10	0.12	0.13	0.14	0.16	0.18	0.19	0.21	0.22	0.23
	0.10	0.549	0.07	0.05	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08	0.09
	0.15	0.601	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05
	0.20	0.639	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
	0.25	0.669	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
	0.30	0.693	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
	0.35	0.714	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
	0.40	0.731	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
	0.45	0.746	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
	0.50	0.760	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

***EK 3.4** Şekil 3.* DİKDÖRTGEN DİRSEK, KANATSIZ GENİŞ AÇILI



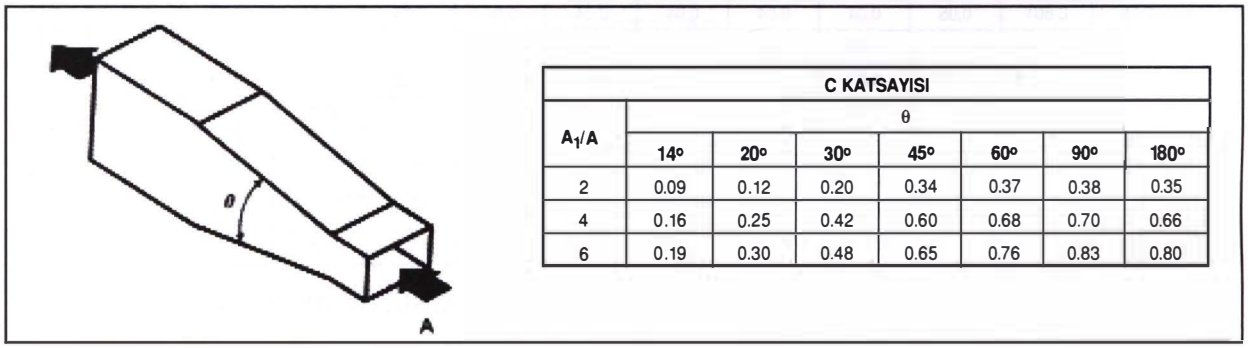
EK 3.4 Şekil 4. 90° DİKDÖRTGEN DİRSEK, W VEYA T AYRILMA



C KATSAYISI								
A_1/A	θ							
	16°	20°	30°	45°	60°	90°	120°	180°
2	0.18	0.22	0.25	0.29	0.31	0.32	0.33	0.30
4	0.36	0.43	0.50	0.56	0.61	0.63	0.63	0.63
6	0.42	0.47	0.58	0.68	0.72	0.76	0.76	0.75
≥10	0.42	0.49	0.59	0.70	0.80	0.87	0.85	0.86

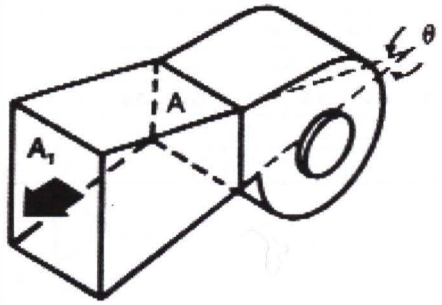
A = GİRİŞ KESİT ALANI,
A^1 = ÇIKIŞ KESİT ALANI

EK 3.4 Şekil 5. DİKDÖRTGEN KANAL GEÇİŞ



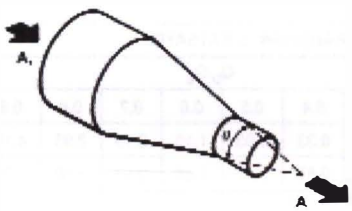
C KATSAYISI							
A_1/A	θ						
	14°	20°	30°	45°	60°	90°	180°
2	0.09	0.12	0.20	0.34	0.37	0.38	0.35
4	0.16	0.25	0.42	0.60	0.68	0.70	0.66
6	0.19	0.30	0.48	0.65	0.76	0.83	0.80

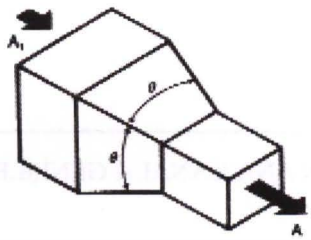
EK 3.4 Şekil 6. KENARLAR DÜZ DİKDÖRTGEN KANAL GENİŞ PARÇASI

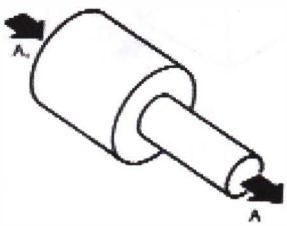


C KATSAYISI						
A_1/A	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
θ						
10°	0.05	0.07	0.09	0.10	0.11	0.11
15°	0.06	0.09	0.11	0.13	0.13	0.14
20°	0.07	0.10	0.13	0.15	0.16	0.16
25°	0.08	0.13	0.16	0.19	0.21	0.23
30°	0.16	0.24	0.29	0.32	0.34	0.35
35°	0.24	0.34	0.39	0.44	0.48	0.50

***EK 3.4** Şekil 7.* FANA GÖRE SİMETRİK, KENARLAR DÜZ GEÇİŞ PARÇASI

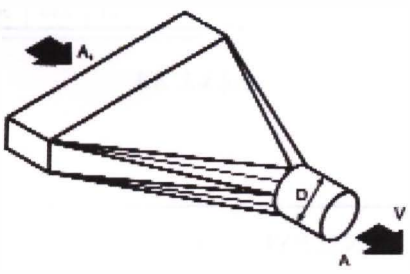






C KATSAYISI							
A_1/A	θ						
	10°	15° - 40°	50° - 60°	90°	120°	150°	180°
2	0.05	0.05	0.06	0.12	0.18	0.24	0.26
4	0.05	0.04	0.07	0.17	0.27	0.35	0.41
6	0.05	0.04	0.07	0.18	0.28	0.36	0.42
10	0.05	0.05	0.08	0.19	0.29	0.37	0.43

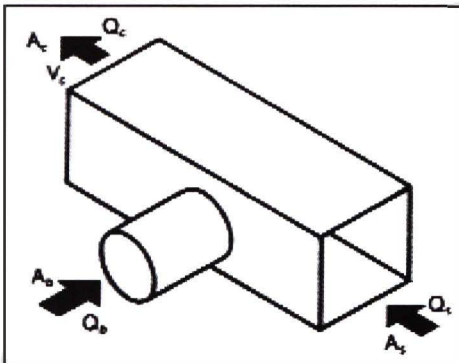
***EK 3.4** Şekil 8.* YUVARLAK VEYA DİKDÖRTGEN REDÜKSİYON



C KATSAYISI								
$Re10^{-4}$	1	2	4	6	8	10	20	≥ 40
C	0.27	0.25	0.20	0.17	0.14	0.11	0.04	0

Re = 66,4 D.V (Metrik birim)

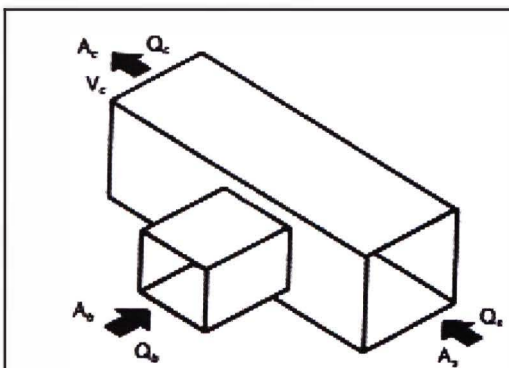
***EK 3.4** Şekil 9.* DİKDÖRTGENDEN YUVARLAK KESİTE REDÜKSİYON



BRANŞMAN, C KATSAYISI										
V_c (m/s)	Q_b/Q_c									
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
< (6)	-.63	-.55	0.13	0.23	0.78	1.30	1.93	3.10	4.88	5.60
> (6)	-.49	-.21	0.23	0.60	1.27	2.06	2.75	3.70	4.93	5.95

A_b/A_s	A_s/A_c	A_b/A_c
0.5	1.0	0.5

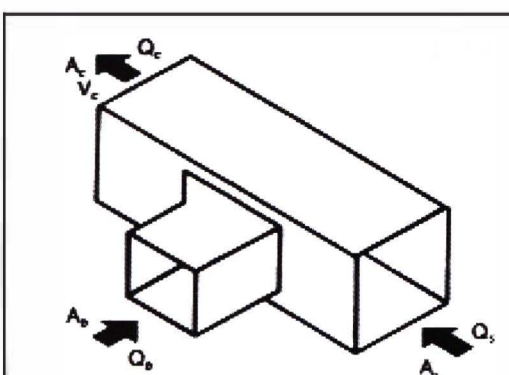
EK 3.4 Şekil 10. YUVARLAK BRANŞTAN DİKDÖRTGEN ANA KANALA GENİŞLEYEN T BAĞLANTI



BRANŞMAN, C KATSAYISI										
V_c (m/s)	Q_b/Q_c									
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
< (6)	-.75	-.53	-.03	0.33	1.03	1.10	2.15	2.93	4.18	4.78
> (6)	-.69	-.21	0.23	0.67	1.17	1.66	2.67	3.36	3.93	5.13

A_b/A_s	A_s/A_c	A_b/A_c
0.5	1.0	0.5

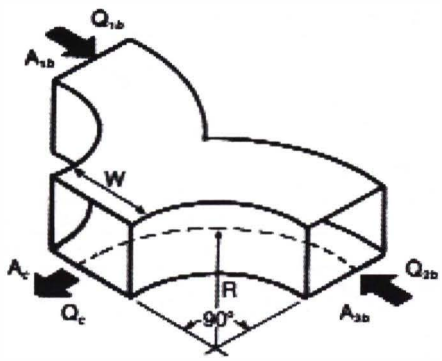
EK 3.4 Şekil 11. DİKDÖRTGEN BRANŞTAN DİKDÖRTGEN ANA KANALA GENİŞLEYEN T BAĞLANTI



BRANŞMAN, C KATSAYISI										
V_c (m/s)	Q_b/Q_c									
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
< (6)	-.83	-.68	-.30	0.28	0.55	1.03	1.50	1.93	2.50	3.03
> (6)	-.72	-.52	-.23	0.34	0.76	1.14	1.83	2.01	2.90	3.63

A_b/A_s	A_s/A_c	A_b/A_c
0.5	1.0	0.5

EK 3.4 Şekil 12. ANA KANALA 45° BRANŞ GİRİŞİ, GENŞLEYEN T BAĞLANTI

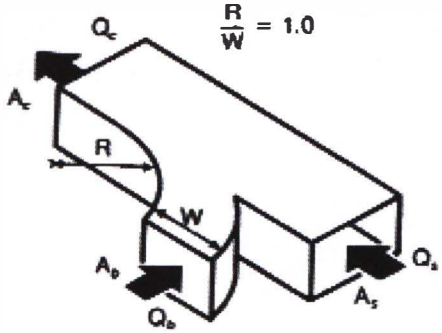


ANA KANAL, C KATSAYISI											
$\frac{A_s}{A_c}$	$\frac{A_b}{A_c}$	Q_b/Q_s									
		0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
0.3	0.2	5.3	-.01	2.0	1.1	0.34	-.20	-.61	-.93	-1.2	-1.4
	0.3	5.4	3.7	2.5	1.6	1.0	0.53	0.16	-.14	-.38	-.58
0.4	0.2	1.9	1.1	0.46	-.07	-.49	-.83	-1.1	-1.3	-1.5	-1.7
	0.3	2.0	1.4	0.81	0.42	0.08	-.20	-.43	-.62	-.78	-.92
	0.4	2.0	1.5	1.0	0.68	0.39	0.16	-.04	-.21	-.35	-.47
0.5	0.2	0.77	0.34	-.09	-.48	-.81	-1.1	1.3	-1.5	-1.7	-1.8
	0.3	0.85	0.56	0.25	-.03	-.27	-.48	-.67	-.82	-.96	-1.1
	0.4	0.88	0.66	0.43	0.21	0.02	-.15	-.30	-.42	-.54	-.64
	0.5	0.91	0.73	0.54	0.36	0.21	0.06	-.06	-.17	-.26	-.35
0.6	0.2	0.30	0	-.34	-.67	-.96	-1.2	-1.4	-1.6	-1.8	-1.9
	0.3	0.37	0.21	-.02	-.24	-.44	-.63	-.79	-.93	-1.1	-1.2
	0.4	0.40	0.31	0.16	-.01	-.16	-.30	-.43	-.54	-.64	-.73
	0.5	0.43	0.37	0.26	0.14	0.02	-.09	-.20	-.29	-.37	-.45
	0.6	0.44	0.41	0.33	0.24	0.14	0.05	-.03	-.11	-.18	-.25
0.8	0.2	-.06	-.27	-.57	-.86	-1.1	-1.4	-1.6	-1.7	-1.9	-2.0
	0.3	0	-.08	-.25	-.43	-.62	-.78	-.93	-1.1	-1.2	-1.3
	0.4	0.04	0.02	-.08	-.21	-.34	-.46	-.57	-.67	-.77	-.85
	0.5	0.06	0.08	0.02	-.06	-.16	-.25	-.34	-.42	-.50	-.57
	0.6	0.07	0.12	0.09	0.03	-.04	-.11	-.18	-.25	-.31	-.37
	0.7	0.08	0.15	0.14	0.10	0.05	-.01	-.07	-.12	-.17	-.22
	0.8	0.09	0.17	0.18	0.16	0.11	0.07	0.02	-.02	-.07	-.11
1.0	0.2	–	-.39	-.67	-.96	-1.2	-1.5	-1.6	-1.8	-2.0	-2.1
	0.3	–	-.19	-.35	-.54	-.71	-.87	-1.0	-1.2	-1.3	-1.4
	0.4	–	-.10	-.19	-.31	-.43	-.55	-.66	-.77	-.86	-.94
	0.5	–	-.04	-.09	-.17	-.26	-.35	-.44	-.52	-.59	-.66
	0.6	–	0	-.02	-.07	-.14	-.21	-.28	-.34	-.40	-.46
	0.8	–	0.06	0.07	0.05	0.02	-.03	-.07	-.12	-.16	-.20
	1.0	–	0.09	0.13	0.13	0.11	0.08	0.06	0.03	-.01	-.03

C KATSAYISI		
A_{1b}/A_c veya A_{2b}/A_c	0.50	1.0
C	0.23	0.07

$$\frac{R}{W} = 1.5 \qquad \frac{Q_{1b}}{Q_c} = \frac{Q_{2b}}{Q_c} = 0.5$$

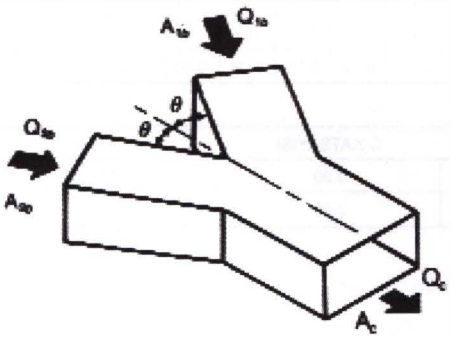
***EK 3.4** Şekil 13.* DİKDÖRTGEN SİMETRİK W (PANTALON) PARÇASI



BRANŞMAN, C KATSAYISI										
		Q_b/Q_c								
A_b/A_s	A_b/A_c	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.25	0.25	-.50	0	0.50	1.2	2.2	3.7	5.8	8.4	11
0.33	0.25	-1.2	-.40	0.40	1.6	3.0	4.8	6.8	8.9	11
0.5	0.5	-.50	-.20	0	0.25	0.45	0.70	1.0	1.5	2.0
0.67	0.5	-1.0	-.60	-.20	0.10	0.30	0.60	1.0	1.5	2.0
1.0	0.5	-2.2	-1.5	-.95	-.50	0	0.40	0.80	1.3	1.9
1.0	1.0	-.60	-.30	-.10	-.04	0.13	0.21	0.29	0.36	0.42
1.33	1.0	-1.2	-.80	-.40	-.20	0	0.16	0.24	0.32	0.38
2.0	1.0	-2.1	-1.4	-.90	-.50	-.20	0	0.20	0.25	0.30

ANA KANAL, C KATSAYISI										
		Q_b/Q_c								
A_s/A_c	A_b/A_c	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.75	0.25	0.30	0.30	0.20	-.10	-.45	-.92	-1.5	-2.0	-2.6
1.0	0.5	0.17	0.16	0.10	0	-0.08	-.18	-.27	-.37	-.46
0.75	0.5	0.27	0.35	0.32	0.25	0.12	-.03	-.23	-.42	-.58
0.5	0.5	1.2	1.1	0.90	0.65	0.35	0	-.40	-.80	-1.3
1.0	1.0	0.18	0.24	0.27	0.26	0.23	0.18	0.10	0	-.12
0.75	1.0	0.75	0.36	0.38	0.35	0.27	0.18	0.05	-.08	-.22
0.5	1.0	0.80	0.87	0.80	0.68	0.55	0.40	0.25	0.08	-.10

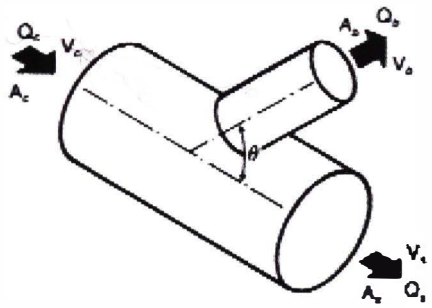
EK 3.4 Şekil 14. GENİŞLEYEN W, DİKDÖRTGEN



C KATSAYISI											
θ	Q_{1b}/Q_c or Q_{2b}/Q_c										
	0	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.0
15°	-2.6	-1.9	-1.3	-.77	-.30	0.10	0.41	0.67	0.85	0.97	1.0
30°	-2.1	-1.5	-1.0	-.53	-.10	0.28	0.69	0.91	1.1	1.4	1.6
45°	-1.3	-.93	-.55	-.16	0.20	0.56	0.92	1.26	1.6	2.0	2.3

$A_{1b} = A_{2b}$
$A_c = A_{1b} + A_{2b}$
olduğu durumda

EK 3.4 Şekil 15. YUVARLAK VEYA DİKDÖRTGEN W (PANTALON) PARÇA



ANA KANAL, C KATSAYISI									
V_s/V_c	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0
C	0.35	0.28	0.22	0.17	0.13	0.09	0.06	0.02	0

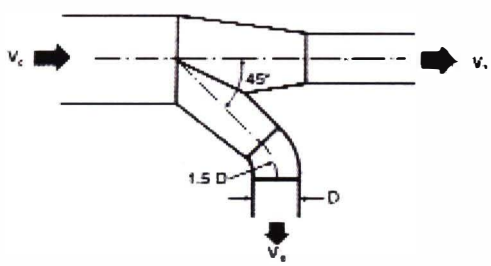
W θ = 30° :	BRANŞMAN, C KATSAYISI								
	Q_b/Q_c								
A_b/A_c	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.8	0.75	0.55	0.40	0.28	0.21	0.16	0.15	0.16	0.19
0.7	0.72	0.51	0.36	0.25	0.18	0.16	0.16	0.20	0.26
0.6	0.69	0.46	0.31	0.21	0.17	0.16	0.20	0.28	0.39
0.5	0.65	0.41	0.26	0.19	0.18	0.22	0.32	0.47	0.67
0.4	0.59	0.33	0.21	0.20	0.27	0.40	0.62	0.92	1.3
0.3	0.55	0.28	0.24	0.38	0.76	1.3	2.0	–	–
0.2	0.40	0.26	0.58	1.3	2.5	–	–	–	–
0.1	0.28	1.5	–	–	–	–	–	–	–

W θ = 45° :	BRANŞMAN, C KATSAYISI								
	Q_b/Q_c								
A_b/A_c	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.8	0.78	0.62	0.49	0.40	0.34	0.31	0.32	0.35	0.40
0.7	0.77	0.59	0.47	0.38	0.34	0.32	0.35	0.41	0.50
0.6	0.74	0.56	0.44	0.37	0.35	0.36	0.43	0.54	0.68
0.5	0.71	0.52	0.41	0.38	0.40	0.45	0.59	0.78	1.0
0.4	0.66	0.47	0.40	0.38	0.40	0.45	0.59	0.78	1.0
0.3	0.66	0.48	0.52	0.73	1.2	1.8	2.7	—	—
0.2	0.56	0.56	1.0	1.8	—	—	—	—	—
0.1	0.60	2.1	—	—	—	—	—	—	—

W θ = 60° :	BRANŞMAN, C KATSAYISI								
	Q_b/Q_c								
A_b/A_c	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.8	0.83	0.71	0.62	0.56	0.50	0.50	0.53	0.60	0.68
0.7	0.82	0.69	0.61	0.56	0.54	0.54	0.60	0.70	0.82
0.6	0.81	0.68	0.60	0.58	0.61	0.61	0.72	0.87	1.1
0.5	0.79	0.66	0.61	0.62	0.76	0.76	0.94	1.2	1.5
0.4	0.76	0.65	0.65	0.74	1.1	1.1	1.4	1.8	2.3
0.3	0.80	0.75	0.89	1.2	2.6	2.6	3.5	—	—
0.2	0.77	0.96	1.6	2.5	—	—	—	—	—
0.1	1.0	2.9	—	—	—	—	—	—	—

T θ = 90° :	BRANŞMAN, C KATSAYISI								
	Q_b/Q_c								
A_b/A_c	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.8	0.95	0.92	0.92	0.93	0.94	0.95	1.1	1.2	1.4
0.7	0.95	0.94	0.95	0.98	1.0	1.1	1.2	1.4	1.6
0.6	0.96	0.97	1.0	1.1	1.1	1.2	1.4	1.7	2.0
0.5	0.97	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5	1.8	2.1	2.5
0.4	0.99	1.1	1.3	1.5	1.7	2.0	2.4	—	—
0.3	1.1	1.4	1.8	2.3	—	—	—	—	—
0.2	1.3	1.9	2.9	—	—	—	—	—	—
0.1	2.1	—	—	—	—	—	—	—	—

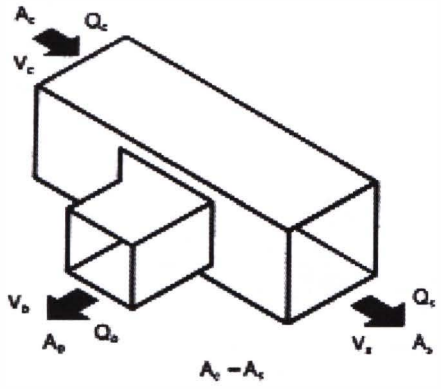
***EK 3.4** Şekil 16.* YUVARLAK T VEYA W PARÇA, 30 - 90°



BRANŞMAN, C KATSAYISI									
V_b/V_c	0.2	0.4	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2
C	0.76	0.60	0.52	0.50	0.51	0.52	0.56	0.61	0.68
V_b/V_c	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.4	2.8	3.0
C	0.86	1.1	1.4	1.8	2.2	2.6	3.9	3.7	4.2

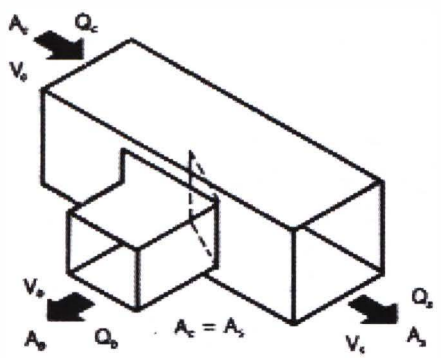
ANA KANAL, C KATSAYISI										
V_b/V_c	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
C	0.14	0.06	0.05	0.09	0.18	0.3	0.46	0.64	0.84	1.0

***EK 3.4** Şekil 17.* 45° W, KONİK ANA KANAL VE 45° DİRSEKLİ BRANŞMAN ANA KANALA 90°



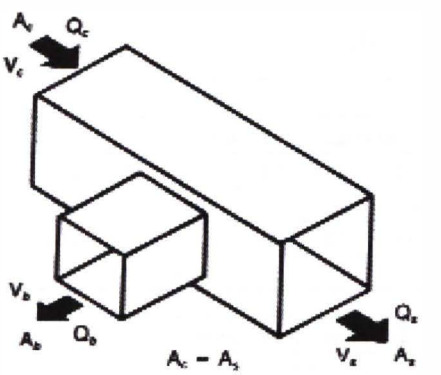
	BRANŞMAN, C KATSAYISI								
	Q_b/Q_c								
A_b/A_c	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.2	0.91								
0.4	0.81	0.79							
0.6	0.77	0.72	0.70						
0.8	0.78	0.73	0.69	0.66					
1.0	0.78	0.98	0.85	0.79	0.74				
1.2	0.90	1.11	1.16	1.23	1.03	0.86			
1.4	1.19	1.22	1.26	1.29	1.54	1.25	0.92		
1.6	1.35	1.42	1.55	1.59	1.63	1.50	1.31	1.09	
1.8	1.44	1.50	1.75	1.74	1.72	2.24	1.63	1.40	1.17

EK 3.4 Şekil 18. T PARÇA, 45° GİRİŞ, BRANŞMAN VE ANA KANAL DİKDÖRTGEN



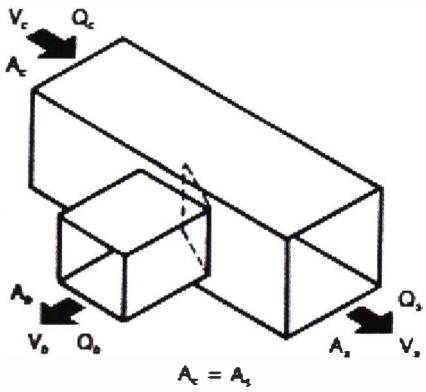
	BRANŞMAN, C KATSAYISI								
	Q_b/Q_c								
A_b/A_c	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.2	0.61								
0.4	0.46	0.61							
0.6	0.43	0.50	0.54						
0.8	0.39	0.43	0.62	0.53					
1.0	0.34	0.57	0.77	0.73	0.68				
1.2	0.37	0.64	0.85	0.98	1.07	0.83			
1.4	0.57	0.71	1.04	1.16	1.54	1.36	1.18		
1.6	0.89	1.08	1.28	1.30	1.69	2.09	1.81	1.47	
1.8	1.33	1.34	2.04	1.78	1.90	2.40	2.77	2.23	1.92

EK 3.4 Şekil 19. T PARÇA, 45° GİRİŞ, DİKDÖRTGEN ANA KANAL VE DAMPERLİ BRANŞMAN



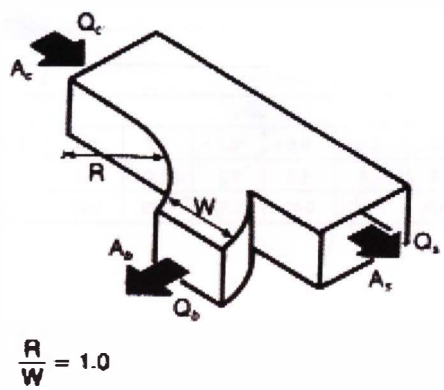
	BRANŞMAN, C KATSAYISI								
	Q_b/Q_c								
A_b/A_c	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.2	1.03								
0.4	1.04	1.01							
0.6	1.11	1.03	1.05						
0.8	1.16	1.21	1.17	1.12					
1.0	1.38	1.40	1.30	1.36	1.27				
1.2	1.52	1.61	1.68	1.91	1.47	1.66			
1.4	1.79	2.01	1.90	2.31	2.28	2.20	1.95		
1.6	2.07	2.28	2.13	2.71	2.99	2.81	2.09	2.20	
1.8	2.32	2.54	2.64	3.09	3.72	3.48	2.21	2.29	2.57

EK 3.4 Şekil 20. T PARÇA, BRANŞMAN VE ANA KANAL DİKDÖRTGEN



BRANŞMAN, C KATSAYISI									
	Q_b/Q_c								
A_b/A_c	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.2	0.58								
0.4	0.67	0.64							
0.6	0.78	0.76	0.75						
0.8	0.88	0.98	0.81	1.01					
1.0	1.12	1.05	1.08	1.18	1.29				
1.2	1.49	1.48	1.40	1.51	1.70	1.91			
1.4	2.10	2.21	2.25	2.29	2.32	2.48	2.53		
1.6	2.72	3.30	2.84	3.09	3.30	3.19	3.29	3.16	
1.8	3.42	4.58	3.65	3.92	4.20	4.15	4.14	4.10	4.05

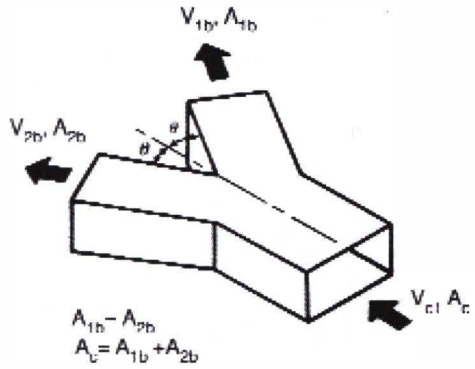
EK 3.4 Şekil 21. T PARÇA, DAMPERLİ BRANŞMAN VE ANA KANAL DİKDÖRTGEN



BRANŞMAN, C KATSAYISI										
		Q_b/Q_c								
A_b/A_s	A_b/A_c	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.25	0.25	0.55	0.50	0.60	0.85	1.2	1.8	3.1	4.4	6.0
0.33	0.25	0.35	0.35	0.50	0.80	1.3	2.0	2.8	3.8	5.0
0.5	0.5	0.62	0.48	0.40	0.40	0.48	0.60	0.78	1.1	1.5
0.67	0.5	0.52	0.40	0.32	0.30	0.34	0.44	0.62	0.92	1.4
1.0	0.5	0.44	0.38	0.38	0.41	0.52	0.68	0.92	1.2	1.6
1.0	1.0	0.67	0.55	0.46	0.37	0.32	0.29	0.29	0.30	0.37
1.33	1.0	0.70	0.60	0.51	0.42	0.34	0.28	0.26	0.26	0.29
2.0	1.0	0.60	0.52	0.43	0.33	0.24	0.17	0.15	0.17	0.21

BRANŞMAN, C KATSAYISI										
		Q_b/Q_c								
A_b/A_s	A_b/A_c	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.25	0.25	-.01	-.03	-.01	0.05	0.13	0.21	0.29	0.38	0.46
0.33	0.25	0.08	0	-.02	-.01	0.02	0.08	0.16	0.24	0.34
0.5	0.5	-.03	-.06	-.05	0	0.06	0.12	0.19	0.27	0.35
0.67	0.5	0.04	-.02	-.04	-.03	-.01	0.04	0.12	0.23	0.37
1.0	0.5	0.72	0.48	0.28	0.13	0.05	0.04	0.09	0.18	0.30
1.0	1.0	-.02	-.04	-.04	-.01	0.06	0.13	0.22	0.30	0.38
1.33	1.0	0.10	0	0.01	-.03	-.01	0.03	0.10	0.20	0.30
2.0	1.0	0.62	0.38	0.23	0.13	0.08	0.05	0.06	0.10	0.20

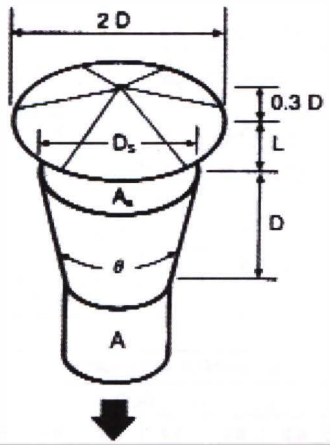
EK 3.4 Şekil 22. W PARÇA, DİKDÖRTGEN KESİTLİ



C KATSAYISI							
	V_{1b}/V_c veya V_{2b}/V_c						
θ	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8
15º	0.81	0.65	0.51	0.38	0.28	0.20	0.11
30º	0.84	0.69	0.56	0.44	0.34	0.26	0.19
45º	0.87	0.74	0.63	0.54	0.45	0.38	0.29
60º	0.90	0.82	0.79	0.66	0.59	0.53	0.43
90º	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

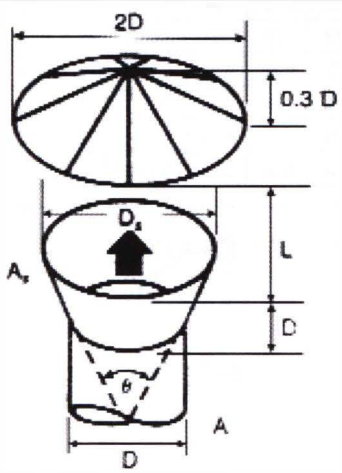
C KATSAYISI						
	V_{1b}/V_c veya V_{2b}/V_c					
θ	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
15º	0.06	0.14	0.30	0.51	0.76	1.0
30º	0.15	0.15	0.30	0.51	0.76	1.0
45º	0.24	0.23	0.30	0.51	0.76	1.0
60º	0.36	0.33	0.39	0.51	0.76	1.0
90º	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

EK 3.4 Şekil 23. W PARÇA, DİKDÖRTGEN VEYA YUVARLAK



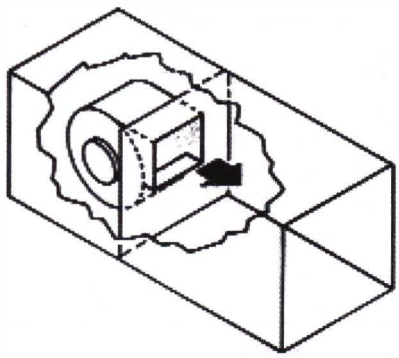
C KATSAYISI								
	L/D							
θ	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0º	1.8	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1
15º	0.77	0.60	0.48	0.41	0.30	0.29	0.28	0.25

EK 3.4 Şekil 24. EMİŞ AĞZI



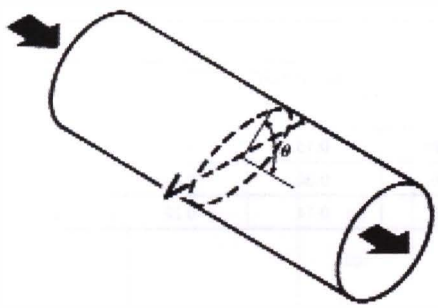
C KATSAYISI										
	L/D									
θ	0.1	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0
0º	4.0	2.3	1.9	1.6	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0
15º	2.6	1.2	1.0	0.80	0.70	0.65	0.60	0.60	0.60	0.60

EK 3.4 Şekil 25. EGZOZ ÇIKIŞI



C = 1.0 (PROFİL KANATLI - GERİYE KIVRIK)
C = 1.5 (GERİYE KIVRIK KANATLI)
C = 1.8 (ÖNE KIVRIK KANATLI)

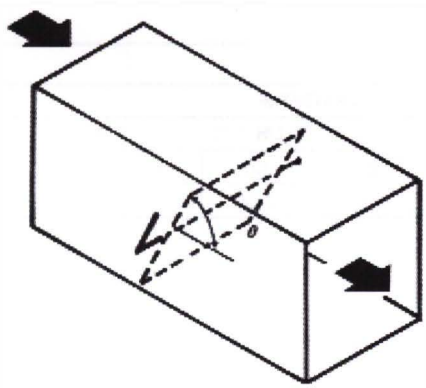
EK 3.4 Şekil 26. FAN, PLENUMA SERBEST ATIŞLI



C KATSAYISI							
θ	0°	0°	20°	30°	40°	50°	60°
C	0.20	0.52	1.5	4.5	11	29	108

0° TAM AÇIK

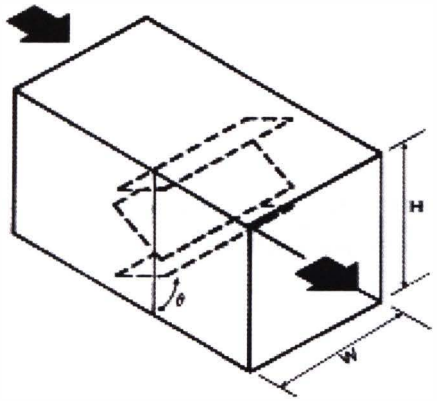
EK 3.4 Şekil 27. KELEBEK DAMPER, İNCE LEVHALI, YUVARLAK



C KATSAYISI							
θ	0°	0°	20°	30°	40°	50°	60°
C	0.04	0.04	1.2	3.3	9.0	26	70

0° TAM AÇIK

EK 3.4 Şekil 28. KELEBEK DAMPER, İNCE LEVHALI, DİKDÖRTGEN

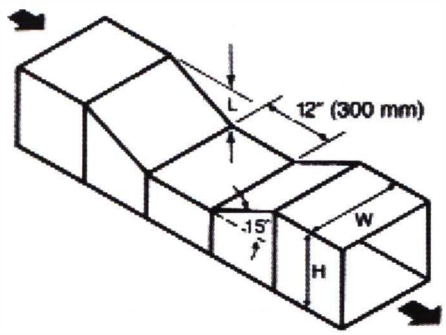


C KATSAYISI									
	θ								
L/R	80°	70°	60°	50°	40°	30°	20°	10°	0° Tam Açık
0.3	807	284	73	21	9.0	4.1	2.1	0.85	0.52
0.4	915	332	100	28	11	5.0	2.2	0.92	0.52
0.5	1045	377	122	33	13	5.4	2.3	1.0	0.52
0.6	1121	411	148	38	14	6.0	2.3	1.0	0.52
0.8	1299	495	188	54	18	6.6	2.4	1.1	0.52
1.0	1521	547	245	65	21	7.3	2.7	1.2	0.52
1.5	1654	677	361	107	28	9.0	3.2	1.4	0.52

$$\frac{L}{R} = \frac{N\,W}{2\,(H + W)}$$

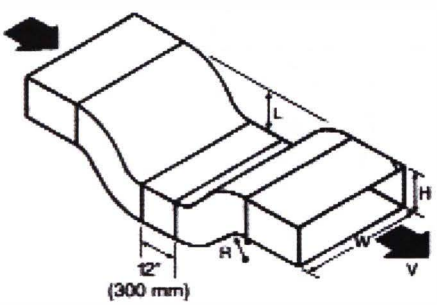
BURADA:
N. Kanat sayısı
W. Kanat eksenine paralel kanal ölçüsü
L. Damper kanatlarının toplam uzunluğu
R. Kanal çevresi
H. Kanat eksenine dik kanal ölçüsü

EK 3.4 Şekil 29. DAMPER, ÇOK KANATLI DİKDÖRTGEN



C KATSAYISI				
	L/H			
W/H	0.125	0.15	0.25	0.30
1.0	0.26	0.30	0.33	0.35
4.0	0.10	0.14	0.22	0.30

EK 3.4 Şekil 30. DİKDÖRTGEN KANAL, ENGEL GEÇİŞİ



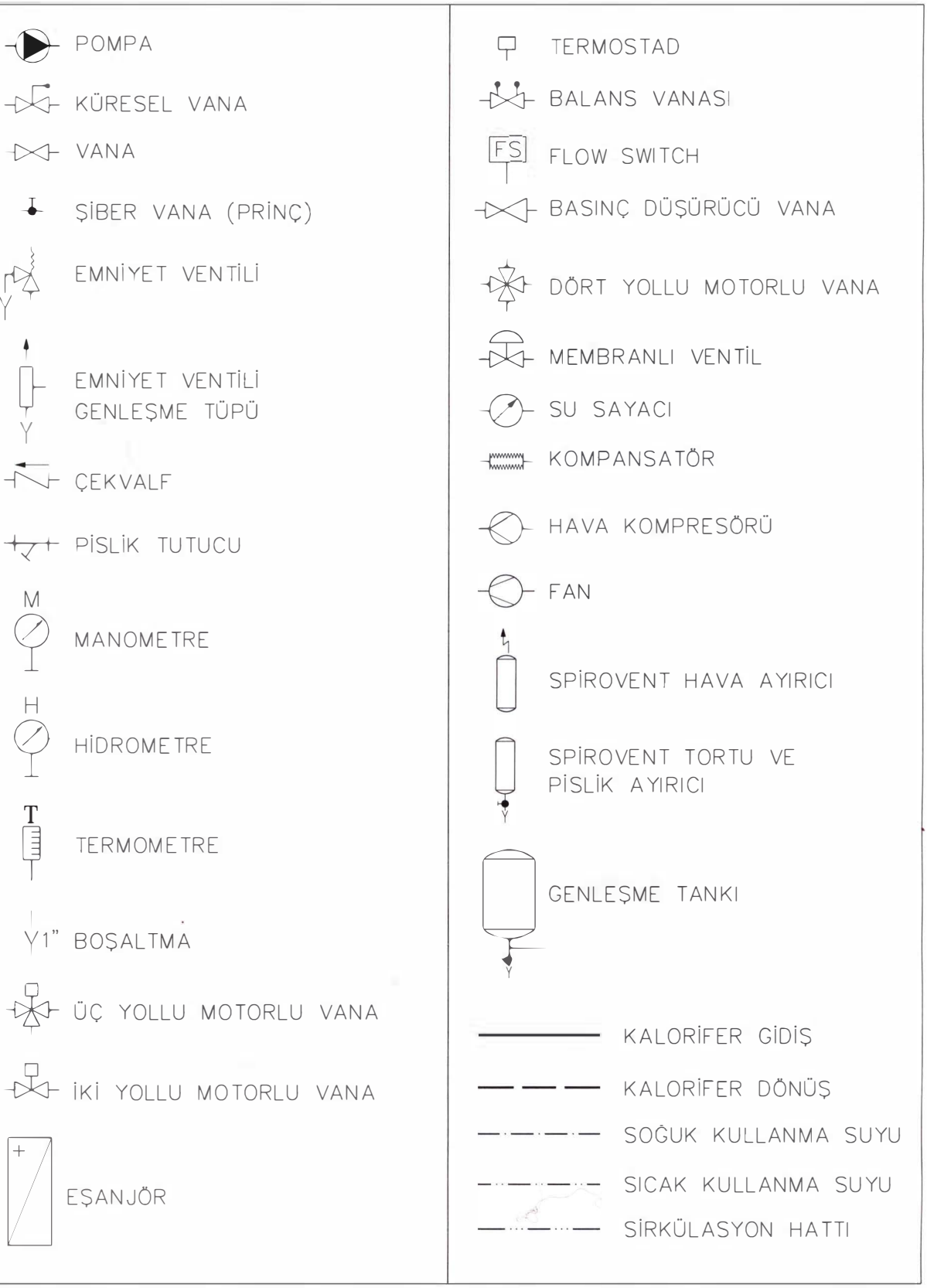
C KATSAYISI					
	L/H				
Hız (m/s)	(4)	(6)	(8)	(10)	(12)
C	0.18	0.22	0.24	0.25	0.26

EK 3.4 Şekil 31. DİKDÖRTGEN KANAL, 4 ADET 45° GENİŞ AÇILI DİRSEKLE ENGEL GEÇİŞİ

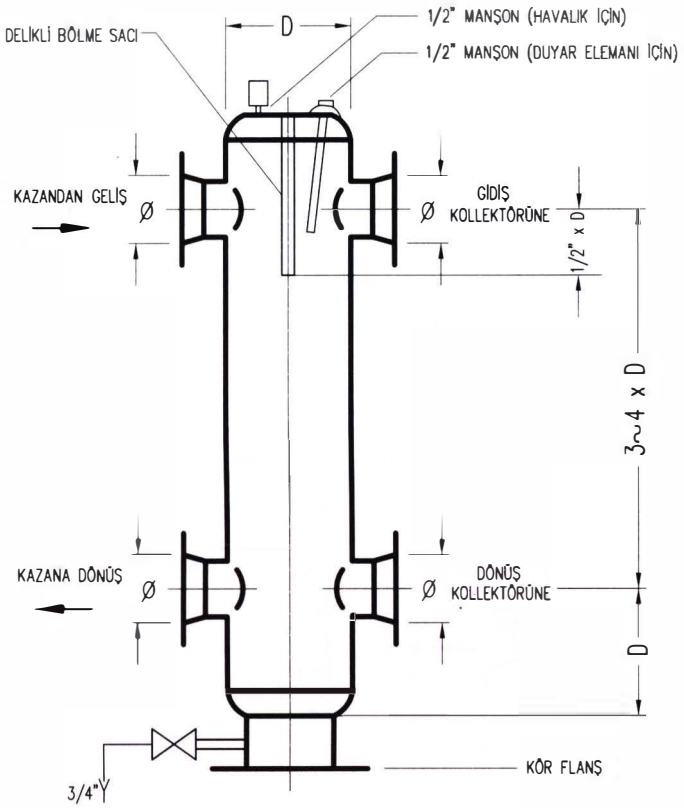
BİRİMLER VE BÜYÜKLÜKLER

Büyüklük	Gösterimi	Birimi			Çevrimi			
		SI	Metrik	İngiliz				
Uzunluk	L	m	m	in	1 m	= 39,37 in	1 in	= 25,4 mm
				ft	1 m	= 3,281 ft	1 ft	= 30,48 cm
Alan	A	m^2	m^2	sq in	1 m^2	= 1.550 sq in	1 sq in	= 645,16 mm^2
			ha	sq ft	1 m^2	= 10,764 sq ft	1 sq ft	= 0,0929 m^2
				acre	1ha	= 10.000 m^2	1 acre	= 0,40468 ha
					1 ha	= 2,471 acre	1 sq mile	= 2,58999 km^2
Hacim	V	m^3	m^3	cu in	1 m^3	= 1.000 L		
			L	cu ft	1 L	= 61,024 cu in	1 cu in	= 16,3971 cm^3
				gal	1 L	= 0,2642 gal	1 cu ft	= 0,02831 m^3
					1 m^3	= 35,315 cu ft	1 gal	= 3,78541 L
Kütle	m	g	g	oz	1 kg	= 35,274 oz	1 oz	= 28,3495 g
		kg	kg	Lb	1 kg	= 2,2046 Δb	1 Lb	= 0,4539 kg
Yoğunluk	d	kg/m^3	kg/m^3	cu ft/Lb	1 m^3/kg	= 16,0185 cuft/Lb		
Hız	V	m/S	m/S	ft/min	1 m/S	= 196,85 ft/min		
Debi	Q	m^3/S	m^3/h	cfm	1 m^3/S	= 3.600 m^3/h		
			m^3/S		1 m^3/h	= 0,5886 cfm		
			L/S		1 cfm	= 1,699 m^3/h		
Basınç	P	Pa	kg/cm^2	psi	1 Pa	= 1 N/m^2	1 mbar	= 100 Pa
		bar	kg/m^2	in H_2O	1 bar	= 100.000 Pa	1 bar	= 14,504 psi
		mbar	mm/SS	Lb/ft^2	1 mbar	= 100 Pa	1 mbar	= 2,089 Lb/ft^3
		N/m^2	atm		1 bar	= 0,981 atm	1 mbar	= 0,4019 ih H_2O
					1 mbar	= 10,19 mmSS	1 kPa	= 7,50062 mmHg
					1 mmSS	= 9,80665 Pa	1 ınSS	= 249,089 Pa
Enerji	E, M, Q	kJ	kcal	Btu	1 kWh	= 3.600 kJ	1 kJ	= 0,2388 kcal
		kWh			1 kcal	= 4,1868 kJ	1 kWh	= 860 kcal
					1 kJ	= 0,948 Btu	1 Btu	= 1,055 kJ
Güç	P	kJ/h	kcal/h	Btu/h	1 kW	= 1 kJ/S	1 HP	= 735,5 W
		kW		HP	1 kW	= 860 kcal/h	1 HP	= 632 kcal/h
					1 kW	= 3.412 Btu/h	1 Btu/h	= 0,252 kcal/h
					1 kW	= 1,341 HP	1 kcal/h	= 3,97 Btu/h
Özgül Isı	C, Cp	kJ/kgK	kcal/kg°C	Btu/LbF	1 kJ/kgK	= 4,187 kcal/kg°C		
					1 kJ/kgK	= 0,2388 Btu/Lbf		
Isı Akısı	q	kJ/m^2h	$kcal/m^2h$	Btu/hft^2	1 W/m^2	= 3,6 kJ/m^2h		
		W/m^2			1 W/m^2	= 0,86 $kcal/m^2h$		
					1 W/m^2	= 0,317 Btu/hft^2		
Sıcaklık	T	K	°C	°F	°C	= (°F-32) x 5 / 9		
					K	= 273 + °C		
					°F	= °C x 9 / 5 + 32		

SEMBOLLER


POMPA
KÜRESEL VANA
VANA
ŞİBER VANA (PRİNÇ)
EMNİYET VENTİLİ
EMNİYET VENTİLİ
GENLEŞME TÜPÜ
ÇEKVALF
PİSLİK TUTUCU
M
MANOMETRE
H
HİDROMETRE
T
TERMOMETRE
1" BOŞALTMA
ÜÇ YOLLU MOTORLU VANA
İKİ YOLLU MOTORLU VANA
EŞANJÖR
TERMOSTAD
BALANS VANASI
FS
FLOW SWITCH
BASINÇ DÜŞÜRÜCÜ VANA
DÖRT YOLLU MOTORLU VANA
MEMBRANLI VENTİL
SU SAYACI
KOMPANSATÖR
HAVA KOMPRESÖRÜ
FAN
SPİROVENT HAVA AYIRICI
SPİROVENT TORTU VE
PİSLİK AYIRICI
GENLEŞME TANKI
KALORİFER GİDİŞ
KALORİFER DÖNÜŞ
SOĞUK KULLANMA SUYU
SICAK KULLANMA SUYU
SİRKÜLASYON HATTI

DENGE KABI BOYUTLARI



DİKKAT: DENGE KABI DİK MONTE EDİLMELİDİR.

TOPLAM ISITMA KAPASİTESİ (kW)	DEBİ Δt=15°C için (m3/h)	DENGE KABI İÇ ÇAPI (mm) (Maks.) D	GİRİŞ/ÇIKIŞ ÇAPI (mm) Ø
29	1,7	65	32
43	2,5	80	40
70	4,0	100	50
100	5,7	125	65
140	8	150	65
210	12	200	80
350	20	200	100
550	32	250	125
900	52	300	150
1300	75	350	150
1750	100	400	200
2500	145	450	200
3000	175	500	200
3500	200	550	250
4000	230	600	250
4500	260	650	250
5000	290	700	250
5500	315	750	300
6000	345	800	300
7000	400	850	300
8000	460	900	350
9000	515	1000	350
10.000	575	1000	350
12.000	690	1100	350
14.000	800	1200	350
15.000	860	1250	350
17.000	975	1350	400
20.000	1150	1450	400

AVANTAJLAR:

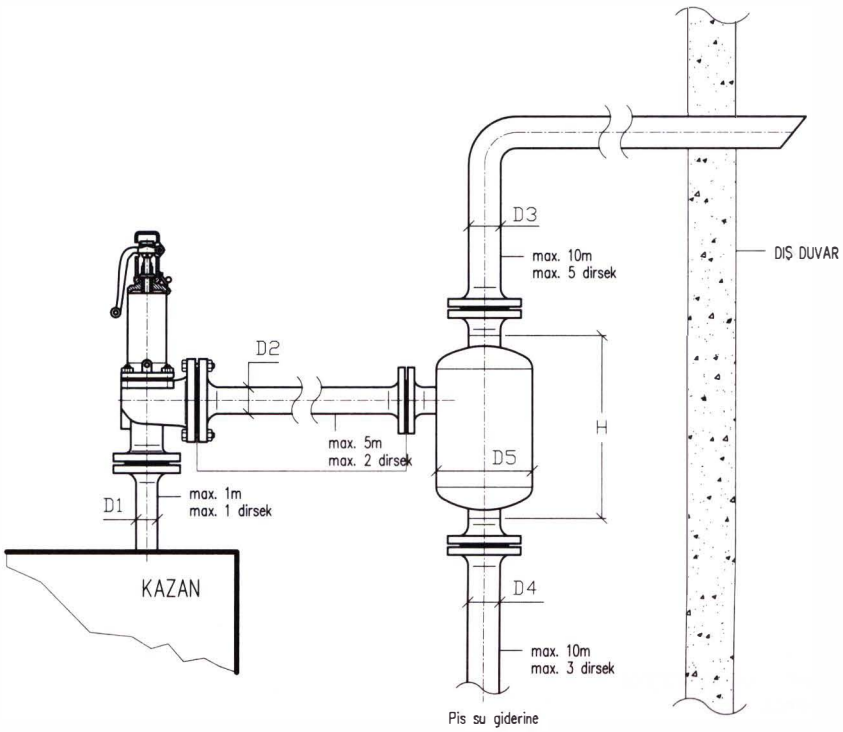
- Kazan devresi ile ısıtma devresi arasında hidrolik etkilenme olmaz.
- Kazanlar ve ısıtma zonları uygun su debisi altında çalışır.
- Isıtma devresi kontrol sistemlerinden bağımsız olarak tek veya çok kazanlı sistemlerde kullanılabilir.
- Denge kabının iki tarafındaki ayar elemanları (üç yollu vana vs.) optimal çalışır.
- Kazan devresi ve ayar elemanları daha problemsiz boyutlandırılır.

DENGE KABININ BOYUTLANDIRILMASI:

Denge kabının sağlıklı çalışması için doğru boyutlandırma yapmak gerekir. Tesisat iletimi, gidiş ve dönüş arasında pratik olarak basınç düşümü olmayacak şekilde yapılmalıdır. Kısaca, anma su miktarı için ~0.2 m/sn su hızı ile hesap yapılmalıdır. Bunun için yukarıdaki tablodan yararlanabilirsiniz.
Kazan çıkış suyu sıcaklığı, denge kabının üst kısmında ölçülmelidir. Bunun için kabın üstüne 1/2" manşon kaynatılmalı, ayrıca havalık konmalıdır.

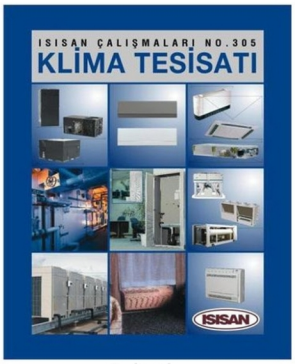
EMNİYET VENTİLİ VE GENLEŞME TÜPÜ ÖLÇÜLERİ

		Ventil anma çapı E							
		DN 32	DN 40	DN 50	DN 65	DN 80	DN 100	DN 125	DN 150
		Kullanılabileceği maksimum kazan gücü							
		kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW
Maksimum açma basıncı p bar	2,5	565	870	1360	2300	3480	5440	7120	9900
	3,0	649	1000	1560	2640	4000	6250	8190	11400
	4,0	810	1250	1950	3300	5000	7800	10200	14200
	5,0	960	1480	2310	3900	5910	9240	12100	16900
	6,0	1100	1700	2660	4500	6820	10600	14000	19400
	8,0	1390	2140	3350	5660	8580	13400	17600	24500
	10,0	1670	2570	4010	6790	10300	16000	21100	29300

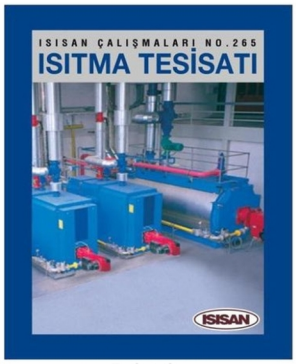


Emniyet ventili	Genleşme tüpü							Emniyet ventili ve genleşme tüpü arasındaki boru hattı		Boşaltma hattı	
	Çap					Başaltma basıncı	Yükseklik	Uzunluk	Max. Dirsek sayısı	Uzunluk	Max. Dirsek sayısı
DN/DN	D1 DN	D2 DN	D3 DN	D4 DN	D5 mm	bar	H mm	m		m	
25/40	25	40	50	50	165	≤ 5	346	≤ 5	≤ 2	≤ 10	≤ 3
32/50	32	50	65	65	165	≤ 5	346				
40/65	40	65	80	80	283	≤ 5	440				
50/80	50	80	100	100	283	≤ 5	440				
65/100	65	100	125	125	391	≤ 5	616				
80/125	80	125	150	150	450	≤ 5	776				
100/150	100	150	200	200	500	≤ 5	896				

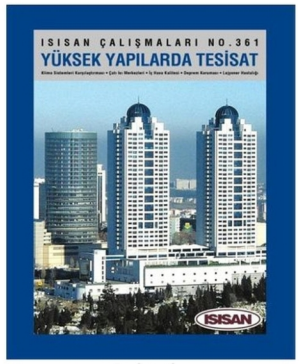
ISISAN KİTAPLARI



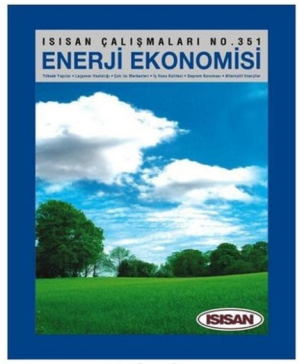
3. baskı



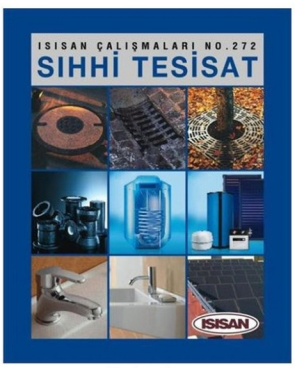
5. baskı



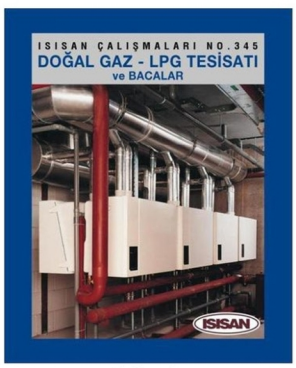
2. baskı



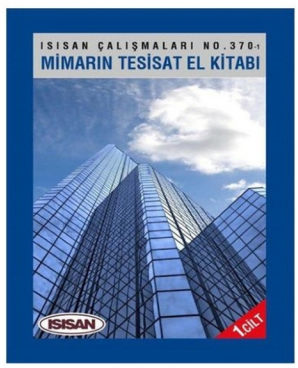
2. baskı



2. baskı



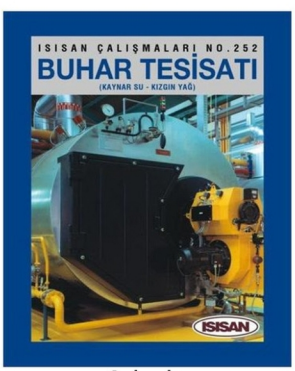
5. baskı



2. baskı



2. baskı



2. baskı





2. baskı



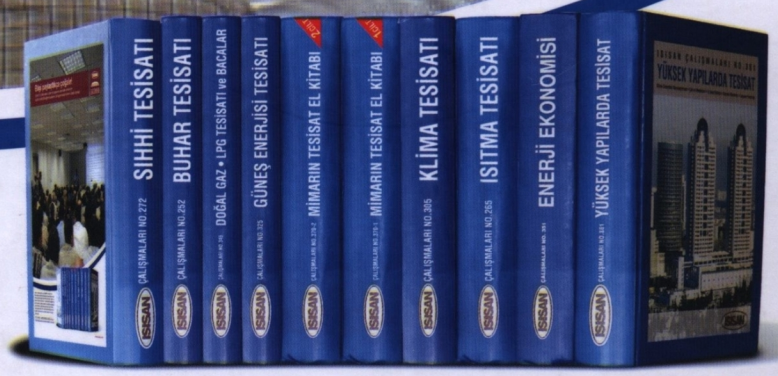
Bilgi paylaştıkça çoğalır!

ISISAN 33 yıllık tesisat, proje ve uygulama alanındaki deneyimini
ISISAN AKADEMİ eğitim faaliyetleri ile bugüne kadar binlerce kişiyle paylaştı.

ISISAN
AKADEMİ



Isısan kuruluşundan bu yana ısıtma, soğutma ve havalandırma sektörünün gelişmesine katkıda bulunmak amacıyla çeşitli eğitim faaliyetleri düzenliyor. Eğitici ve öğretici kitaplar yayınlamak ve sektörün temsilcilerini bir araya getirerek çeşitli seminerler düzenlemek bu alanda gerçekleştirdiği çalışmalar arasında yer alıyor. Isısan, tüm bu çalışmaları 2007 yılında Isısan Akademi çatısı altında buluşturarak, bu alandaki önemli bir boşluğu dolduruyor.
Isısan Akademi, İstanbul ile sınırlı olmayıp tüm Isısan bölge müdürlüklerinde eğitim faaliyetlerine devam ediyor.



www.isisan.com