

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**VİLLA ISITMASINDA ve SOĞUTMASINDA GÜNEŞ
ENERJİSİ DESTEKLİ TOPRAK KAYNAKLI ISI
POMPASININ EKONOMİKLİĞİNİN ANALİZİ**

Mak. Müh. Serkan ERDEM

**FBE Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Isı Proses Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Derya B. ÖZKAN

İSTANBUL, 2007

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	v
KISALTMA LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	viii
ÇİZELGE LİSTESİ	x
ÖNSÖZ	xi
ÖZET	xii
ABSTRACT	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1 Tarihçe	1
1.2 Konuyla İlgili Yapılmış Araştırmalar	3
2. TERMODİNAMİK ESASLAR	7
2.1 Carnot Çevrimi	8
2.2 İdeal Buhar Sıkıştırmalı Soğutma Çevrimi	10
2.3 Gerçek Buhar Sıkıştırmalı Soğutma Çevrimi	11
2.4 Isı Pompalarının Sınıflandırılması	13
2.4.1 Isı Kaynakları	13
2.4.1.1 Hava	13
2.4.1.2 Su	14
2.4.1.3 Toprak	14
2.4.1.4 Güneş	15
2.5 Toprak Isı Değiştiricisi Seçimi	16
2.5.1 Yöresel Etkenler	16
2.5.2 Ekonomik Etkenler	18
2.6 Toprak Isı Değiştiricisi Tipleri	18
2.6.1 Yatay Toprak Isı Değiştiricileri	19
2.6.2 Dikey Toprak Isı Değiştiricileri	22
2.7 Toprak Özelliklerini İyileştirme Yöntemleri	23
2.8 Toprak Isı Değiştiricisi Boru Malzemeleri	24
2.9 Salamuralar	25
2.9.1 Etilen Glikol-Su	26
2.9.2 Propilen Glikol-Su	27
2.9.3 Kalsiyum Klorid-Su	27
2.10 Güneş Enerjisi Destekli Toprak Kaynaklı Isı Pompası	27

3.	TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPASI TASARIM METODOLİJİSİ.....	29
3.1	Isı Pompası Seçimi	30
3.2	Toprak Isı Değiştiricisi Boru Uzunluğunun Hesabı	31
3.2.1	Soğutma Performans Katsayısı (COP_c)	32
3.2.2	Isıtma Performans Katsayısı (COP_h)	32
3.2.3	Ortalama Yıllık Toprak Sıcaklığı (T_m)	32
3.2.4	Soğutma İçin Giriş Suyu Sıcaklığı (EWT_c).....	34
3.2.5	Isıtma İçin Giriş Suyu Sıcaklığı (EWT_h).....	35
3.2.6	Dağılmış Toprak Etkisi.....	35
3.2.7	Toprak Direnci (R_s)	35
3.2.8	Boru Direnci (R_p).....	35
3.2.9	İşletme Faktörü (F_c ve F_h).....	36
3.2.9.1	Bin Metodu ile Isıtmada İşletme Faktörü (F_h).....	37
3.2.9.2	Bin Metodu ile Soğutmada İşletme Faktörü (F_c).....	38
3.2.9.3	Saat-Saat Metodu ile İşletme Faktörleri	40
4.	GÜNEŞ IŞINIMI	41
4.1	Güneşin Hareketi	41
4.1.1	Gün Dairesi.....	41
4.2	Güneş Açıları	42
4.2.1	Güneş Sapma Açısı (d)	43
4.2.2	Saat açısı (h)	44
4.2.3	Zenit Açısı (z).....	45
4.2.4	Güneş Yükseklik Açısı (y)	45
4.2.5	Güneş Azimut Açısı (Azm)	48
4.3	Eğik Düzleme Gelen Güneş Işınımı	49
4.4	Güneş Kolektörüne Gelen Faydalı Enerji.....	49
4.4.1	Anlık Kolektör Verimi Hesabında I. Yol	50
4.4.2	Anlık Kolektör Verimi Hesabında II. Yol	50
5.	PROJELENDİRME ÇALIŞMASI	52
5.1	Isı Yükü Hesabı	52
5.1.1	Isı Kaybı Hesabı	54
5.1.2	Soğutma Yükü Hesabı	54
5.2	Toprak Isı Değiştiricisi Tasarımı	58
5.2.1	Boru Özellikleri	58
5.2.2	Toprak Özellikleri.....	58
5.2.3	Yerel Özellikler	58
5.2.4	Isı Pompası Özellikleri	60
5.2.5	İşletme Faktörü Hesabı	61
5.2.5.1	Bin Metoduna Göre Isıtmada İşletme Faktörü	61
5.2.5.2	Bin Metoduna Göre Soğutmada İşletme Faktörü	63
5.2.5.3	Saat-Saat Metodu İle İşletme Faktörleri	64
5.2.6	Boru Uzunluğu	64
5.3	Güneş Enerjisi Destekli Sistem Tasarımı	65
5.4	Dörtlü Ev Isıtma-Soğutması	68
5.4.1	Toprak Isı Değiştiricisi Tasarımı	68
5.4.2	Güneş Enerjisi Destekli Sistem Tasarımı	72

6.	EKONOMİK ANALİZ.....	73
6.1	Yatırım ve İşletme Maliyetleri	73
6.1.1	Tek Ev İçin Güneş Enerjisi Destekli Toprak Kaynaklı Isı Pompası Uygulaması ..	73
6.1.2	Tek Ev İçin Klasik Sistemle Yapılan Isıtma ve Soğutma Uygulaması	75
6.1.3	Dört Ev İçin Güneş Enerjisi Destekli Toprak Kaynaklı Isı Pompası Uygulaması	76
6.1.4	Dört Ev İçin Klasik Sistemle Yapılan Isıtma ve Soğutma Uygulaması	76
6.2	Maliyet Analizi	78
7.	SONUÇLAR.....	80
	KAYNAKLAR.....	83
	EKLER	86
	Ek 1 Mardin için saatlik hava sıcaklıkları (DMİGM) [°C].....	87
	Ek 1 Mardin için saatlik hava sıcaklıkları (DMİGM) [°C] (devam)	88
	Ek 1 Mardin için saatlik hava sıcaklıkları (DMİGM) [°C] (devam)	89
	Ek 1 Mardin için saatlik hava sıcaklıkları (DMİGM) [°C] (devam)	90
	Ek 1 Mardin için saatlik hava sıcaklıkları (DMİGM) [°C] (devam)	91
	Ek 1 Mardin için saatlik hava sıcaklıkları (DMİGM) [°C] (devam)	92
	Ek 1 Mardin için saatlik hava sıcaklıkları (DMİGM) [°C] (devam)	93
	Ek 1 Mardin için saatlik hava sıcaklıkları (DMİGM) [°C] (devam)	94
	Ek 1 Mardin için saatlik hava sıcaklıkları (DMİGM) [°C] (devam)	95
	Ek 1 Mardin için saatlik hava sıcaklıkları (DMİGM) [°C] (devam)	96
	Ek 1 Mardin için saatlik hava sıcaklıkları (DMİGM) [°C] (devam)	97
	Ek 1 Mardin için saatlik hava sıcaklıkları (DMİGM) [°C] (devam)	98
	Ek 2 Diyarbakır için saatlik güneş ışıınımı değerleri (DMİGM) [cal/cm ² .h].....	99
	Ek 2 Diyarbakır için saatlik güneş ışıınımı değerleri (DMİGM) [cal/cm ² .h] (devam)	100
	Ek 2 Diyarbakır için saatlik güneş ışıınımı değerleri (DMİGM) [cal/cm ² .h] (devam)	101
	Ek 2 Diyarbakır için saatlik güneş ışıınımı değerleri (DMİGM) [cal/cm ² .h] (devam)	102
	Ek 3 Mardin için günlük güneşlenme süreleri (DMİGM).....	103
	Ek 3 Mardin için günlük güneşlenme süreleri (DMİGM) (devam).....	104
	Ek 3 Mardin için günlük güneşlenme süreleri (DMİGM) (devam).....	105
	Ek 3 Mardin için günlük güneşlenme süreleri (DMİGM) (devam).....	106
	Ek 4 Isıtma ve soğutma uygulaması yapılan konutun mimarî çizimi	107
	Ek 4 Isıtma ve soğutma uygulaması yapılan konutun mimarî çizimi (devam)	108
	Ek 4 Isıtma ve soğutma uygulaması yapılan konutun mimarî çizimi (devam)	109
	Ek 5 Binanın özgül ısı kaybı hesabı	110
	Ek 5 Binanın özgül ısı kaybı hesabı (devam)	111
	Ek 6 Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı	112
	ÖZGEÇMİŞ.....	113

SİMGE LİSTESİ

$(\tau\alpha)_e$	Efektif yutma katsayısı
η_t	Anlık kolektör verimi
A_t	Kolektör yüzey alanı
d	Sapma (deklınasyon) açısı
DEV	Toprak sıcaklığının yıl içindeki değışim değeri
d_o	Aylık ortalama sapma açısı
drc	Derece
e	Enflasyon oranı
e	Enlem
E_g	Güneş ışınlmı şiddeti
F_c	Soğutma işletme faktörü
F_h	Isıtma işletme faktörü
F_t	Kolektör ısı kazanç faktörü
h	Entalpi
h	Saat açısı
I_e	Birim eğik yüzeye düşen anlık ışınlm miktarı
i	Faiz oranı
K	Toplayıcı toplam ısı kayıp katsayısı
k_1, k_2	Güneş kolektörü için ısı kayıp katsayıları
L_c	Soğutma için gerekli TID boru boyu
L_h	Isıtma için gerekli TID boru boyu
N	1 Ocaktan itibaren gün sayısı
n	Yatırımın ekonomik ömrü
$Q_{eğik}$	Eğik düzleme gelen güneş ışınlmı şiddeti
Q_f	Güneş kolektörü ile elde edilebilecek faydalı enerji
Q_H	Yüksek sıcaklıkta transfer olan ısı
Q_L	Düşük sıcaklıkta transfer olan ısı
Q_{yatay}	Yatay düzleme gelen güneş ışınlmı şiddeti
R	Yatay düzleme gelen güneş ışınlmını eğik düzleme çeviren faktör
R_p	Yatay pozisyondaki borunun direnci
R_{pe}	Dikey pozisyondaki borunun direnci
R_s	Toprak direnci
s	Entropi

t	Aylık ortalama gün uzunluğu
$T_{\text{}}$	evre sıcaklığı
t_g	Gün uzunluğu
T_H	Yüksek toprak sıcaklığı
T_H	Yüksek sıcaklık
T_L	Düşük toprak sıcaklığı
T_L	Düşük sıcaklık
T_m	Ortalama yıllık toprak sıcaklığı
T_{max}	Isı pompasına girecek olan maksimum su sıcaklığı (EWT_c)
T_{min}	Isı pompasına girecek olan minimum su sıcaklığı (EWT_h)
T_{tg}	Suyun kolektöre giriş sıcaklığı
$W_{\text{net,g}}$	Gerekli net iş
y	Güneş yükseklik açısı
z	Zenit açısı
α	Kolektörün eğim açısı
ΔT	Kolektör ile bulunduğu ortam arasındaki sıcaklık farkı
η_o	Optik verim

KISALTMA LİSTESİ

ADF	Azimet açısı düzeltme faktörü
AEIC	Association of Edison Illuminating Companies
Azm	Azimet açısı
COP _c	Seçilen cihazın soğutma performans katsayısı
COP _h	Seçilen cihazın ısıtma performans katsayısı
COP _{IP}	Isı pompasının performans katsayısı
COP _{SM}	Soğutma makinesinin performans katsayısı
DMİGM	Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü
ED	Ev devresi
EEl	Edison Electric Institute
EER	Enerji verimlilik oranı
EWT	Dönüş suyu sıcaklığı
GS	Güneş saati
GYO	Güneşten yararlanma oranı
IGSHPA	International Ground Source Heat Pump Association
MS	Memleket saati
TD	Toprak devresi
TID	Toprak ısı değıştiricisi
TKIP	Toprak kaynaklı ısı pompası
ZD	Zaman düzeltmesi

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Isı pompası ve soğutma makinesinin çalışma düzeni.....	7
Şekil 2.2 Carnot soğutma makinesinin düzeni ve ters Carnot çevriminin T-s diyagramı.....	9
Şekil 2.3 İdeal buhar sıkıştırırmalı soğutma çevriminin düzeni ve T-s diyagramı.....	10
Şekil 2.4 Gerçek buhar sıkıştırırmalı çevrimin düzeni ve T-s diyagramı.....	12
Şekil 2.5 Toprak ısı değiştiricisi tipleri (Ataman, 1991).....	19
Şekil 2.6 Salamuranın akış yollarına göre dikey toprak ısı değiştiricileri (Ataman, 1991)	19
Şekil 2.7 Tekli yatay toprak ısı değiştiricisi yerleştirme şekilleri (Ataman, 1991).....	20
Şekil 2.8 Seri akış yollu, yatay toprak ısı değiştiricisi	21
Şekil 2.9 Seri akış yollu, yatay toprak ısı değiştiricisi	22
Şekil 2.10 Dört borulu, paralel akış yollu, yatay toprak ısı değiştiricisi	22
Şekil 2.11 Kesit geometrilerine göre dikey toprak ısı değiştiricileri (Ataman, 1991).....	23
Şekil 2.12 Seri akış yollu, dikey, U-tüp toprak ısı değiştiricisi.....	24
Şekil 2.13 Paralel akış yollu, dikey, U-tüp toprak ısı değiştiricisi	24
Şekil 2.14 Güneş kolektörü destekli sistem.....	28
Şekil 3.1 Toprak kaynaklı ısı pompası tasarım metodolojisi (Ersöz, 2000).....	29
Şekil 3.2 Çeşitli derinlikler ve değişik toprak cinsleri için sıcaklık değişimi	34
Şekil 4.1 Kuzey yarım kürede 30° enleminde bulunan bir yer için güneş zamanının değişimi	42
Şekil 4.2 Gök küre üzerinde önemli güneş açıları (Kılıç ve Öztürk, 1984)	43
Şekil 4.3 Sapma açısının tüm yıl boyunca değişimi (Howell vd., 1982)	46
Şekil 4.4 Türetilen güneş açıları (Kılıç ve Öztürk, 1984)	47
Şekil 4.5 Yatay ve eğik düzleme gelen güneş ışınları	49
Şekil 5.1 Tasarlanan sistemin genel şeması.....	53
Şekil 5.2 Saatlik hava sıcaklığı değerleri.....	55
Şekil 5.3 Binanın tüm yıl için saatlik ısı kaybı grafiği	55
Şekil 5.4 Saatlik güneş ışınlama şiddetleri.....	56
Şekil 5.5 Binanın tüm yıl için saatlik soğutma yükü grafiği	56
Şekil 5.6 Binanın aylara göre toplam ısı kaybı ve soğutma yükü grafiği.....	57
Şekil 5.7 Farklı derinliklere göre ortalama aylık toprak sıcaklıkları.....	60
Şekil 5.8 Binanın dış sıcaklığa bağlı ısı kaybı ve ısı kazancı grafiği	63
Şekil 5.9 Güneşten sağlanabilecek faydalı ısıl güç.....	66
Şekil 5.10 Güneş enerjisi destekli sistemde ısıtmada kompresör güçleri grafiği	67
Şekil 5.11 Güneş enerjisi desteksiz sistemde ısıtmada kompresör güçleri grafiği.....	67

Şekil 5.12 Güneşten yararlanma oranının kolektör sayısına göre değişimi	68
Şekil 5.13 Dört ev için binanın dış sıcaklığa bağlı ısı kaybı ve ısı kazancı grafiği.....	70
Şekil 7.1 Tasarlanan sistemlerin maliyet karşılaştırması.....	82

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2.1 Değişik ısı kaynaklarının karşılaştırması (Ataman, 1991).....	17
Çizelge 2.2 Boru çaplarına göre uygulanan boru uzunlukları.....	21
Çizelge 2.3 Boru Malzemelerinin Özellikleri (Ersöz, 2000).....	25
Çizelge 2.4 Salamuralara Ait Fiziksel Özellikler (Ataman, 1991).....	27
Çizelge 3.1 Boru Boyu Hesap Tablosu (Ersöz, 2000).....	33
Çizelge 3.2 Toprak direnci değerleri (Miles, 1994)	36
Çizelge 3.3 Boru direnç değerleri (Miles, 1994).....	37
Çizelge 3.4 İşletme Faktörü Hesap Tablosu (Ersöz, 2000)	39
Çizelge 4.1 Aylık ortalama sapma açıları.....	44
Çizelge 5.1 Boru boyu hesap tablosu	59
Çizelge 5.2 Seçilen ısı pompasının özellikleri.....	61
Çizelge 5.3 Bin Metodu ile işletme faktörü hesap tablosu	62
Çizelge 5.4 Açılacak Delikler İçin Minimum Boru Çapları (Miles, 1994).....	65
Çizelge 5.5 Dört ev için boru boyu hesap tablosu.....	69
Çizelge 5.6 Dört ev için seçilen ısı pompasının özellikleri	70
Çizelge 5.7 Dört ev için Bin Metodu ile işletme faktörü hesap tablosu.....	71
Çizelge 6.1 Tek ev için güneş enerjisi destekli TKIP uygulamasının yatırım maliyetleri	75
Çizelge 6.2 Tek ev için güneş enerjisi destekli TKIP uygulamasının yıllık işletme maliyetleri.....	75
Çizelge 6.3 Tek ev için klasik sistem uygulamasının yatırım maliyetleri.....	77
Çizelge 6.4 Tek ev için klasik sistem uygulamasının yıllık işletme maliyetleri	77
Çizelge 6.5 Dört ev için güneş enerjisi destekli TKIP uygulamasının yatırım maliyetleri	77
Çizelge 6.6 Dört ev için güneş enerjisi destekli TKIP uygulamasının yıllık işletme maliyetleri.....	78
Çizelge 6.7 Dört ev için klasik sistem uygulamasının yatırım maliyetleri.....	78
Çizelge 6.8 Dört ev için klasik sistem uygulamasının yıllık işletme maliyetleri	78
Çizelge 6.9 Tek ev için güneş enerjisi destekli ısı pompası sisteminin maliyet analizi	79
Çizelge 6.10 Dört ev için güneş enerjisi destekli ısı pompası sisteminin maliyet analizi.....	79

ÖNSÖZ

Yapmış olduğum bu tez, güneş enerjisi destekli toprak kaynaklı ısı pompası ile mahal ısıtma ve soğutma konusunu içermektedir.

Çalışmam süresince bana yardımcı olan Sn. Yrd. Doç. Dr. Derya B. Özkan'a, başta Mak. Müh. Cenk ONAN olmak üzere tüm arkadaşlarıma ve benden desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen aileme teşekkürü bir borç bilirim.

ÖZET

Bir evin ısıtma ve soğutma ihtiyacını karşılamak için, güneş enerjisi destekli toprak kaynaklı ısı pompası sistemi tasarlanmıştır. Mahal fan-coillerle ısıtılıp soğutulacağından, su / su ısı pompası seçilmiştir. Mardin’de kurulması planlanan sistem için, ısı kaybı ve soğutma yükü değerleri, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü’nden alınan, saatlik dış sıcaklık ve saatlik güneş ışıınımı değerleri ile MATLAB programı kullanılarak saatlik olarak hesaplanmıştır.

Toprak ısı değıştiricisi tasarımında, yatay borulamanın çok uzun boru boyu gerektirmesinden ötürü düşey borulama tercih edilmiştir. Isı pompasının işletme faktörleri hem Bin metodu ile hem de saat-saat metodu ile hesaplanmış ve sonuçları birbirleriyle karşılaştırılmıştır.

Sistemde, güneş enerjisinden; hem doğrudan ısıtma amaçlı olarak hem de ısı pompasına giriş suyunu ısıtma amaçlı olarak iki şekilde faydalanılmıştır.

Ayrıca, tasarlanan bu sistemin, dört ev için toplu ısıtma-soğutma yapması durumu da irdelenmiştir. Bu durumda daha büyük boru boyunun, daha yüksek kapasiteli bir ısı pompasının ve daha yüksek sayıda kolektörden oluşan bir güneş enerjisi sisteminin, tasarımı ve seçimi yapılmıştır.

Anlatılan bu iki tip ısıtma-soğutma sisteminin, yatırım ve işletme maliyetleri hesaplanmıştır. Aynı konutun, ısıtmasının bir kazanla, soğutmasının ise hava soğutmalı bir su soğutma grubu ile yapıldığı zamanki yatırım ve işletme maliyetleri de hesaplanmıştır. Bu işlem de, hem tek ev için hem de dört ev için yapılmıştır. Böylelikle, bu dört farklı ısıtma-soğutma uygulamasının, hem işletme hem de yatırım maliyetleri karşılaştırılabilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Toprak kaynaklı ısı pompası, güneş enerjisi, işletme faktörü, maliyet analizi.

ABSTRACT

To climate a place, solar assisted ground source heat pump was designed. A water to water heat pump was selected because heating and cooling will be provided by using fan-coils. Hourly outdoor temperatures and hourly solar radiation values for Mardin city were obtained from Meteorology Management. Heat losses and gains were calculated hourly.

While designing soil heat exchanger, vertical type was preferred because of horizontal pipe length's being too long. Run factors were calculated using both Bin method and hourly method. Their results were compared.

Solar energy system was used in two ways: direct heating and heating the water which returns to heat pump.

Furthermore, multi cooling and heating (for four homes) was investigated by using same method. But for this time, the equipment of systems were redesigned and reselected.

Finally, investment and operational costs of these two different systems were calculated. Also, costs for the same house calculated while using a boiler and chiller for heating and cooling. As a result, costs of these four different systems were compared.

Keywords: Ground source heat pump, solar energy, run factor, cost analysis.

1. GİRİŞ

1.1 Tarihçe

Isı pompası ilk kez 1824 yılında Sadi Carnot tarafından ortaya atılmıştır. 1832 yılında Jakob Perkin tarafından buhar sıkıştırırmalı bir soğutucu tasarlanmıştır. 1850 yılında Lord Kelvin ısıtma için soğutma makinelerinin kullanılabileceğini öne sürmüştür. Kelvin 1852 yılında yayımladığı yazısında, kompresör ile bağlantılı genişletici kullanan bir sistem tanıtmıştır. Fakat normal ısıtma masraflarına oranla makinenin masrafının çok daha yüksek olması nedeniyle, bu hava-ısıtma ısı pompası o zamanlar kurulamamıştır.

Hava sıkıştırırmalı soğutucular ilk defa 1805 yılında Philedelphia'lı Oliver Evans tarafından ortaya atılmış ve 1849 yılında Charleston, South Carolina'da bir fizikçi olan, Dr. John Gorrie tarafından imal edilmiştir. İlk buz fabrikası ise Avustralya'da James Harrison tarafından 1850 yılında kurulmuştur. Harrison aynı zamanda, 1851 yılında ilk defa bir bira fabrikasında soğutma tesisi kurmuştur. Yapılan ilk soğutucunun ise, Glasgow Üniversitesi'nden Dr. William Cullen tarafından 1748 yılında, eterin buharlaştırılması ile gerçekleştirildiği bilinmektedir.

Dr. John Gorrie'nin, 1851 yılında Amerika'da, patentini aldığı Makina, ticari olarak imal edilen ilk soğutma makinasıdır. Fransa'da Ferdinand Carre 1851'de ilk amonyak absorbsiyon ünitesini tasarlamıştır. Connecticut'tan Alexander Catlin Twining, buhar sıkıştırırmalı sistemle, dünyada ilk defa ticari olarak buz yapmak için, kompresyon makinasının patentini almıştır (Sauer and Howell, 1978).

Soğutma ekipmanlarındaki gelişmeler 1870'lerde çok çabuk ilerlemiştir. Uluslar arası donmuş yiyecek ihtiyacını karşılamak amacıyla, bu yıllarda birkaç hava soğutma makinası yapıldıysa da; bunlar daha sonraları karbondioksit makinaları tarafından devre dışı bırakılmıştır. 1920'lerde ise amonyak sıkıştırırmalı makinalar yerleşmiştir. Daha küçük soğutucu ekipmanlarda, 1930'larda metil klorid kullanılmış; 1940'ların başındaysa ilk kez halokarbon soğutucu akışkanlardan olan R-12 kullanılmaya başlanmıştır.

19. yüzyılda gazların sıcaklıklarının, basınçları ayarlanarak değiştirilebileceğinin anlaşılmasıyla, ısı enerjisinin daha yüksek sıcaklıklara pompalanması konusu ilgi çekmiştir.

Sıkıştırılmış buharla çalışan ısı pompasının prensibinin ilk olarak İsviçre'de, 1870-1880 yılları arasında Salina Bex'de mühendis Paul Piccard tarafından gerçekleştirilmesi dikkate

değerdir. Böyle ikinci bir tesis 1917'de Aarau'da Faerberei Jenny'de işletilmiştir.

İlk pratik ısı pompası ise, 1930 yılında İskoç Haldane'in yapıp, evinde kullanılmasına kadar ortaya çıkmamıştır. Haldane bu makinede kaynak olarak havayı kullanmış ve hava koşullarının iyi olmadığı zamanlarda su ile desteklemiştir.

1912 yılındaki İsviçre patenti ile toprak kaynaklı ısı pompalarının faydaları ilk olarak tanıtılmıştır. Daha sonra, termodinamik yararı, ısı kaynağı olarak toprağa gömülen metal serpantinler içinde salamura dolaştırılarak, 1940'lı yıllarda çarpıcı şekilde gösterildi. Serpantin korozyon sorunları, toprak serpantinlerini kullanışsız kıldı ve hava kaynaklı ısı pompalarının gelişimini zorladı. Daha sonraları, plastik borular kullanılarak, korozyon sorunlarının üstesinden gelindi ve toprak kaynaklı ısı pompaları üzerine araştırmalar hızlandı (Couvillion, 1985).

1950'lerde Amerika ve İngiltere'de, evsel ısı pompalarında toprak kaynağının kullanımı ile ilgili çalışmalara başlanılmıştır. Baker, 1950-51 kış ayları boyunca ortalama ısıtma performans katsayısı 3'ün üzerine çıkan, çift tesirli, toprak kaynaklı bir ısı pompası geliştirmiştir.

Sistemin en eski uygulaması ise 1930'dan beri işletilen ve Connecticut'ta bulunan Amerikan ulusal deprem araştırmaları binasıdır (Pratsch, 1990).

1954 yılında Jordan ve Threlkeld tarafından, 1956 yılında da AEIC-EEI Isı Pompası Komitesi tarafından, güneş enerjisi destekli ısı pompaları ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. Albuquerque'de bir ofis binası kolektör-ısı pompası sistemi ile ısıtılmış ve soğutulmuştur (Bridgers vd., 1957a; 1957b). Bu sistem daha sonra konutlarda da kullanılmaya başlanmıştır (Converse, 1976), (Kuharich, 1976), (Terrell, 1979).

Yanagimachi (1958, 1964) ve Bliss (1964), gündüz kolektör gece de radyatör olarak kullanılan çıplak kolektörler ile bir ısıtma ve soğutma sistemi kurup, işlettiler. Sıcak ve soğuk su depo tankları, ısıtma ya da soğutmada ısı pompasının çalışabilmesi için yeterli sıcaklık farkını oluşturmada kaynak olarak kullanıldılar. Yanagimachi'nin sistemi Tokyo'da pek çok evde uygulandı. Bliss'in sistemi ise Arizona'da Tuscon laboratuvarında uygulandı.

1976 yılında Marvin ve Mumma konut ısıtmasında güneş enerjisi sistemi ile ısı pompası sisteminin en uygun kombinasyonu üzerinde araştırmalar yapmışlardır ve iki sistemin paralel bağlanmasının en iyi performansı verdiğini ortaya koymuşlardır.

1976 yılında Karman vd. Madison ve Albuquerque koşullarında güneş enerjisi destekli ısı pompalarının simülasyonunu yapmışlardır.

1981 yılında Hatheway ve Converse, Vermont koşullarında kolektör ve ısı pompası için birkaç sistem konfigürasyonunu simüle ettiler ve bu sistemlerin termal performansları ile ekonomikliklerini karşılaştırdılar. Onlar da paralel çalışmanın en iyi performansı sağladığını ortaya koydular.

1950-60 yıllarında piyasadaki düşük kaliteli ısı pompaları, soğuk geçen ısıtma mevsimlerinde, zorlu şartlarda çalışmaya uygun olmadıklarından, başarısızlığa uğramış ve bu durum ısı pompası endüstrisindeki gelişmeyi engellemiştir. Ancak soğutma endüstrisinin gelişip, kimi zorlukların alt edilmesi ve yeni modellerin üretilmesine, bir de 1973-1974 yıllarında petrol fiyatlarının artması eklenince, ısı pompası yeniden ilginin odağı olmuştur.

İkinci dünya savaşından sonra sadece birkaç şehirde uygulanan ısıtma soğutma sistemleri genellikle tiyatro, restoran gibi yerlerde kullanılmıştır. Günümüzde ise hemen her yerde bu sistemlerle karşılaşmak mümkündür. Buna paralel olarak artış gösteren toprak kaynaklı ısı pompalarının uygulama alanları da hızla artmıştır.

1.2 Konuyla İlgili Yapılmış Araştırmalar

ABD'de Kavanaugh dikey toprak ısı değiştiricilerinden ısı geçişini incelemiş, U-tüp ve eşeksenli dikey ısı değiştiriciler üzerinde çalışmalar yapmıştır (Kavanaugh, 1984). Rafferty ile birlikte, çalışmalarını "Toprak kaynaklı ısı pompası; ticari ve kurumsal yapılarda jeotermal sistem dizaynı" (Kavanaugh) adı altında yayımlamışlardır.

Oklahoma State Üniversitesinden J.E. Bose, J.D. Parker ve F.C McQuiston bu konu ile ilgili çok geniş araştırmalar yapmış ve araştırmalarını "Kapalı devre toprak kaynaklı ısı pompası dizaynı" adı altında yayınlamışlardır (Bose vd., 1985). Ayrıca "Uluslar arası toprak kaynaklı ısı pompası birliği" IGSHPA'yı kurarak çalışmalarını internet ortamına taşımışlardır (www.igshp.okstate.edu). Bose (1981, 1979, 1980), güneş enerjisinden kaynak olarak faydalanan toprak kaynaklı ısı pompalarının çalışmalarını da incelemiştir.

Yine 1985 yılında MacCracken toprak altında seri bağlı ısı değiştiricisi vasıtası ile bir ısı pompası devresi kurup sonuçlarını hava-hava ısı pompaları ile karşılaştırmış ve çok iyi sonuçlar almıştır (MacCracken, 1985).

10-40 m. derinlikte dikey borular kullanılarak topraktaki mevsimlik depolama ile güneş

kaynaklı ısı pompaları hakkında geniş bir araştırma programı, İsveç'te yapılmıştır (Franck ve Berntson, 1985).

Claesson ve Eskilson (1988), ısı kaynağı olarak toprağın kullanıldığı ısı pompalarında, ısının çekilmesi esnasında, toprak içerisine yerleştirilmiş ısı değiştiricilerinin ısı analiz ve boyutlandırma kuralları hakkında bilgiler vermişlerdir. Kuyulu sistem olarak adlandırılan sistemlerin, özellikle ABD ve Kanada'da mevcut olduğu ve İsviçre'de ise 5000'e yakın uygulaması bulunduğu açıklanmıştır. Bu çalışmada ısı depolama sistemi olarak kuyu içerisine yerleştirilmiş U şeklinde borular kullanılmıştır. Kuyuların derinliği 40-150 m, çapları 0.075 m ile 0.11 m arasında değişmektedir. Çalışmada, kuyudan ısı çekilmesi veya kuyuya ısı ilavesinin analizi yapılmıştır. Toprağın fiziksel özellikleri, iklim değişimleri, jeotermal eğim ve yer altı sularının sistem üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Kuyuda meydana gelen ısı işlemler, kuyu ısı direnci ile ifade edilmiştir. Çekilen ısı miktarının, gerekli ısı çekme sıcaklığı ile ilişkisi formüllerle verilmiştir. Toprağın ortalama ısı iletkenliği, kuyunun ısı direnci ve ortalama kararlı toprak sıcaklığı gibi üç önemli parametrenin esas olduğu bir metot sunulmuştur .

Miles; ısı pompası teori ve servis adlı kitabında toprak kaynaklı ısı pompalarına geniş yer vermiştir. Bu kitapta toprak direnci ve boru direnci değerleri bir tablo halinde verilmiş olup toprak ısı değiştiricisinin boru boyunun hesaplanmasında metodoloji geliştirmiştir (Miles, 1994).

Toprak kaynaklı ısı pompalarında, toprak ısı değiştiricilerin hesabı büyük önem taşır. Kavanaugh (1997) eserlerinde toprak kaynaklı ısı değiştiricileri ve toprak ısı direnci hakkında araştırmalar yapmıştır, ayrıca Remund ve Lund ile (Remund ve Lund, 1995) birlikte aynı konu hakkında makale yayımlamışlardır. Spilker (1998) ise yayımlanan makalesinde sondaj genişliği ve toprak dolgusunun, ısı değiştirici boyuna etkisini incelemiştir.

Michopoulos vd. Yunanistan'ın kuzey kesiminde, 1350m²'lik bir konutta, Yunanistan'daki en büyük toprak kaynaklı ısı pompası uygulamasını yapmıştır. İşletmenin ilk üç yılı değerlendirildiğinde, geleneksel ısıtma ve soğutma sistemlerine göre, ısı pompalı sistemin enerji gereksiniminin çok daha az olduğu görülmüştür. Ayrıca sistemin COP değerinin bu üç yıl içerisinde henüz stabil hale gelmediği, toprak ısı değiştiricisinin çalışmasına bağlı olarak COP değerinin gittikçe arttığı ortaya konmuştur (Michopoulos vd., 2006).

Ülkemizde ise bu konuda aşağıdaki çalışmalar gerçekleştirilmiştir:

Anadolu Üniversitesinden Taner (1986), ODTÜ'den Kılış (1981) tarafından bu konu incelenmiştir. Kılış makalesinde, toprak kaynaklı ısı pompalarından genel olarak bahsetmiş ve uygulama yöntemlerini teker teker ele almış ve bazı uygulamalardan örnek vermiştir.

Hepbaşlı (1985); "Isı Pompası Sistemleri ve Konut Isıtılması" isimli yüksek lisans çalışmasında, ısı kaynağı olarak topraktan yararlanarak, toprak-su/ısı pompası tesisi ile, konut ısıtılması üzerine çalışılmıştır. Projelendirmeye esas olan tek katlı ve toprak ısı değiştiricilerinin yerleştirilmesine uygun, yeterli toprak alan bulunan binaya döşmeden ısıtma metodu uygulanmıştır. Bu çalışmada; hem yatay hem de düşey toprak-ısı değiştiricisi tasarımı yapılmış ve bu iki farklı yöntemin birbirine göre üstünlükleri incelenmiştir."

ODTÜ'den Oskay ve Babür, ODTÜ Makine Mühendisliği Bölümü'nde var olan cihazları kullanarak toprak hava arasında çalışan bir ısı pompasının tasarımını ve yapımını gerçekleştirmiştir, iki devreden oluşan bir ısı pompası oluşturarak deneysel olarak toprak kaynaklı ısı pompalarını incelemiştir. Su-antifriz karışımından oluşan salamurayı, toprak altına yatay olarak döşenmiş bakır borulardan geçirerek, 1985-86 sezonunun kış ayları boyunca bir hacmin ısıtılmasını sağlamışlardır. Toprak altındaki boru demeti 10 m uzunluğunda 5/8" bakır borudan yapılmıştır. Topraktan soğurulan ısı gücü ölçülmüş ve bir kurumsal modelin sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Bunların dışında toprağın çeşitli bölgelerinin sıcaklığı ölçülmüş, toprağın aylara ve ısıtma ihtiyacına göre sıcaklık değişimleri tespit edilip grafiksel olarak gösterilmiştir. Isıtma mevsiminde değişen iklim koşullarında ve değişen salamura kütle debisinde toplam 44 deney yapılmıştır. Topraktan soğurulan ısı güç ölçülmüş ve teorik modellerin tahminleri ile karşılaştırılmıştır. Sistemin etkinlik katsayısı ise Ekim ayında 1.4, Şubat ayında bir miktar gerileyip 1.1 değerini almış ve Mart-Nisan aylarında ise tekrar yükselerek 1.3 değerine ulaşmıştır (Oskay ve Babür, 1986).

Ayrıca Ataman 1991 yılında yüksek lisans tezi olarak bu konuyu incelemiştir (Ataman, 1991). Bu çalışmada, Göztepe'de inşa edilen bir konutun toprak kaynaklı ısı pompası ile ısıtılması ele alınmıştır, konutun ısı kaybı derece-gün metoduyla hesaplanarak uygun ısı pompası seçilmiştir. Seçilen bu ısı pompasının çalışma şartlarına uygun olarak, toprak ısı değiştiricilerinin boyutlandırılması yapılmıştır.

Günerhan vd. 2001 yılında yaptıkları çalışmada, toprak ısı değiştiricisinin tasarımı ile ilgili tasarım kriterleri verilmiştir. Teorik sonuçlar, Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü binasının bir dersliğinin ısıtılması/soğutulması için tasarlanıp kurulan ve kurulduğundan beri başarıyla çalışan (bu tipte üniversite bazında ilk uygulama), düşey ısı değiştiricili bir toprak

kaynaklı ısı pompası sistemden elde edilen deneysel sonuçlar ile karşılaştırılmıştır.

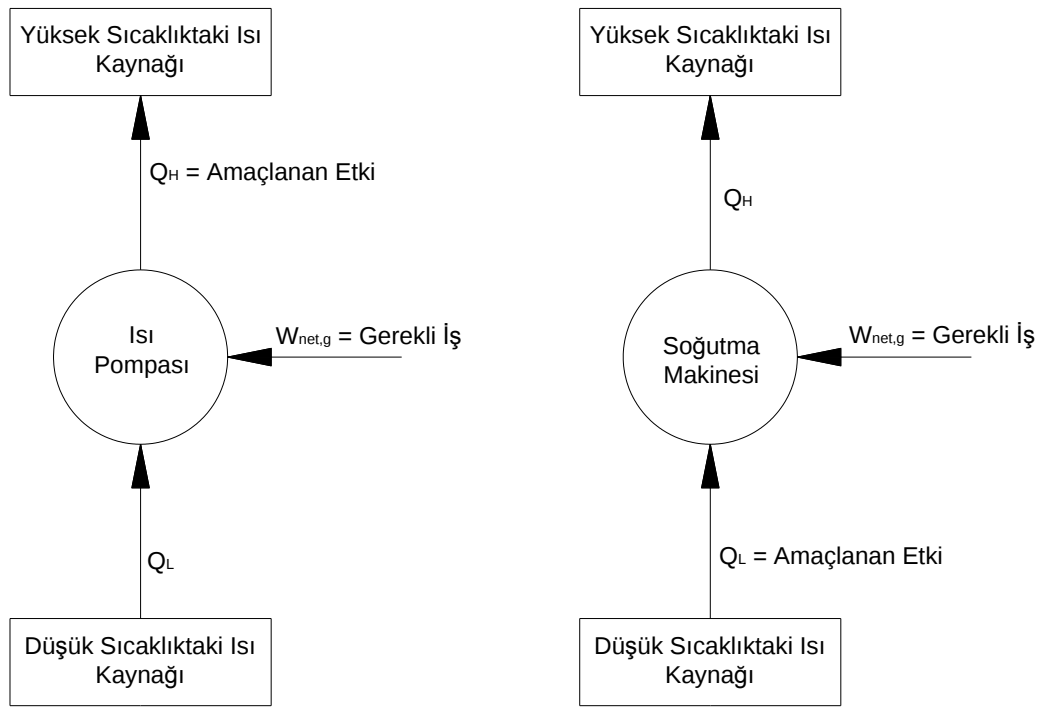
Esen vd. (2004) yatay tip toprak kaynaklı ısı pompası sisteminin performansının, toprak ısı değiştiricisi derinliğine (1m ve 2m) ve salamura debisine bağlı olarak değişimini deneysel olarak incelemişlerdir. Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi'nde 16,24 m² taban alanlı bir test odasına, ısıtma amaçlı yatay toprak ısı değiştiricili toprak kaynaklı ısı pompası sistemi kurulmuştur. Odanın ısı yükü 2,55 kW olarak hesaplanmıştır. Isıtma sistemi 2002 yılı Ekim ayında kurulmuş ve uzun süreli performans değerlendirmesi yapılmıştır. Deneysel sonuçlar, 2002-2003 ısıtma sezonunun Kasım-Mart ayları arasında elde edilmiştir. Sistemin aylık ortalama performans değeri toprak ısı değiştiricisinin iki farklı derinliği (1 ve 2m) için sırasıyla 2,68 ve 2,82 olarak hesaplanmıştır.

Demir (2006), yaptığı doktora çalışmasında toprak ısı değiştiricilerinin optimizasyonu üzerinde çalışmıştır. Yapılan teorik çalışma bir bilgisayar programı haline getirilmiş ve deneysel çalışma ile de desteklenmiştir. Bu amaçla YTÜ Davutpaşa Kampüsü'nde, 800m² açık arazi üzerinde, 4 kW ısıtma kapasitesine sahip bir ısı pompası sistemi kurulmuştur. Gerek deneysel çalışmadan, gerekse konuyla ilgili mevcut çalışmalarla yapılan karşılaştırmadan, geliştirilen teorik modelin yatay borulu toprak ısı değiştiricilerinin boyutlandırılmasında ve topraktaki sıcaklık dağılımının bulunmasında güvenilir bir şekilde kullanılabileceği görülmüştür.

Özgener vd. (2007) güneş enerjisi destekli dikey tip toprak kaynaklı ısı pompasını sera ısıtmasında kullanmış, sistemin enerji ve ekserji analizlerini yaparak, çeşitli su giriş sıcaklıkları için sistemin performansını değerlendirmiştir. Sistemin enerji ve ekserji değerlerinin nasıl değiştiği, Ege Üniversitesi'ndeki Güneş Enerjisi Enstitüsü'nde kurulu olan düzenek üzerinde gösterilmiştir. Yapılan ölçümler neticesinde 16 Aralık 2003'ten 31 Mart 2004'e kadar olan ısıtma sezonu içerisinde, ısı pompası cihazının ve tüm sistemin COP değerlerinin sırasıyla 2,84 ve 2,27 olduğu belirlenmiştir. En yüksek COP değerlerinin 7 Ocak 2004'te gerçekleştiği, değerlerinin ise cihaz ve tüm sistem için sırasıyla 3,14 ve 2,79 olduğu belirlenmiştir.

2. TERMODİNAMİK ESASLAR

Isının yüksek sıcaklıktaki ortamdan düşük sıcaklıktaki ortama geçişi, doğada kendiliğinden olur. Isının bunun aksi istikamette geçişinin sağlanabilmesi için ise bir soğutma makinesinin ya da ısı pompasının kullanılması gerekir. Isı pompası ile soğutma makineleri aslında aynı çevrime göre çalışırlar. Aralarındaki fark ise kullanım amaçlarıdır. Soğutma makinelerinin kullanımındaki amaç, düşük sıcaklıktaki ısı kaynağından ısıyı çekip, bu ısıyı yüksek sıcaklıktaki ısı kaynağına atmaktır. Böylece düşük sıcaklıktaki ortamın soğutulması sağlanmış olur. Isı pompalarının da temeli bu mantık üzerine kurulmuştur. Ancak buradaki gaye; düşük sıcaklıktaki ısı kaynağından ısıyı çekerek, bu ısıyı yüksek sıcaklıktaki ortama göndermektir ki, bu şekilde de yüksek sıcaklıktaki ortamın ısıtılması sağlanmış olur. Çift tesirli ısı pompaları ile kış aylarında ısıtma amacıyla kullanılırken, yaz aylarında da soğutma yapmak için kullanılırlar.



Şekil 2.1 Isı pompası ve soğutma makinesinin çalışma düzeni

Isının soğuk bir ortamdan sıcak bir ortama taşınması çeşitli sistemlerle gerçekleştirilebilir. Bu sebeple ısı pompaları da aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir (Ataman, 1991):

- 1- Buhar sıkıştırmalı
- 2- Absorbsiyonlu

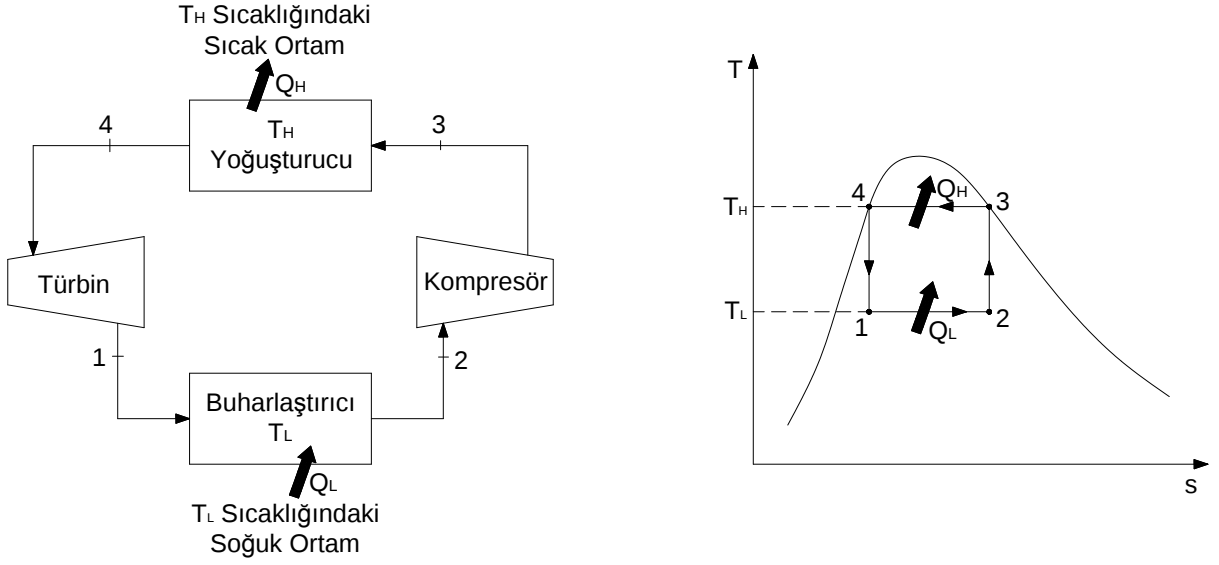
- 3- Gaz çevrimli
- 4- Jet buhar püskürtmeli
- 5- Stirling çevrimli
- 6- Adsorbsiyonlu
- 7- Resorbsiyonlu
- 8- Rankine / Buhar sıkıştırmalı
- 9- Termoelektrik

2.1 Carnot Çevrimi

Tümüyle tersinir hal değişimlerinden oluşan çevrimler, mümkün olabilecek en yüksek verime sahiptirler. Isının mekanik enerjiye dönüştürülmesinde ideal hedef olan Carnot çevrimi, soğutma için de ideal hedef olarak alınmaktadır. Carnot çevrimi; ikisi sabit sıcaklıkta, ikisi de adyabatik olmak üzere tersinir dört hal değişiminden oluşur.

Carnot ısı makinesi çevrimi tümüyle tersinir hal değişimlerinde olduğu için, sistemi ters yönde çalıştırmak mümkündür. Sistem ters yönde çalıştırıldığında ısı ve iş etkileşimlerinin de yönü değişmektedir. Ters Carnot çevrimine göre çalışan bir soğutma makinesi veya ısı pompası, Carnot soğutma makinesi veya Carnot ısı pompası diye bilinir.

Ters Carnot çevriminde 1-2 hal değişimi sırasında, soğutucu akışkana, T_L sıcaklığındaki soğuk ortamdan, sabit sıcaklıkta Q_L miktarında ısı geçişi olur. Akışkan daha sonra izantropik bir hal değişimiyle 3 haline sıkıştırılır ve hal değişimi sonunda sıcaklığı T_H olur. 3-4 hal değişimi sırasında, soğutucu akışkandan T_H sıcaklığındaki ortama, sabit sıcaklıkta ısı geçişi olur ve daha sonra akışkan, 1 haline izantropik olarak genişleyerek çevrimi tamamlar. 4-1 hal değişimi sonunda akışkanın sıcaklığı T_L olur. 3-4 hal değişimi sırasında soğutucu akışkan, yoğunlaştırucuda doymuş buhardan doymuş sıvıya dönüşür.



Şekil 2.2 Carnot soğutma makinesinin düzeni ve ters Carnot çevriminin T-s diyagramı

Carnot soğutma makinesinin ve Carnot ısı pompasının etkinlik katsayıları şu şekilde tanımlanabilir:

$$COP_{SM, Carnot} = \frac{1}{T_H/T_L - 1} \quad (2.1)$$

$$COP_{IP, Carnot} = \frac{1}{1 - T_L/T_H} \quad (2.2)$$

Ters Carnot çevrimi, belirli sıcaklıklardaki iki ısı enerji deposu arasında çalışan en etkin soğutma çevrimidir. Ancak tümüyle tersinir hal değişimlerinden oluşan bu çevrim gerçekte uygulanamaz.

Isı geçişinin olduğu iki izotermal hal değişimi uygulamada gerçekleştirilebilir, çünkü doyma bölgesinde basıncın sabit kalması, sıcaklığın da doyma sıcaklığında sabit kalmasını sağlar. Bu bakımdan 1-2 ve 3-4 hal değişimleri buharlaştırıcı ve yoğuşturuculardaki gerçek duruma yakındır. Fakat 2-3 ve 4-1 hal değişimlerinin uygulamada gerçekleştirilmesi zordur. Çünkü 2-3 hal değişimi bir sıvı buhar karışımının sıkıştırılmasını, başka bir deyişle iki fazlı akışkanla çalışan bir kompresörü gerektirir. 4-1 hal değişimi ise sıvı oranı yüksek bir karışımın genişlemesidir. Carnot çevrimini doyma bölgesinin dışında gerçekleştirerek bu sorunlar çözülmeye çalışılırsa bu kez de ısı geçişi işlemlerinde sabit sıcaklık koşulunun yerine getirilmesi zorluk çıkaracaktır. Bu nedenlerle ters Carnot çevriminin uygulamada gerçekleştirilemeyeceği ve soğutma çevrimleri için bir model oluşturamayacağı ortaya konmuş

olur. Bununla birlikte, gerçek soğutma çevrimlerinin verimlerini, ters Carnot çevriminin verimi ile karşılaştırmak ve gerçek çevrimde buna göre iyileştirmeler yapmak mümkün olur (Çengel ve Boles, 1996).

2.2 İdeal Buhar Sıkıştırma Soğutma Çevrimi

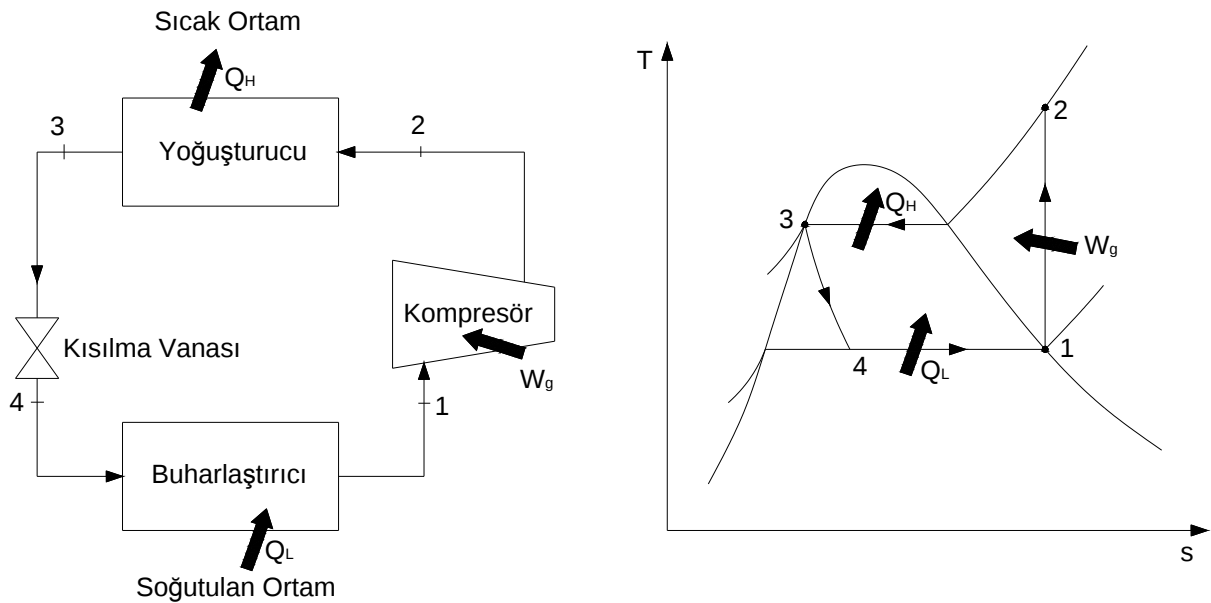
Ters Carnot çevriminin uygulanmasındaki güçlükler, buharı sıkıştırmadan önce tümüyle buharlaştırarak ve 4-1 hal değişimindeki genişlemeyi bir kısılma işlemiyle gerçekleştirerek aşılabılır. Kısılma işlemi, sıvıyı bir kısılma vanasından veya kılcal borulardan geçirerek yapılabilir. Bu şekilde elde edilen çevrim, “ideal buhar sıkıştırma soğutma çevrimi” diye bilinir. Buhar sıkıştırma çevrim; soğutma makinelerinde, iklimlendirme sistemlerinde ve ısı pompalarında en çok kullanılan çevrimdir. Bu çevrimi oluşturan hal değişimleri şöyledir:

1-2 Kompresörde izantropik sıkıştırma,

2-3 Yoğuşturucuda çevreye sabit basınçta ısı geçişi,

3-4 Kısılma (genişleme ve basıncın düşmesi),

4-1 Buharlaştırıcıda, akışkana sabit basınçta ısı geçişi.



Şekil 2.3 İdeal buhar sıkıştırma soğutma çevriminin düzeni ve T-s diyagramı

İdeal buhar sıkıştırırmalı soğutma çevriminde, soğutucu akışkan kompresöre 1 halinde doymuş buhar olarak girer ve izantropik olarak yoğusturucu basıncına sıkıştırılır. Sıkıştırma işlemi sırasında, soğutucu akışkanın sıcaklığı çevre ortam sıcaklığının üzerine çıkar. Soğutucu akışkan daha sonra 2 halinde kızgın buhar olarak yoğusturucuya girer ve yoğusturucudan 3 halinde doymuş sıvı olarak ayrılır. Yoğuşma sırasında akışkandan çevreye ısı geçişi olur. Soğutucu akışkanın sıcaklığı 3 halinde de çevre sıcaklığının üzerindedir.

Doymuş sıvı halindeki akışkan daha sonra bir genişleme vanası veya kılcal borulardan geçirilerek buharlaştırıcı basıncına kısılır. Bu hal değişimi sırasında soğutucu akışkanın sıcaklığı, soğutulan ortamın sıcaklığının altına düşer. Soğutucu akışkan buharlaştırıcıya 4 halinde, kuruluk derecesi düşük bir doymuş sıvı buhar karışımı olarak girer ve soğutulan ortamdaki ısı alarak tümüyle buharlaşır. Soğutucu akışkan buharlaştırıcıdan doymuş buhar halinde çıkar ve kompresöre girerek çevrimi tamamlar (Çengel ve Boles, 1996).

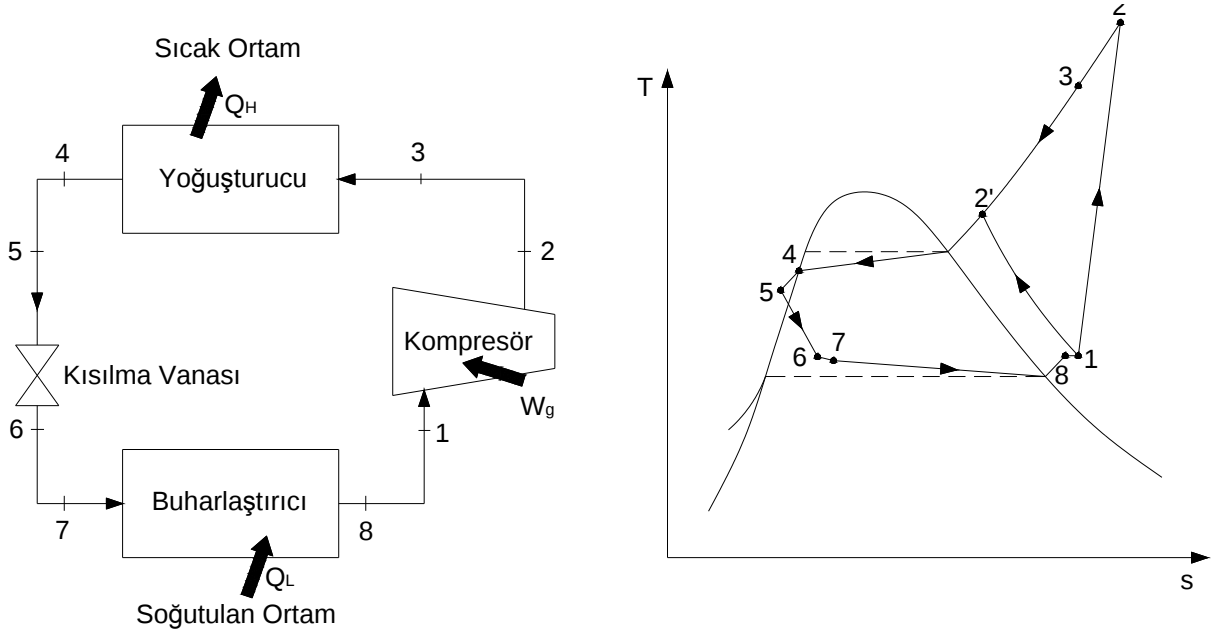
Buhar sıkıştırırmalı bir soğutma makinesi ve ısı pompasının etkinlik katsayıları aşağıdaki gibi yazılır:

$$COP_{SM} = \frac{q_L}{w_{net,g}} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \quad (2.3)$$

2.3 Gerçek Buhar Sıkıştırırmalı Soğutma Çevrimi

Gerçek buhar sıkıştırırmalı soğutma çevrimi, ideal çevrimden birkaç bakımdan farklıdır. Bu farklılık daha çok, gerçek çevrimi oluşturan elemanlardaki tersinmezliklerden kaynaklanır. Tersinmezliğin iki ana kaynağı, basıncın düşmesine neden olan akış sürtünmesi ve çevreyle olan ısı alışverişidir. Gerçek bir buhar sıkıştırırmalı soğutma çevriminin T-s diyagramı Şekil 2.4’de görülmektedir.

İdeal çevrimde, buharlaştırıcıdan çıkan soğutucu akışkan kompresöre doymuş buhar halinde girer. Bu koşul uygulamada gerçekleştirilemez, çünkü soğutucu akışkanın halini 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, buharlaştırıcıyla 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.



Şekil 2.4 Gerçek buhar sıkıştırımlı çevrimin düzeni ve T-s diyagramı

İdeal çevrimde sıkıştırma işlemi içten tersinir ve adyabatiktir, başka bir deyişle izantropiktir. 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 izantropik olmaktansa, 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 kısılma vanası girişi arasında bir basınç düşmesi vardır. Akışkanın kısılma vanasına 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. Kısılma vanasıyla buharlaştırıcı birbirine çok yakındır, bu nedenle aradaki basınç düşmesi küçüktür (Çengel ve Boles, 1996).

2.4 Isı Pompalarının Sınıflandırılması

2.4.1 Isı Kaynakları

Isının çekildiği ve atıldığı kaynakların aynı sıcaklıkta olmaları halinde, ısı pompası maksimum verimle çalışır. Dolayısıyla mümkün olan en sıcak kaynak, ısı pompası için en uygun kaynaktır. Ancak, kaynak sıcaklığının doğrudan kullanıma imkan vermeyecek bir değerde olması gerekir. Aksi takdirde ısı pompasına gerek duyulmaz.

Isı pompalarında hava, su, toprak ve güneş enerjisi olmak üzere başlıca dört kaynaktan yararlanılır. Bunlardan ilk üçü tek başlarına kullanılabilmeyle beraber, güneş enerjisi genellikle yardımcı kaynak olarak kullanılmaktadır. Atık ısı ve lağım sularından da ısı kaynağı olarak faydalanılabilmektedir (Ataman, 1991).

2.4.1.1 Hava

Hava, ısı pompası için ucuz, bol ve her yerde bulunabilen bir ısı kaynağıdır. Bu sebeple tüm ülkelerde kullanılır. Hava kaynaklı ısı pompalarının en büyük avantajları, sürekli bulunabilmesinden başka, geniş bir uygulama alanının bulunması; kullanılan ekipmanların makul boyutlarda olması ve nispeten düşük işletme ve yatırım maliyetleri gerektirmeleridir. Ayrıca kompakt halde çok geniş çalışma şartlarına uygun olarak, nispeten ucuza üretimleri yapılabilmektedir. Hava kaynaklı ısı pompalarının iki büyük dezavantajı vardır:

- 1) Hava sıcaklığının çok değişken olması
- 2) Buzlanma problemi

Isı ihtiyacımızın yüksek olduğu anlarda kaynak yani hava sıcaklığı düşüktür. Soğutma yükünün fazla olduğu zaman da, hava sıcaklığı yüksektir. Bu da, ısı pompasının ısıtma ve soğutma kapasitelerinin düşmesine neden olur. Bu durumda ya cihaz minimum ve maksimum sıcaklıklardaki kapasiteleri karşılayabilecek şekilde seçilir ya da ek bir sisteme ihtiyaç duyulur. Isı kaynağı sıcaklığının çok değişken olması, projelendirmeyi ve ekipman seçimini zorlaştırır.

Hava kaynaklı ısı pompalarında, buharlaştırıcıda ısı transferini sağlamak amacıyla, kaynak sıcaklığı ile soğutucu akışkan arasında genellikle 8 °C civarında bir fark olur. Isıtma mevsiminde buharlaştırıcı yüzey sıcaklığı 0 °C'nin altına düştüğünde, hava içerisinde bulunan su buharı buharlaştırıcı yüzeyinde yoğunlaşarak buzlanmaya neden olur. Buzun, buharlaştırıcı

yüzeyinde uzun süre birikmesi halinde ısı geçişi azalır. Bu durum ısı pompasının etkinlik katsayısının ve ısıtma kapasitesinin düşmesine neden olur. Yapılan araştırmalar, buz birikiminin, 9,8-14,6 kg/m² değerine kadar ısı transferini artırıcı yönde rol oynadığını göstermektedir. Ancak daha fazla birikmeyi engellemek için, buzun periyodik olarak buharlaştırıcı yüzeyinden çözülmesi gerekmektedir.

2.4.1.2 Su

Kuyulardan, göllerden, nehirlerden, denizden, şehir şebekesinden ve üretim tesislerinden elde edilebilen su, ısı kaynağı olarak kullanılabilir.

Kuyu suyu, 45-150 metre derinlikte ve kuzey ülkelerinde, yaklaşık 10 °C, güney ülkelerinde ise yaklaşık 16 °C civarındadır. Yıl boyunca su sıcaklığının fazla değişmemesi büyük bir avantajdır. Göl, nehir ve benzeri yer üstü sularında ise, sıcaklık, yıl boyunca kuyu sularına göre daha fazla değişmekle beraber; değişim havada olduğu kadar değildir. Ülkemizde yer üstü sularının genellikle 0 °C'nin altına düşmemesi de ayrıca bir avantajdır.

Kuyu suyundan yararlanıldığında, sıcaklığı düşmüş olarak buharlaştırıcıyı terk eden suyun, kaynak sıcaklığını düşürmemesi için, genellikle bir daha kullanılmamak üzere bir başka yere atılması gerekmektedir. Ayrıca kuyu suyundan yararlanabilmenin bir başka şartı da yüksek debilerde su elde etmenin mümkün olmasıdır. Dolayısıyla suyun bir defa kullanılması ve büyük miktarlarda gerekmesi, kuyu suyundan yararlanma olanaklarını kısıtlar. Arazide yeterli derecede ve uygun özelliklerde suyun bulunma belirsizliği, sondaj ve bakım maliyetlerinin yüksek olması, kullanımı pek de azaltmamıştır. Ancak kuyu suyunun maliyeti küçük tesisler için çok da uygun değildir.

Kaynak olarak su kullanıldığı takdirde, kullanılan suyun kalitesi de önemlidir. Su kalite testi, kesinlikle yapılmalı ve içerdiği mineraller korozyon probleminden ötürü önceden incelenmelidir.

Suyu kaynak olarak kullanmanın bir başka avantajı ise, ısı değiştiricilerinde, ısı geçişinin daha yüksek olmasıdır. Ancak ısı değiştiricilerinin daha verimli ve kompakt yapılmaları gerekmektedir (Ataman, 1991).

2.4.1.3 Toprak

Isı kaynağı olarak toprağın kullanılması, diğer sistemlere göre daha pahalıdır.

Toprak kaynaklı ısı pompaları, buharlaştırıcısında topraktan çekilen ısıyı kullanan ısı pompalarıdır. Toprakla olan ısı alışverişi, toprağa yatay veya dikey olarak gömülmüş toprak ısı değiştiricileriyle gerçekleştirilir. Toprak altına gömülen borulardan doğrudan soğutucu akışkan veya daha ucuz olması bakımından genellikle salamura geçirilir. Su veya salamura, toprak ısı değiştiricisini oluşturan borulardan geçirilerek elde edilen ısı enerjisi, ısı pompasındaki buharlaştırıcıda soğutucu akışkana aktarılır. Toprak kaynaklı ısı pompalarında her ne kadar ısı kaynağı toprak ise de, ısı topraktan sıvı akışkan vasıtası ile çekildiğinden, kullanılan ısı pompaları su (salamura)/hava, su (salamura)/su ısı pompalarıdır.

Toprağın yoğunluğu, bileşimi, içerdiği nem miktarı ve gömme derinliği, toprak ısı değiştiricisinin seçimini ve boyutlandırılmasını etkiler. Toprak özelliklerinin zamana bağlı olarak değişmesi projelendirme de güçlük yaratan sebeplerden birisidir. Aynı şekilde ısı pompası da çalıştırıldığı andan itibaren toprağın özelliklerini etkiler. Örneğin, ısı pompası ile ısıtma yapıldığı takdirde, toprak ısı değiştiricisine yakın bölgelerde toprak sıcaklığı düşer. Dolayısıyla bu bölgede nem miktarı ve toprak özellikleri değişir. Salamuranın buharlaştırıcıya giriş sıcaklığı da aynı sebeple düşer, dolayısıyla ısı pompası kapasitesi ve etkinlik katsayısı da doğrudan etkilenir. Soğuk yörelerde, ısıtma yapıldığı süre içerisinde toprağa yeteri kadar ısı girişi olmazsa; kış aylarında topraktan sürekli çekilen ısı nedeniyle, toprağın donması tehlikesi de mevcuttur.

Ancak, toprak sıcaklığının havaya göre genellikle daha uygun sıcaklıklarda ve sıcaklık değişiminde bulunması, ayrıca salamura-soğutucu akışkan ısı değiştiricilerinin, hava-soğutucu akışkan ısı değiştiricilerine göre daha az bir sıcaklık farkında çalışabilmeleri, toprak kaynaklı ısı pompalarının, hava kaynaklı ısı pompalarına göre avantajı olmaktadır (Ataman, 1991).

2.4.1.4 Güneş

Isı kaynağı olarak güneş enerjisinden yararlanmanın en büyük avantajı, ısı pompası buharlaştırıcı sıcaklığının yüksek seçilebilmesine imkan vermesidir. Dolayısıyla ısıtma etkinliği yükselmiş olur. Güneş enerjisinden yararlanan ısı pompası sistemleri, daha düşük kolektör sıcaklığında çalıştıklarından, kolektör verimi diğer güneş enerjisi sistemlerinde olduğundan yüksektir.

Kaynak olarak güneş enerjisinden yararlanıldığında iki temel sistem söz konusudur. Bunlar direkt ve indirekt sistemlerdir. Direkt sistemlerde kolektörler buharlaştırıcı görevi görür. Endirekt sistemlerde ise kolektörden su veya su buharı geçirilerek kaynak olarak bunlardan

yararlanılır.

Ancak, hava kaynağında olduğu gibi, ısı ihtiyacının yüksek olduğu günlerde güneş enerjisi de az olduğundan; ek bir ısıtma sistemine gerek vardır.

Çizelge 2.1’de ısı kaynaklarının karşılaştırması özet halde verilmiştir (Ataman, 1991).

2.5 Toprak Isı Değiştiricisi Seçimi

Isı kaynağı olarak topraktan yararlanılmasının düşünüülmesinin halinde, toprak özellikleri, bina ısıtma ve soğutma yükleri hesaplandıktan sonra, tasarımcı toprak ısı değiştiricisi özelliklerini seçmeye hazırdır. Isı değiştiricisi tipi, şekli, boru malzemesi, boru çapı ve et kalınlığı ile boru uzunluğu belirlenmelidir. Genellikle tasarımcı, aşağıdaki şartlardan bir veya birkaçını sağlamaya çalışmalıdır:

- Toprak ısı değiştiricisi maliyetini azaltmak,
- Isı değiştiricisinin döşenmesi için gerekli alan ihtiyacını azaltmak,
- Yerleştirme ve bakımı basitleştirmek,
- Uzun vadeli kullanım ömrünü sağlamak.

Yatay ya da dikey sistem şeklinin seçilmesinde yöresel, iklimsel ve ekonomik etkenler nemlidir.

2.5.1 Yöresel Etkenler

Topraktan ısı kaynağı olarak yararlanılmasına karar verilirken yöresel etkenler önemli rol oynar.

Her şeyden önce elektrik tesisatının uygun ve güvenilir olması kesin bir gerekliliktir ve elektrik birim fiyatı diğer tüm alternatif yakıtlarla karşılaştırıldığında ekonomik olmalıdır. Yörede uygun delme ve hafriyat makinelerinin bulunması da bir gerekliliktir. Bazı çok sapa yörelerde topraktan yararlanma bu bakımdan mümkün olmayabilir. Ayrıca, yüzeyde sert kayaların bulunması, topraktan yararlanmayı güçleştirir. Yerleşim bölgelerinde ise yeterli alan bulunamamasından, yatay döşenmiş toprak ısı değiştiricileri uygun olmayabilir. Bu gibi durumlarda dikey toprak ısı değiştiricileri tek çözümdür (Ataman, 1991).

Çizelge 2.1 Değişik ısı kaynaklarının karşılaştırması (Ataman, 1991)

ISI KAYNAĞI	HAVA	ŞEHİR SUYU	KUYU SUYU	YÜZEY SUYU	ATIK SU	TOPRAK	GÜNEŞ ENERJİSİ
KAYNAK SINIFLANDIRMASI	Birincil	Birincil veya Yardımcı	Birincil	Birincil	Birincil veya Yardımcı	Birincil veya Yardımcı	Yardımcı
İSİNİN ATILMASI İÇİN UYGUNLUĞU	İyi	İyi	İyi	İyi	Kaynağa göre Değişmekte	Genellikle Zayıf	Isıyı Havaya Atmada Kullanılabilir
BULUNABİLİRLİK (YÖRE)	Üniversal	Şehirler	Belirsiz	Nadir	Sınırlı	Yaygın	Üniversal
BULUNABİLİRLİK (ZAMAN)	Sürekli	Sürekli	Sürekli	Sürekli	Değişken	Sürekli	Tahmin Edilemez
İLK YATIRIM MASRAFLARI	Düşük	Genellikle En Düşük	Kuyu Açmanın Maliyetine Göre Değişmekte	Düşük	Düşük	Değişken	Yüksek
İŞLETME MASRAFLARI	İzafi Olarak Düşük	Yüksek	Düşük-Orta	İzafi Olarak Düşük	Düşük	İzafi Olarak Orta	Yardımcı Kaynak Olarak İşletme Maliyetlerini Düşürür
SICAKLIK SEVİYESİ	Uygun	Genellikle Tatmin Edici	Tatmin Edici	Tatmin Edici	Genellikle İyi	Aşırı Miktarlarda Isı Çekilmediği Sürece İyi	Çok İyi
SICAKLIK DEĞİŞİMİ	Aşırı	Yöreye Göre Değişmekte	Düşük	Orta	Genellikle Orta	Derinliğe Göre Değişmekte Ancak Havadan Daha Düşük	Aşırı
EKİPMANLARIN BOYUTLARI	Orta	Küçük	Kuyu Ekipmanları Haricinde Küçük	Küçük	Değişken Genellikle Orta	Toprak Isı Değiştiricileri Haricinde Küçük	Sadece Bazı Yöreler İçin Elverişli

2.5.2 Ekonomik Etkenler

Ekonomik etkenler, genelde tüm ısıtma-soğutma-havalandırma sistemlerinde olduğu gibi toprak kaynaklı ısı pompası sistemlerinin projelendirilmesinde de önemlidir.

Fuel oil, doğal gaz, kömür gibi alternatif yakıtların fiyatlarının, elektrik fiyatları ile mukayese edilmesi gereklidir. Delme ve hafriyat masrafları, yöresel olarak az da olsa değişkendir ve öngörülen sistemin uygunluğunu belirler. Bir diğer önemli etken, yapının ısı yükü ve ısı kaybıdır.

İlk yatırım maliyeti yüksek olan ısı pompası sistemleri, küçük, iyi yalıtılmış yapılar için ekonomik olmayabilir. Bu sebeple, toprak kaynaklı ısı pompası tesisleri, elektrik birim fiyatlarının uygun olduğu yerlerde, genellikle, ısı kaybının ve kazancının yüksek olduğu binalarda ekonomiktir.

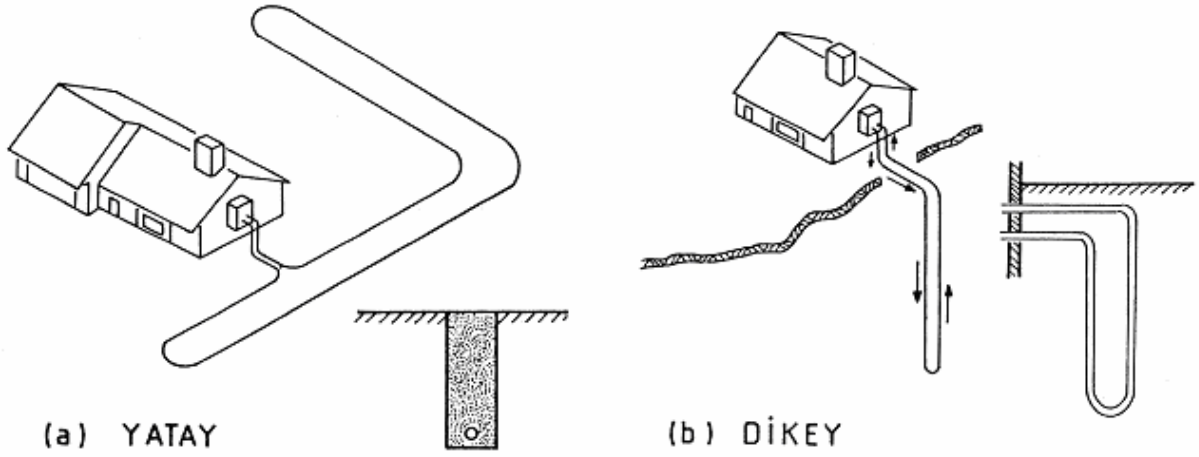
İlk yatırım ve işletme maliyetleri arasında bir denge kurulmalıdır. İlk yatırım maliyetlerini en çok, toprak ısı değiştiricilerinin maliyeti etkiler. Bu yüzden, ısıtma ve soğutma yükleri hesaplandıktan sonra verilecek en önemli karar, toprak ısı değiştiricisinin tahmini boyu, yerleştirme ve düzenleme şeklidir. Dikey veya yatay şekil; seri veya paralel düzenleme; küçük veya büyük çap ve boru malzemesi seçimlerinin hepsi maliyet üzerinde etkilidir. Maliyetler bölgeye ve zamana bağlı olarak değişir. Ayrıca ısı kaybı ve kazancının, iklimin ve toprak şartlarının yöreye ve bina şartlarına göre değişken olması da hesapların çeşitli çözümler dikkate alınarak yapılmasını gerekli kılar (Ataman, 1991).

2.6 Toprak Isı Değiştiricisi Tipleri

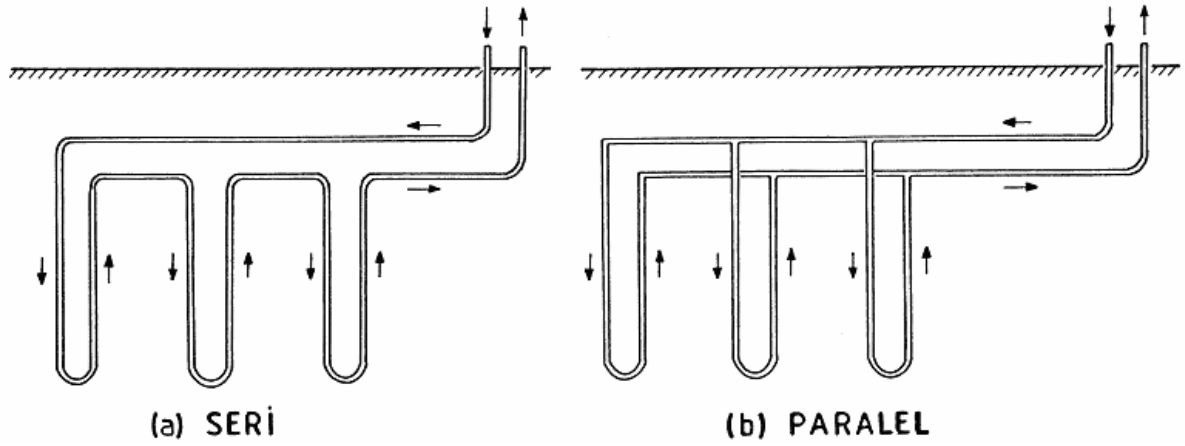
Toprak ısı değiştiricileri Şekil 2.5’de görüldüğü gibi yatay veya dikey olarak yerleştirilebilir. Dikey ısı değiştiricileri yerlerine, delme makineleri ile yapılan kazım sonucu yerleştirilir.

Yatay sistemi kurmak için de, bir veya birkaç hendek açılmalıdır. Kapalı devre toprak ısı değiştiricileri, salamuranın akış yollarına göre seri veya paralel tipte olabilir (Şekil 2.6). Seri tipte tek bir akış yolu mevcuttur. Paralel tipte ise birkaç akış yolu vardır. İyi bir akış dağılımı sağlamak amacıyla, paralel boru çapları besleme ve dönüş borularının çaplarından ufak olmalıdır.

Dikey ısı değiştiricilerinin genellikle, yatay ısı değiştiricilerine göre bazı avantajları vardır; çünkü dikey tiplerde, boruların büyük bir bölümü, toprağın düşük ısı direnç gösteren



Şekil 2.5 Toprak ısı değıştiricisi tipleri (Ataman, 1991)



Şekil 2.6 Salamuranın akış yollarına göre dikey toprak ısı değıştiricileri (Ataman, 1991)

bölümündedir (toprak altındaki sulu bölge). Yer altı sularının hareketleri, ısı değıştiricisinin iyilik derecesini yükseltir. Ancak dönüş ve besleme borularını aynı deliğe yerleştirme zorunluluğu da, ısı transferi bakımından kısa devreye sebebiyet vereceğinden, dikey tiplerin yerleştirilmesinde bu noktaya dikkat edilmelidir. Borular arasındaki ısı transferi, ısı değıştiricisinin iyilik derecesinin düşmesine sebep olur ve bu etki delik boyu ile birlikte artar.

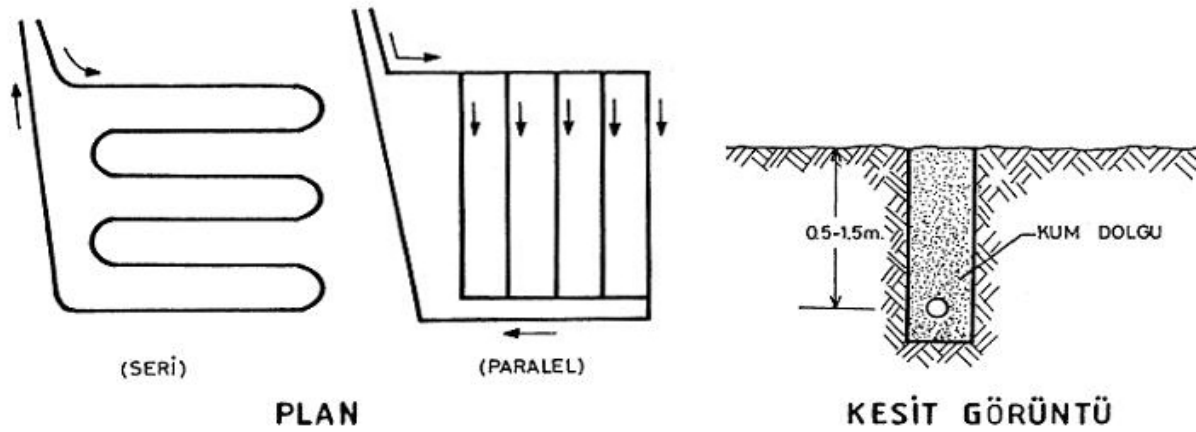
Diğer yandan yatay ısı değıştiricisinin iyilik derecesi, ısıtma ve soğutma mevsimleri boyunca yağmur, kar ve diğer yüzey olayları sebebiyle, ısı değıştiricisinin yüzeye yakınlığıyla orantılı olarak etkilenir.

2.6.1 Yatay Toprak Isı Değıştiricileri

Yatay sistemler tek bir hendek veya birbirine yakın hendekler içine, bir veya birbirine yakın

hendekler içerisine, bir veya birden fazla borunun yerleştirilmesiyle oluşturulur. Isı değıştiricisinin iyilik derecesi borular arasındaki mesafeye bağıdır.

Yatay ısı değıştiricileri, salamuranın akış yönüne göre seri veya paralel olarak sınıflandırılabilir (Şekil 2.7). Bununla beraber toplam hendek uzunluğunu kısaltmak amacı ile tek bir hendek içerisine bir kaç boru yerleştirilebilir. Hendeklerin genişliği 0,6-0,9 m mertebelerindedir. Borular, yüzey şartlarından en az düzeyde etkilenmeleri amacıyla, genellikle 0,5-2,5 m derinlikte döşenir. Bu mesafe arttıkça, ısı değıştiricisinin iyilik derecesi gerek toprak sıcaklıklarının daha uygun olması, gerekse boruların yüzey şartlarından daha az etkilenmesi sebebiyle artar. Ancak, bu durumda, hafriyat masrafları da artacağından; gömme derinliğine ekonomik analiz sonucu karar verilmelidir. Şayet, tek bir hendek içersine bir kaç kat boru döşenecek ise, borular arası kot farkı genellikle 0,3-0,5 m civarında olmalıdır.



Şekil 2.7 Tekli yatay toprak ısı değıştiricisi yerleştirme şekilleri (Ataman, 1991)

Borular döşendikten sonra, dikkat edilecek bir başka husus da, toprak ve boru arasındaki ısı transferini iyileştirmek amacı ile hendekten çıkarılan toprağın, yerine tekrar yerleştirilken yoğunluğunu arttırmak için sıkıştırılması gereğidir.

Ball (1983) en yaygın yatay ısı değıştiricilerinin, 3/4, 1, 1-1/2 inçlik; tek borulu, 0,5-2,5 m derinliğe ve birbirlerinden 0,6-2,5 m aralıklarda döşenmiş yatay ısı değıştiriciler olduğunu belirtmiştir. Bu tip ısı değıştiriciler, genelde temel kabul edilir ve diğer ısı değıştiricilerinin iyilik dereceleri bunlara göre mukayese edilir (Bose vd., 1985).

Yatay toprak ısı değıştiricilerinde, 700 m boru boyu, 2 inç boru çapı ve 1 l/s akışkan debisi kullanılabilir üst sınır değerleri olarak kabul edilir (Bose vd., 1985).

Toprak ısı değiştiricisinin seri yerleştirilmesi, basınç dūřmesi ve ekonomik değerler incelenerek ele alınmalıdır.

Çizelge 2.2’de boru çaplarına göre pratikte uygulanan uzunluk sınırları verilmiştir (Bose vd., 1985).

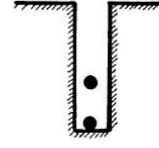
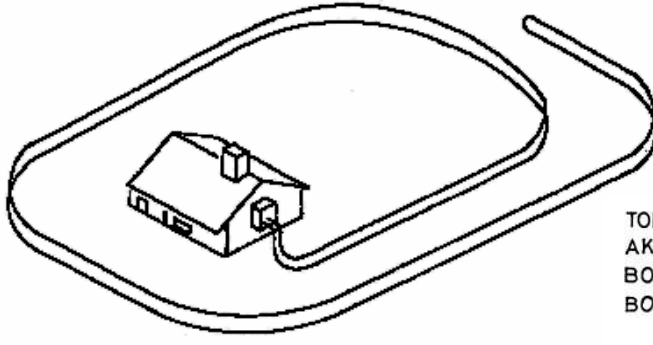
Çizelge 2.2 Boru çaplarına göre uygulanan boru uzunlukları

BORU ÇAPI	BORU UZUNLUĞU
[inç]	[m]
3/4	≤ 150
1	≤ 230
1-1/4	≤ 900
1-1/2	≤ 1200
2	≤ 2500

şekil 2.8’de, şekil 2.9’da ve şekil 2.10’da ise çeşitli yatay ısı değiştiricileri örnekleri verilmiştir (Bose, 1982).

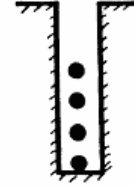
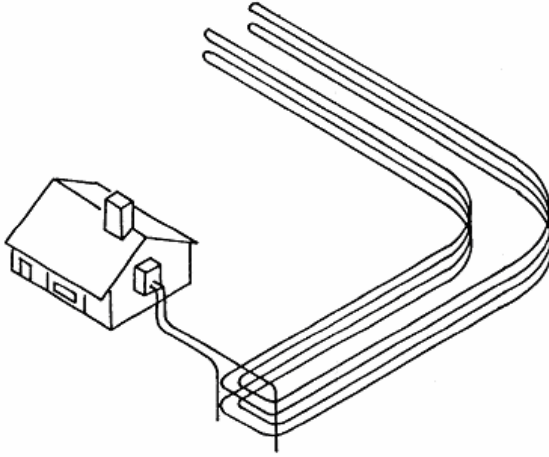


şekil 2.8 Seri akış yollu, yatay toprak ısı değiştiricisi



TOPRAK ISI DEĞİŞTİRİCİSİ TİPİ: YATAY-ÇİFT BORU
 AKIŞ TİPİ: SERİ
 BORU ÇAPI: 1 1/4 _ 2 İNÇ
 BORU UZUNLUĞU: 18_26 m HENDEK/kW
 35_52 m BORU / kW
 GÖMME DERİNLİĞİ: 1.2m ve 1.8m.
 0.9m ve 1.5m.

Şekil 2.9 Seri akış yollu, yatay toprak ısı değıştiricisi



TOPRAK ISI DEĞİŞTİRİCİSİ TİPİ: YATAY_DÖRT BORU
 AKIŞ TİPİ: PARALEL
 BORU ÇAPI : PARALEL BORULAR 3/4_1 İNÇ
 BESLEME BORULARI 1 1/2 _ 2 İNÇ
 PARALEL BORU UZUNLUĞU: 150m. MAKSİMUM UZUNLUK
 (3/4 İNÇ)
 230m. MAKSİMUM UZUNLUK
 (1 İNÇ)
 GÖMME DERİNLİĞİ : 2.1 m.
 KOT FARKI : 0.3m.

Şekil 2.10 Dört borulu, paralel akış yollu, yatay toprak ısı değıştiricisi

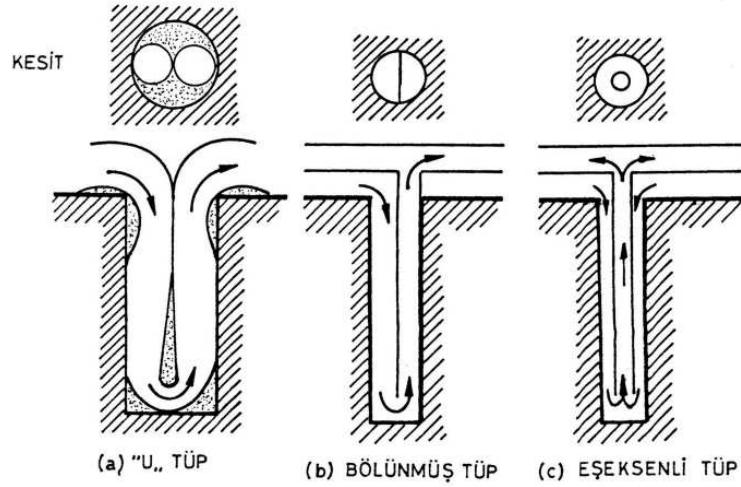
2.6.2 Dikey Toprak Isı Değıştiricileri

Dikey toprak ısı değıştiricisi sisteminin paralel birçok dikey serpantinden oluşturulması mümkündür. Böylelikle, daha küçük çapta borular kullanılır ve tek bir dikey sistem gibi daha derin olarak konulmazlar.

Dikey montajda, süre; kurulacak yerdeki sondajın tipine ve derinliğine, toprağın tipine ve sertliğine ve aküferlerin bulunup bulunmamasına bağlı olarak değışir. Tipik delme süreleri 1-2 gündür; toplam kurulum genellikle 2 günde yapılabilir. Dikey boru delikleri yaklaşık olarak 3-4,5 uzaklıkta yerleştirilir (Hepbaşlı, 1999).

Dikey toprak ısı değıştiricileri yerleştirme şekilleri, kesit geometrilerine göre

sınıflandırılabilir. Şekil 2.11’de bunlar, U-tüp, bölünmüş tüp ve eşeksenli tüp olarak gösterilmişlerdir.



Şekil 2.11 Kesit geometrilerine göre dikey toprak ısı değiştiricileri (Ataman, 1991)

U-tüp boru çapları, $\frac{3}{4}$ '' ile 2'' arasındadır. Isı değiştiricisi derinliği, basınç düşmesi ve ısı transferi göz önünde bulundurularak boru çaplarına göre 15-185 m arasında değişir. Şekil 2.12’de ve Şekil 2.13’de dikey U-tüp toprak ısı değiştiricileri için seri ve paralel yerleştirme örnekleri verilmiştir (Bose, 1982).

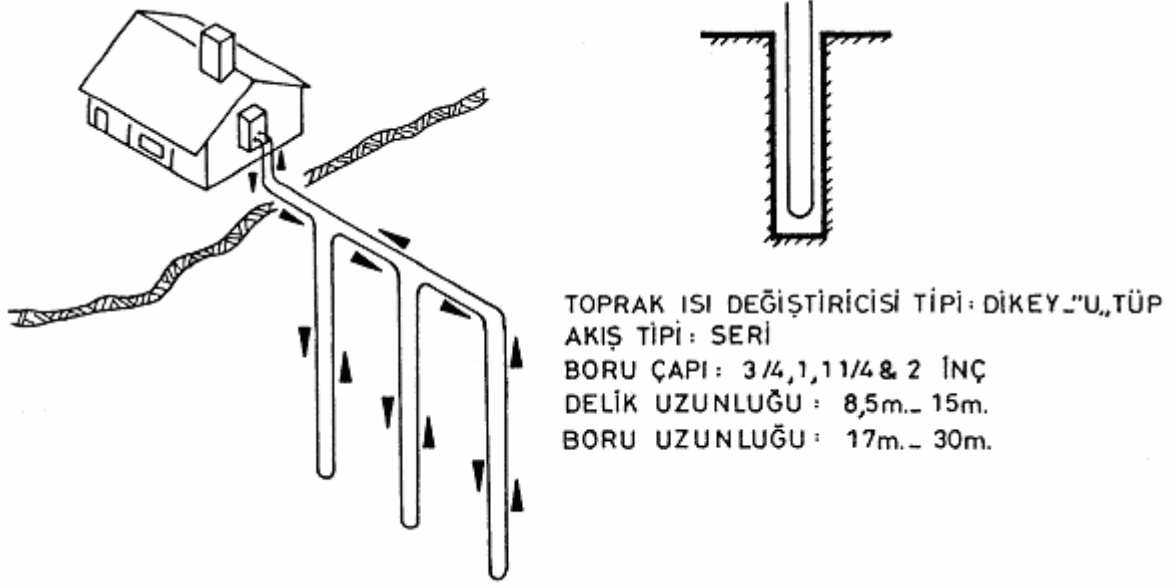
2.7 Toprak Özelliklerini İyileştirme Yöntemleri

Borular döşendikten sonra, etraflarına, daha yüksek yoğunlukta toprak doldurulmalı ya da hendekten çıkarılan toprak, yerine sıkıştırılarak konmalıdır. Toprak ısı direncinin % 20’si, boru çevresinden itibaren ilk 15 cm’lik mesafe içerisinde meydana gelir (Bose vd., 1985).

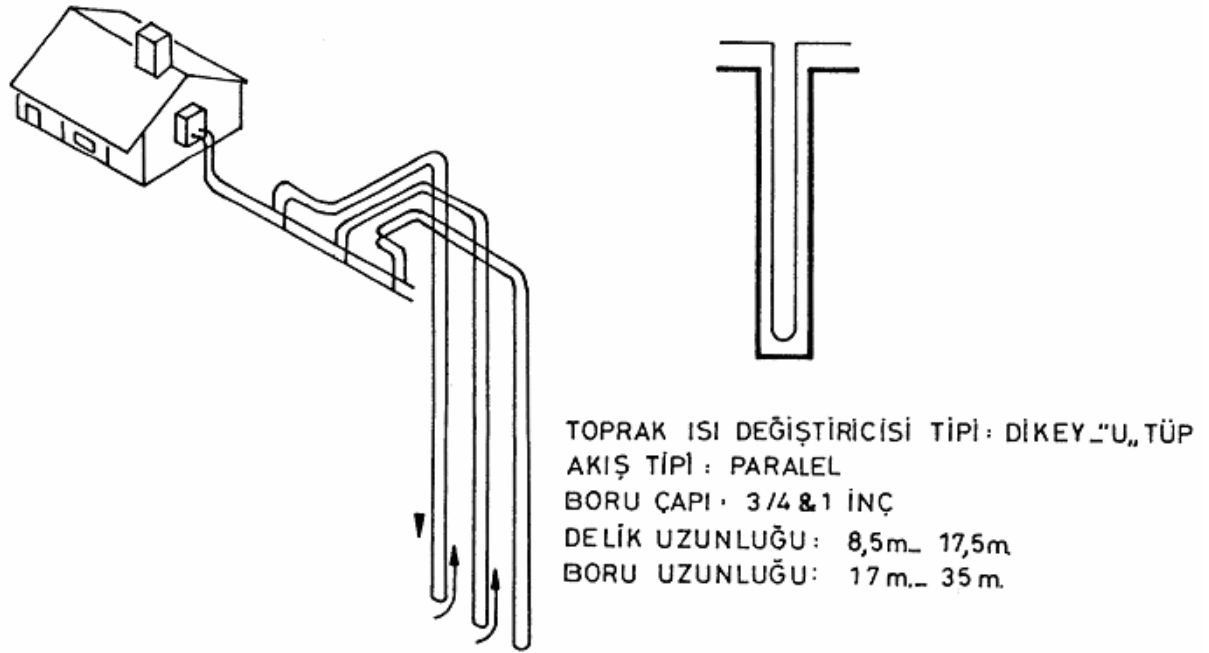
Bu yüzden boru ile toprak teması mükemmel olmalıdır. Şayet toprak içerisinde, ısı özellikleri açısından istenmeyen materyaller mevcut ise, boru çevresine, istenilen özelliklerde toprak yerleştirilmelidir. Bu koruyucu dolgu iyi seçilmelidir. Özellikle, pahalı ve kuru haldeki ısı direnci yüksek olan inşaat kumu gibi malzemeler kullanılmamalıdır.

Çeşitli toprak dolgu elemanları şunlardır:

- Balmumu
- Portland Çimentosu
- Şişmez killer



Şekil 2.12 Seri akış yollu, dikey, U-tüp toprak ısı değıştiricisi



Şekil 2.13 Paralel akış yollu, dikey, U-tüp toprak ısı değıştiricisi

2.8 Toprak Isı Değıştiricisi Boru Malzemeleri

Toprak ısı değıştiricilerinde kullanılacak, uygun bir borunun seçilmesi önemlidir. Bu seçim, uygun çap ve et kalınlığının belirlenmesiyle birlikte, uygun bir malzeme seçimini de içerir. Bazı toprak ısı değıştiricilerinde, boru malzemesi olarak çelik ve bakır kullanılmasına

rağmen, çoğunlukla PVC, polibütlen ve polietilen gibi plastik borular kullanılır. Yüksek mukavemet ve ısı özelliklere sahip, ucuz plastik boruların üretilmesi, toprak kaynaklı ısı pompalarının kullanımının yaygınlaşmasında önemli bir etkindir.

PVC borular, toprak ısı değiştiricilerinde yaygın olarak kullanılmışlarsa da, bağlantı yerlerindeki sızıntı ve ısı genleşme sonucu meydana çıkan gerilmelere dayanma problemlerinden dolayı, son yıllarda yerlerini polietilen ve polibütlen borulara bırakmıştır.

Bu iki tip boruya ait özellikler Çizelge 2.3’de verilmiştir.

Çizelge 2.3 Boru Malzemelerinin Özellikleri (Ersöz, 2000)

Boru Malzemesi		Nominal Çap	Dış Çap	İç Çap	Boru Isı İletim Katsayısı	Boru Isıl Direnci
		[inç]	(D _o) [inç]	(D _i) [inç]	(k _b) [W/mC]	(R _b) [m°C/W]
Polietilen	SDR-11	3/4	1,05	0,86	0,391	0,0815
	SDR-11	1	1,315	1,077	0,391	0,0815
	SDR-11	1-1/4	1,66	1,358	0,391	0,0815
	SDR-11	1-1/2	1,9	1,554	0,391	0,0815
	SDR-11	2	2,375	1,943	0,391	0,0815
	SCH-40	3/4	1,05	0,824	0,391	0,0983
	SCH-40	1	1,315	1,049	0,391	0,0919
	SCH-40	1-1/4	1,66	1,38	0,391	0,0752
	SCH-40	1-1/2	1,9	1,61	0,391	0,0676
	SCH-40	2	2,375	2,067	0,391	0,0567
Polibütlen	SDR-17	1-1/2	1,9	1,676	0,216	0,0925
	SDR-17	2	2,375	2,095	0,216	0,0925
	SDR-13,5	1	1,125	0,957	0,216	0,1156
	SDR-13,5	1-1/4	1,375	1,171	0,216	0,1156
	SDR-13,5	1-1/2	1,625	1,385	0,216	0,1156
	SDR-13,5	2	2,125	1,811	0,216	0,1156

2.9 Salamuralar

- Toprak ısı değiştiricilerinde kullanılan akışkanın seçimini şunlar etkiler:
- Fiyat,
- Termofiziksel özellikler ve akışkan karakteristikleri,

- Zehirlilik,
- Paslandırma etkisi,
- Donma noktası,
- Buharlaşma basıncı,
- Tutuşma özelliği.

En önemli termofiziksel özellikler şunlardır:

- Viskozite: Sirkülasyon pompasının gücünü azaltmak için viskozitenin düşük olması lazımdır.
- Isı kapasitesi: Enerji depolama açısından ısı kapasitesi yüksek olmalıdır.
- Isı iletim katsayısı: İyi bir ısı geçişi sağlamak açısından yüksek olmalıdır.

Bütün etkenler gözden geçirildiğinde, donma probleminin söz konusu olmadığı durumlarda, en uygun akışkanın su olduğu görülmektedir. Su, ucuza temin edilir, kolay bulunur ve ısı özellikleri iyidir. Dezavantajları ise, donma sıcaklığının yüksek olması ve donma anında hacminin fazla artmasıdır. Ayrıca plastik ve bakır borular haricinde paslanmaya neden olurlar. Donma ihtimalinin söz konusu olduğu durumlarda ise suyla birlikte kullanılan başlıca katkıları şunlardır (Ataman, 1991):

- Etilen Glikol,
- Propilen Glikol,
- Kalsiyum Klorid.

2.9.1 Etilen Glikol-Su

Etilen glikol-su salamuraları, kokusuz ve renksizdir. Etilen glikol, izafi olarak ucuzdur ve temini kolaydır. Bu eriyikler, suyun korozyon etkisini azaltırlar ancak ısı özellikleri sudan daha zayıftır. En büyük dezavantajları ise, zehirli olmalarıdır. Bu yüzden, ısı değiştiricisinde sızıntıya karşı çok iyi önlem alınması gerekmektedir. Kaynama sıcaklıklarında, oksijenli ortamlarda korozyon olduklarından, periyodik bakım ve bazı durumlarda ise ek katkıları gerektirirler.

2.9.2 Propilen Glikol-Su

Propilen glikolun etilen glikole benzer özellikleri vardır; ancak etilen glikole göre daha az zehirlidir. Yüksek sıcaklıklarda ve zengin oksijenli ortamlarda korozyona neden olduğundan koruyucu katkılara ve periyodik bakıma ihtiyaç duyulur. Ancak yine de, çelik borularla kullanımında fazlaca bir mahsur yoktur.

2.9.3 Kalsiyum Klorid-Su

Kalsiyum klorid salamuralar, toprak ısı değiştiricilerinde, düşük fiyatları ve iyi ısı özellikleri nedeniyle kullanılırlar. Kalsiyum klorid piyasada toz, katı ve eriyik halde satılır.

Etilen glikol ve propilen glikolun fiziksel özellikleri Çizelge 2.4’de verilmiştir.

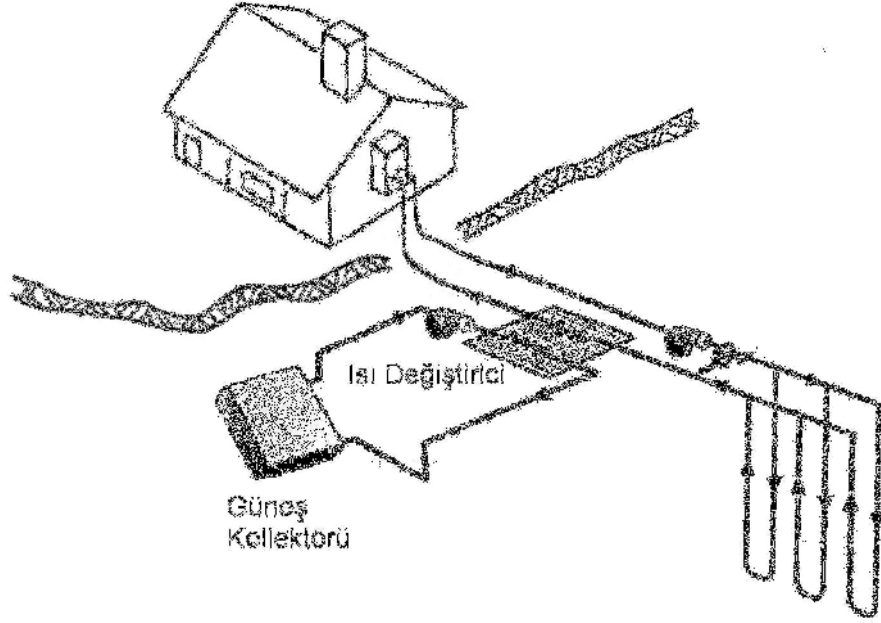
Çizelge 2.4 Salamuralara Ait Fiziksel Özellikler (Ataman, 1991)

	Etilen Glikol	Propilen Glikol
Özgül Ağırlık (20 °C) [kg/m ³]	111,3	1036
Kaynama Noktası [°C]		
101,3 kPa	198	187
6,37 kPa	123	116
1,13 kPa	89	85
Buhar Basıncı (20 °C) [kPa]	6,7	9,3
Donma Noktası [°C]	9,1	-76
Viskozite [mPa.s]		
0 °C	57,4	24
20 °C	20,9	60,5
40 °C	9,5	18
Özgül Isı (20 °C) [kJ/kg°C]	2,347	2,481
Buharlaşma Isısı (-12,7 °C) [kJ/kg]	846	688
Yanma Isısı (20 °C) [kJ/kg]	19246	23969

2.10 Güneş Enerjisi Destekli Toprak Kaynaklı Isı Pompası

Kuzey iklim bölgelerinde ısıtma yükünün, sistem dizaynını zorlaştıran bir faktör olarak ortaya çıktığı durumlarda; ihtiyaç duyulan toprak ısı değiştiricisinin boyutları, sisteme güneş kolektörlerinin ilave edilmesi ile azaltılabilir (Diz, 2001). Şekil 2.14’de görüldüğü gibi kolektörler, toprak ısı değiştiricisinin ısı pompasına giriş kısmına bir ısı değiştiricisi vasıtasıyla bağlanır. Kolektörler, toprak ısı değiştiricisindeki akışkana ilave ısı sağlar. Kuzey bölgelerde soğutma yükü genellikle ısı kaybından büyük olduğu için boru boyu hesabında da soğutma yükü belirleyici olmakta ve soğutmada toprak ısı değiştiricisi boru boyu daha fazla

çıkmaktadır. Eğer güneş enerjisi destekli toprak kaynaklı ısı pompası sistemi sadece ısıtma amaçlı olarak kullanılacaksa, bu takdirde, güneş desteği boru boyunu da azaltacaktır. Aynı zamanda, ısı pompasına giriş suyu sıcaklığı da artacağından, ısı pompasının etkinliği artacak, yani daha az elektrik kullanacaktır. Ancak sistem hem soğutma hem de ısıtma amaçlı olarak kullanılacaksa, kolektör sisteminin boru uzunluğuna bir etkisi olmayacak, sadece ısıtmada daha az elektrik kullanılmış olacaktır.



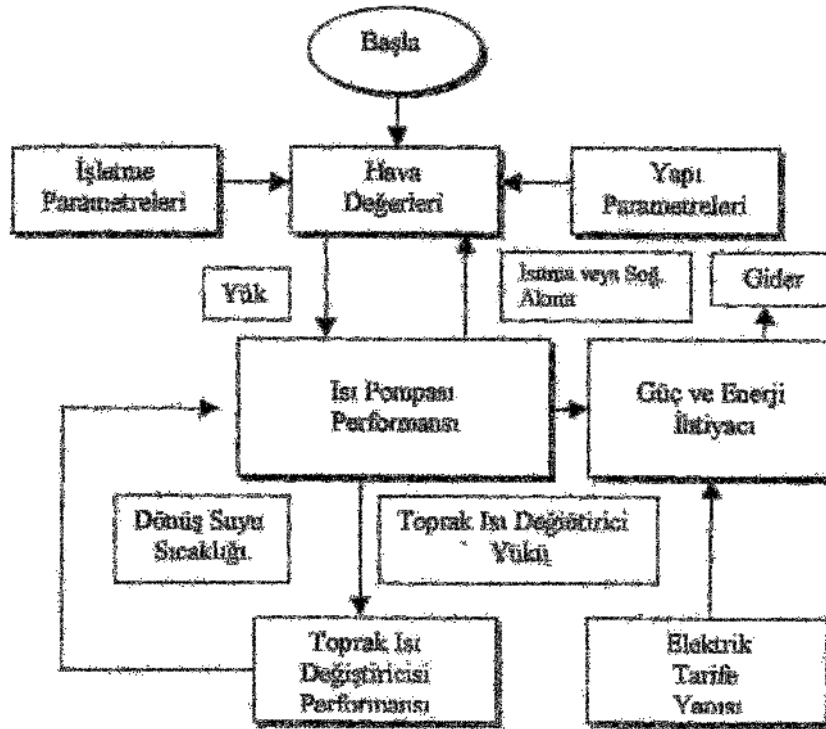
Şekil 2.14 Güneş kolektörü destekli sistem

3. TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPASI TASARIM METODOLİJİSİ

Toprak kaynaklı ısı pompaları, temel anlamda toprak ile soğutulacak ya da ısıtılacak hacim arasında bir ısı alışverişini sağlar. Bunun için özellikle uzun veya çok sayıda plastik boru, yatay veya düşey olarak toprak altına döşenir. Akışkan olarak boruların içerisinde su veya salamura dolaştırılır. Boruların içerisinde dolaştırılan akışkan ile soğutucu akışkan arasındaki ısı transferi, bir ısı değiştiricisi vasıtası ile olur.

Sistemde ısı transferi, yazın yani soğutma ihtiyacı olduğu mevsimde soğutulacak hacmin, dış ortamdan veya diğer kaynaklardan kazandığı ısının toprağa atılması, kışın ise yani ısıtma ihtiyacı olduğu mevsimde, topraktan aldığı ısıyı ısıtılacak hacme atılması yönündedir. Toprak birincil ısı kaynağıdır ve ısı pompası, ısıtılacak hacmin çevreye olan net ısı kaybını dengeleyebilecek enerjiyi sağlamalıdır.

Toprak kaynaklı bir ısı pompası tasarımında izlenecek yol en genel manada Şekil 3.1’de gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Toprak kaynaklı ısı pompası tasarım metodolojisi (Ersöz, 2000)

Buna göre sistemin projelendirilme aşamaları aşağıdaki etkenlere bağlıdır:

- Sistemin soğutma kapasitesi,
- Sistemin ısıtma kapasitesi,
- Soğutma için COP değeri,
- Isıtma için COP değeri,
- Yıllık ortalama toprak sıcaklığı,
- Soğutma için sisteme giren su sıcaklığı,
- Isıtma için sisteme giren su sıcaklığı,
- Toprak direnci,
- Boru direnci,
- Isı değiştiricisi tipi,
- Soğutma için işletme faktörü,
- Isıtma için işletme faktörü (Yılmaz, 2000).

3.1 Isı Pompası Seçimi

Isı pompası kapasitesine karar vermeden ve seçimi yapmadan önce çok önemli iki faktöre dikkat edilmelidir:

- 1) Doğru bir şekilde ısı kaybı ve kazancı hesabı yapılmalıdır.
- 2) Boruların koyulacağı derinlikteki minimum ve maksimum toprak sıcaklıkları bulunmalı ve cihazın çalışacağı su sıcaklıkları belirlenmelidir.

Kuzey yarım kürede soğutma yükleri genellikle ısıtma yüklerinden daha fazladır. Ancak bu her zaman doğru olmadığından her iki durum için de hesaplama yapılmalıdır. Eğer soğutma yükü yapılan hesap sonucunda fazla çıkmış ise, seçilen ünite gereken tüm soğutma yükünü karşılamalıdır. Soğutma yükü, ısıtma yükünden az ise aradaki farkı kapatmak için yardımcı ısı kullanılabilir.

Cihazın duyulur ısı kapasitesi ne hesaplanandan duyulur ısıdan az olmalı ne de % 25'inden

fazla olmamalıdır. Soğutma modunda cihazın son kapasitesi, hesaplanan toplam son yükten daha az olmamalıdır. Hissedilir ve son kapasite eşitlikleri, üreticilerin teknik özelliklerinden bulunabilir. Bu kapasiteler, istenen tasarım koşulları yanı sıra, yerel yer altı suyu sıcaklıklarına bağlıdır (Ersöz, 2000).

3.2 Toprak Isı Değiştiricisi Boru Uzunluğunun Hesabı

Toprak ısı değiştiricisinin, boyu ısıtma ve soğutma durumu için ayrı ayrı hesaplanır. Hesaplamada aşağıda verilen formüller kullanılabilir (Miles, 1994).

Isıtma mevsimi için;

$$L_h = \frac{\frac{COP_h - 1}{COP_h} \cdot [R_p + (R_s \cdot F_h)]}{[T_L - T_{min}]} \quad (3.1)$$

Soğutma mevsimi için;

$$L_c = \frac{\frac{COP_c + 1}{COP_c} \cdot [R_p + (R_s \cdot F_c)]}{[T_{max} - T_H]} \quad (3.2)$$

Buradaki terimler ve birimleri şöyledir:

L_h : Isıtma için gerekli boru boyu [m/kW],

L_c : Soğutma için gerekli boru boyu [m/kW],

COP_h : Seçilen cihazın ısıtma performans katsayısı [birimsiz],

COP_c : Seçilen cihazın soğutma performans katsayısı [birimsiz],

R_p : Boru direnci [mK/W],

R_s : Toprak direnci [mK/W],

F_h : Isıtma işletme faktörü [birimsiz],

F_c : Soğutma işletme faktörü [birimsiz],

T_L : Düşük toprak sıcaklığı [$^{\circ}$ C],

T_H : Yüksek toprak sıcaklığı [$^{\circ}$ C],

$T_{\min}$: Isı pompasına girecek olan minimum su sıcaklığı (EWT_h) [$^{\circ}\text{C}$],

$T_{\max}$: Isı pompasına girecek olan maksimum su sıcaklığı (EWT_c) [$^{\circ}\text{C}$].

Boru boyu hesabında Çizelge 3.1'in kullanılması işlem akışını kolaylaştırabilecektir.

3.2.1 Soğutma Performans Katsayısı (COP_c)

Bir cihazın soğutma performans katsayısı (COP_c), cihazın soğutma kapasitesinin, bu kapasitesi sağlamak için gerekli olan kompresör gücüne bölünmesiyle elde edilir.

$$COP_c = \frac{\text{Cihazın Soğutma Kapasitesi (kW)}}{\text{Kompresör Gücü (kW)}} \quad (3.3)$$

Bazı durumlarda üreticiler, soğutma durumu için COP_c değeri yerine EER (Enerji Verimlilik Oranı) değerini kullanabilirler. Bu durumda COP_c şöyle bulunur:

$$COP_c = \frac{EER}{3,413} \quad (3.4)$$

3.2.2 Isıtma Performans Katsayısı (COP_h)

Cihazın ısıtma durumu için ısıtma gücünün, bu gücü sağlayacak kompresör gücüne oranıdır.

$$COP_h = \frac{\text{Cihazın Isıtma Kapasitesi (kW)}}{\text{Kompresör Gücü (kW)}} \quad (3.5)$$

3.2.3 Ortalama Yıllık Toprak Sıcaklığı (T_m)

Ortalama yıllık toprak sıcaklığı (T_m), tüm yıl boyunca değişen toprağın ortalama sıcaklığıdır. Yüzey sıcaklığı, toprak sıcaklığı üzerine etki yapar, fakat esas etki güneş ışınlarından olur. Toprak, yüzeyden uzaklığının yanı sıra, toprak malzemesinin yayınımlı (difüzivitesi) olarak adlandırılan, toprak malzemesinin yoğunluğuna ve nem içeriğine bağlı olarak, ısıyı alabilmesi veya verebilmesi nedeniyle, sıcaklık değişimi üzerinde bir damperleme etkisi yapar. Derinliğin artmasıyla, yıllık salınımlar azalır.

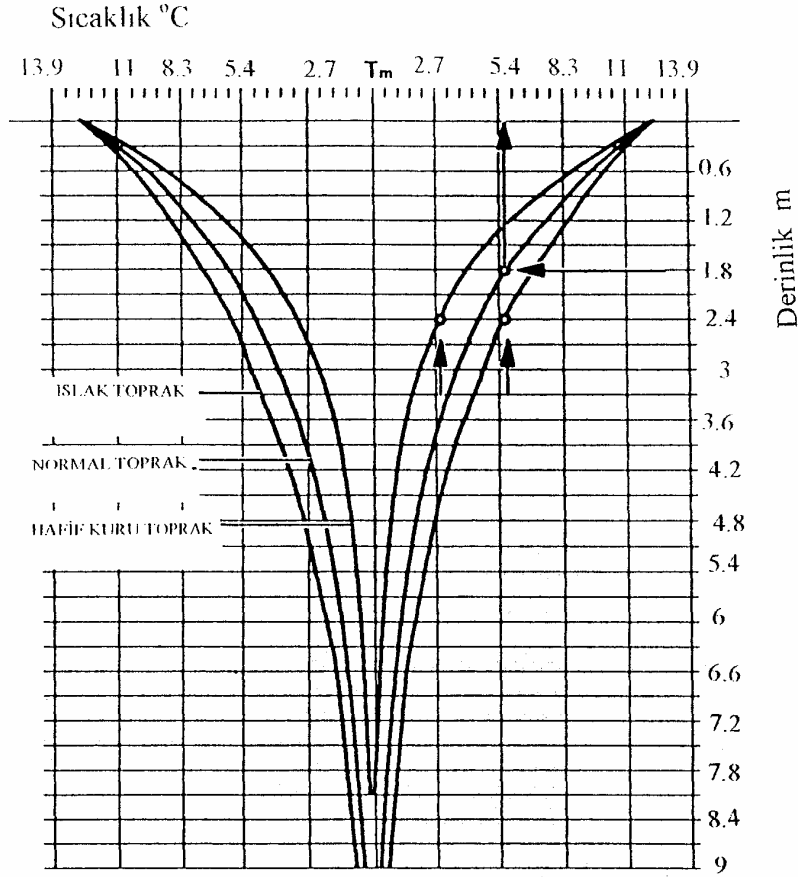
Yıllık ortalama toprak sıcaklığı 15 metre ile 45 metre arasındaki kuyu sıcaklığına eşit alınabilir ya da ortalama yıllık hava sıcaklığına yaklaşık 1,1 $^{\circ}\text{C}$ eklenerek bulunabilir (Miles, 1994).

Toprak sıcaklığındaki değişim derinliğe ve toprak cinsine bağlı olarak, ısıtma ve soğutma

Çizelge 3.1 Boru Boyu Hesap Tablosu (Ersöz, 2000)

	Açıklama	Gösterim	Birim	Hesaplama	Sonuç
Boru Özellikleri	Boru Malzemesi		-	Seçilir	
	Boru Çapı		inç	Belirlenir	
	Boru Direnci	R_p	mK/W	Tablo	
Toprak Özellikleri	Toprağın Cinsi		-	Tespit Edilir	
	Toprak Direnci	R_s	mK/W	Tablo	
Yerel Özellikler	Ortalama Yıllık Toprak Sıcaklığı	T_m	°C	Belirlenir	
	Değişim Derecesi	DEV	°C	Kabul	
	Yüksek Toprak Sıcaklığı	T_H	°C	$T_m + DEV$	
	Düşük Toprak Sıcaklığı	T_L	°C	$T_L + DEV$	
Isı Pompası Özellikleri	En Yüksek Sıcaklık EWT_c	T_{max}	°C	Isı Pompası Karakteristiği	
	En Düşük Sıcaklık EWT_h	T_{min}	°C	Isı Pompası Karakteristiği	
	Soğutma Kapasitesi		kW	Isı Pompası Karakteristiği	
	Isıtma Kapasitesi		kW	Isı Pompası Karakteristiği	
	Soğutma Performansı	COP_c	-	Isı Pompası Karakteristiği	
	Isıtma Performansı	COP_h	-	Isı Pompası Karakteristiği	
Çalışma Faktörü	Dış Dizayn Sıcaklığı, Soğutma		°C	Belirlenir	
	Soğutma Yüğü		kW	Hesaplanır	
	Dış Dizayn Sıcaklığı, Isıtma		°C	Belirlenir	
	Isı Kaybı		kW	Hesaplanır	
	Soğutma İşletme Faktörü	F_c	-	Hesaplanır	
	Isıtma İşletme Faktörü	F_h	-	Hesaplanır	
Boru Uzunluğu	TID Boru Uzunluğu, Soğutma	L_c	m	Hesaplanır	
	TID Boru Uzunluğu, Isıtma	L_h	m	Hesaplanır	

modu için Şekil 3.2’de verilmiştir (Miles, 1994). Değişim derecesi, ortalama yıllık toprak sıcaklığına eklenerek yüksek toprak sıcaklığı (T_H) bulunur. Değişim derecesi yıllık ortalama toprak sıcaklığından çıkarıldığında ise düşük toprak sıcaklığı (T_L) bulunmuş olur.



Şekil 3.2 Çeşitli derinlikler ve değişik toprak cinsleri için sıcaklık değişimi

3.2.4 Soğutma İçin Giriş Suyu Sıcaklığı (EWT_c)

Üniteye giren su sıcaklığı (toprak ısı değiştiricisinden gelen su sıcaklığı), toprağın normal sıcaklığından daha yüksek olacaktır. Bu, borular içerisinde dolaşan sudan toprağa ısının atılması nedeniyledir. Sıcaklık farklılıkları, ısı transferini sağlamak için bir gerekliliktir.

Bu sıcaklık farkı, ısıyı iletmek için gerekli olan boru yüzeyinin yanı sıra atılan ısıya da bağlıdır. Boru miktarını minimum bir değerde tutmanın yanı sıra, cihazın su sıcaklığı sınırlarını aşmadan istenilen ısı transferini sağlamak için, bu iki faktör arasında bir denge sağlanmalıdır.

3.2.5 Isıtma İçin Giriş Suyu Sıcaklığı (EWT_h)

Aynı etkiler ısıtmada da oluşur. Toprak, ısının alınması ile soğutulmaktadır. Bununla birlikte, sıcaklık değişimi oldukça azdır.

Tüm faktörler göz önüne alındığında, ısı yüklerindeki farka bağlı olarak soğutma durumunun daha fazla boru yüzeyine gereksinim duyduğu açıkça gözlenmektedir. Fakat bu koşul her zaman gerçekleşmez (Hancioğlu, 2000).

3.2.6 Dağılmış Toprak Etkisi

Dağılmış toprak terimi, toprak sıcaklığını etkileyen ısı kapasite değişimini göstermek için kullanılmaktadır. Sıcaklık değişimi, ortalama toprak yayılımına bağlıdır. Soğutma modunda yüksek toprak sıcaklığına (T_H), 8,3 °C eklenerek soğutma için giriş suyu sıcaklığı (EWT_c) hesaplanır. Isıtma modunda ise düşük toprak sıcaklığından 3,3 °C çıkarılarak ısıtma için giriş suyu sıcaklığı (EWT_h) hesaplanır (Miles, 1994).

3.2.7 Toprak Direnci (R_s)

Toprak boyunca akan ısı için oluşan bir dirençtir. Toprak altına gömülen boruların derinliğinin, boruların boyutlarının, açılan her bir hendeğe kaç boru konulduğunun, boruların yatay veya dikey olmasının, bir hendeğe birden fazla boru konulması durumunda boruların birbirleri arasındaki yatay ve dikey mesafelerin ve tabii ki toprak cinsinin toprak direnci üzerinde etkisi vardır.

Çizelge 6.1’de toprağın cinsine göre ¾’’ ila 2’’ çap aralığındaki boruların, yatay ve düşey, tekli ve çoklu yerleştirilme durumları göz önüne alınarak toprak dirençleri verilmiştir. Belirtilen değerler hfeetF/BTU cinsindendir ve 1,73’e bölünerek mK/W’a dönüştürülebilir. Boruların üzerlerinde görülen derinlik değerleri de feet cinsindendir ve bunlar da 0,3048 ile çarpılarak metreye dönüştürülebilir. Bu tablo değerleri ortalama olarak toprağın direncinin saptanmasında kullanılır. Bunun dışında özel durumlar için spesifik hesaplamalar da yapılabilir, ancak sapma genelde %3’ün altındadır. Sonuç olarak hesaplanacak boru uzunluğu da %3 kadar bir fark taşır (Miles, 1994).

3.2.8 Boru Direnci (R_p)

Endüstriyel deneyimlerden, toprak kaynaklı sistemlerde kullanılan borular için önerilen malzeme tipleri üzerine bilgiler oluşturulmuştur. Plastik malzemeler, toprağın korozyon

etkisinden az etkilenir ve uzun ömürlüdür. Çizelge 3.3’de, toprak kaynaklı sistemler için boru üretiminde kullanılan dört farklı malzeme ve direnç değerleri gösterilmektedir ki, bu malzemeler şunlardır:

- Polietilene-Schedule 40
- Polietilene-Schedule 11
- Polietilene-Schedule 17
- Polietilene-Schedule 13.5

Çizelge 3.2 Toprak direnci değerleri (Miles, 1994)

		R _s (AĞIR TOPRAK- NEMLİ)										R _s (KAYI)
		R _s (KURU veya HAFİF NEMLİ TOPRAK)										R _s (NEMLİ)
												
BORU BOYUTU	3/4"	1.02 1.38	1.06 1.44	1.09 1.47	1.11 1.49	1.31 1.77	1.37 1.84	2.05 2.75	2.15 2.86	2.11 2.85	1.88 2.53	0.60 1.06
	1"	0.97 1.32	1.02 1.37	1.04 1.40	1.06 1.42	1.26 1.70	1.32 1.77	2.00 2.88	2.10 2.79	2.07 2.78	1.84 2.47	0.57 1.01
	1-1/4"	0.92 1.25	0.97 1.31	0.99 1.34	1.01 1.36	1.22 1.63	1.27 1.70	1.96 2.61	2.05 2.72	2.02 2.71	1.79 2.40	0.54 0.96
	1-1/2"	0.89 1.21	0.94 1.27	0.97 1.30	0.98 1.32	1.19 1.59	1.25 1.66	1.92 2.57	2.02 2.68	1.99 2.67	1.76 2.36	0.53 0.94
	2"	0.85 1.15	0.89 1.20	0.92 1.24	0.94 1.26	1.14 1.53	1.20 1.60	1.88 2.51	1.98 2.62	1.94 2.61	1.71 2.29	0.50 0.89

Yatay pozisyonndaki boru R_p ve dikey pozisyonndaki boru ile R_{pe} verilmiştir. Burada belirtilen değerler de hfeetF/BTU cinsindendir ve 1,73’e bölünerek mK/W’a dönüştürülebilir (Miles, 1994).

3.2.9 İşletme Faktörü (F_c ve F_h)

İşletme faktörü ısı kaybının ve kazancının en yüksek olduğu aylarda, cihazın bu yükleri karşılaması için gereken çalışma zamanıdır.

$$\text{İşletme Faktörü} = \frac{\text{Ortalama Isı Kazancı (Kaybı)} / \text{Saat}}{\text{Chazin Kapasitesi}} \quad (3.6)$$

Çizelge 3.3 Boru direnç değerleri (Miles, 1994)

		$\frac{R_p}{R_{pe}}$			
		PE SCH 40	PE SDR-11	PB SDR-17	PB SDR-13.5
BORU ÖLÇÜSÜ	3/4	$\frac{0.17}{0.116}$	↑	↑	↑
	1	$\frac{0.159}{0.109}$			
	1-1/4	$\frac{0.130}{0.089}$	$\frac{0.144}{0.096}$	$\frac{0.16}{0.11}$	$\frac{0.20}{0.14}$
	1-1/2	$\frac{0.117}{0.080}$			
	2	$\frac{0.098}{0.068}$	↓	↓	↓

İşletme faktörü hem soğutma modu hem de ısıtma modu için ayrı ayrı hesaplanır. Daha uzun boru boyunu gerektiren sonuç, sistemin boru boyunu belirler.

İşletme faktörünün hesabında çeşitli yöntemler uygulanabilmektedir. Yaygın olarak kullanılan yöntem Bin metodudur. Bu metodun uygulanabilmesi için yıl içi sıcaklıklarının saat bazında dağılımı bilinmelidir. Bu zaman/sıcaklık bilgisi, yıllık ısıtma veya soğutma enerjisi ihtiyaçlarını belirlemek amacıyla, her sıcaklık kategorisinde saatlik ısı kaybı veya kazancını oluşturmada kullanılır. Yıllık enerji ihtiyacı belirlendikten sonra, ortalama saatlik ihtiyaç belirlenerek, cihazın ısıtma ve soğutma kapasitesi ile kıyaslanır. Bu, ısıtma ve soğutma ihtiyaçlarını istenildiği şekilde sağlamak için, cihazın işletilmesi gerektiği olası zamanın yüzdesini verir. Bu yüzdeler, ısıtma ve çalışma faktörü diye adlandırılmaktadır.

İşletme faktörü hesabında kullanılabilen bir diğer yöntem ise saat-saat metodudur. Bu yöntem ile en doğru sonuçlar elde edilir. Ancak, hesaplama uzun ve çok ayrıntılı olduğu için fazla tercih edilmemektedir.

3.2.9.1 Bin Metodu ile Isıtmada İşletme Faktörü (F_h)

- 1) Öncelikle bir denge noktası seçilir. Denge noktasında sıcaklığında ısı kaybının olmadığı (sıfır olduğu) varsayılır. Bu sıcaklık için 18 °C uygun bir değerdir. İkinci bir nokta olarak da binanın maksimum ısı kaybının olduğu sıcaklık değeri ele alınır. Bu

iki sıcaklık değeri ve bunlara karşı gelen ısı kaybı değerleri ile binanın, dış sıcaklığa bağlı olarak ısı kaybı grafiği çizilir.

- 2) Sıcaklıkların, saat olarak dizayn ayında kaç saat hangi sıcaklıkta olduğu tespit edilir. Uygulama adımlarının düzenli takip edilebilmesi açısından Çizelge 3.4'ün kullanımı uygundur. Bin metodu için sıcaklık aralığı 2 °C ile 5 °C arasında alınır. Bu sıcaklık aralığında dış sıcaklığın kaç saat gerçekleştiği bulunarak çizelgeye yazılır. Genellikle 18 °C ile 21°C arası hesaba katılmaz.
- 3) Çizilen ısı kaybı grafiği kullanılarak, sıcaklık aralıklarının orta noktalarına karşılık gelen sıcaklıklardaki ısı kaybı değerleri, çizelgeye yazılır.
- 4) 2. ve 3. adımda belirlenen değerler çarpılarak toplam ısı kayıpları bulunur.
- 5) 4. adımda bulunan bütün değerler toplanarak toplam ısı kaybı bulunur.
- 6) 2. adımda bulunan saat sayıları toplanarak, toplam saat sayısı belirlenir.
- 7) 5. adımda bulunan toplam ısı kaybı değeri, 6. adımda bulunan toplam saat sayısına bölünerek ortalama saatlik ısı kaybı bulunur.
- 8) Sistem için gerekli şartları sağlayacak bir ısı pompası seçilir ve cihazın ısıtma kapasitesi çizelgeye yazılır. Bu seçim yapılırken su giriş sıcaklıkları dikkate önemlidir.
- 9) Isıtma için işletme faktörü; ortalama saatlik ısı kaybı değerinin seçilen ısı pompasının ısıtma kapasitesine bölünmesi ile bulunmuş olur. Bulunan değer bir % ifadesidir, dolayısıyla da 1'den büyük çıkan sonuçlar için işletme faktörü 1 alınır. Bunun nedeni ünitenin hiçbir zaman % 100'ün üzerinde çalışmamasıdır (Miles, 1994).

3.2.9.2 Bin Metodu ile Soğutmada İşletme Faktörü (F_c)

Soğutma için işletme faktörünün hesabı, ısıtmadakine benzerdir. Burada ısı kazancının olmadığı varsayılan yeni bir denge noktası sıcaklığı seçilir. 21 °C uygun bir değerdir. Bu değer ve ısı kazancının maksimum olduğu andaki sıcaklık değeri kullanılarak, binanın sadece dış sıcaklığa bağlı olarak ısı kazancı grafiği çizilir. Dış sıcaklıklara karşılık gelen ısı kazançları bu grafikten okunur. Isı pompası soğutma şartlarını sağlayacak şekilde, giriş suyu sıcaklığı dikkate alınarak seçilir (Miles, 1994).

Isıtmadaki adımlar burada da tekrarlanır ve işletme faktörü soğutma için de bulunmuş olur.

Çizelge 3.4 İşletme Faktörü Hesap Tablosu (Ersöz, 2000)

Sıcaklık Aralığı	Hava Datası (h/yıl)	Isı Kaybı / Kazancı (kW)	Toplam Isı Kaybı / Kazancı (kW)	Hesaplar
				Toplam Isı Kaybı (kW)
				Ocak Ayı Başına Toplam Saatler (h/yıl)
				Ortalama Saatlik Isı Kaybı
				Isı Pompasının Isıtma Kapasitesi (kW)
				Isıtma İçin İşletme Faktörü F_h
				Toplam Isı Kazancı (kW)
				Temmuz Ayı Başına Toplam Saatler (h/yıl)
				Ortalama Saatlik Isı Kazancı
				Isı Pompasının Soğutma Kapasitesi (kW)
				Soğutma İçin İşletme Faktörü F_c

3.2.9.3 Saat-Saat Metodu ile İşletme Faktörleri

Bu yöntemin kullanılabilmesi için ısı kayıplarının ve soğutma yüklerinin saat saat hesaplanması gerekmektedir. Hesaplanan her bir ısı kaybı değeri, seçilen ısı pompasının ısıtma kapasitesine bölünür ve çıkan sonuçların ortalaması alınır ısıtma için işletme faktörü bulunmuş olur. Soğutma yüklerinin ortalaması, cihazın soğutma kapasitesine bölündüğünde ise soğutmada işletme faktörü belirlenmiş olur.

İşletme faktörünün hesabında kullanılabilecek olan bu iki yöntemin farklarını şu şekilde belirtebiliriz,;

- Bin metodunda dış sıcaklığa bağlı olarak ısı kayıp ve kazanç eğrileri çizilirken, saat-saat metodunda, ısı kayıp ve kazançlarının gerçek değerleri kullanılmaktadır. Bu durum ısıtmada işletme faktörünün hesabı için çok büyük bir değişiklik ortaya çıkarmaz. Çünkü gerçekte de ısı kaybı, dış sıcaklıkla orantılı olarak değişmektedir ve bu sebeple çizilen grafikten yapılan okumalar da sağlıklıdır. Ancak soğutma yükü-dış sıcaklık grafiği çizilirken, soğutma yükünün sadece dış sıcaklığa bağlı olduğunu düşünmek, güneş radyasyonu nedeniyle olan ısı kazancını göz ardı etmek demektir. Bu durumda soğutma için işletme faktörü, iki yöntem için iki farklı sonuç ortaya çıkarır. Sağlıklı olan gerçek soğutma yüklerinin kullanıldığı saat-saat metodu ile elde edilen işletme faktörünü kullanmaktır.
- Bin metodunda ısıtma ve soğutma durumu için birer denge sıcaklığı belirlenerek bu sıcaklıklarda ısıtma ve soğutma yüklerinin olmadığı kabul edilir. Saat-saat metodunda ise böyle bir kabule gerek yoktur. Çünkü ayın her sıcaklığına karşı gelen ısı kaybı ya da kazancı bellidir.
- Bin metodunda, belirli sıcaklık aralıklarındaki saat sayıları sayılır ve seçilen sıcaklık aralığının orta noktasındaki sıcaklığa karşı gelen ısı kaybı ya da kazancı grafikten okunur. Böylece orta noktadaki sıcaklığa karşı gelen ısı yükü kullanılarak, ortalama ısı kaybı ya da kazancı belirlenir. Saat-saat metodundaysa, sıcaklık aralıklarındaki saat sayıları ve ortalama sıcaklık için ısı yükü kullanılmaz. Bunun yerine her bir saat için ısı kaybı ya da kazancı hesaplanarak, işletme faktörü her bir nokta için hesaplanır.
- Bin metodunun uygulanmasındaki en zor sayılabilecek kısım, sıcaklık aralıklarındaki saat sayılarının belirlenmesidir. Saat-saat metodunda ise her bir saat ve bu saatlere karşı gelen dış sıcaklık ile güneş ışıınımı değerleri kullanıldığından, hesaplama daha zordur. Saat-saat metodu daha ayrıntılı sonuç vermesine rağmen, bin metodu çoğu zaman tercih edilmektedir.

4. GÜNEŞ İŞİNIMI

4.1 Güneşin Hareketi

Güneşin her gün doğup battığı noktalar gözlenirse aynı noktada doğmadığı ve batmadığı görülür. Güneş 21 Mart (ya da 23 Eylül) tarihinde gerçek doğu noktasından doğar, gerçek batı noktasında batar. 21 Marttan sonra güneşin doğup battığı noktalar her gün biraz kuzeye kayar. Kuzeye doğru en çok 22 Haziranda yaklaşmış olur. Bundan sonra güneşin doğup battığı noktalar güneye kaymaya başlar. 23 Eylülde yine 21 Martta doğduğu noktadan doğar, battığı noktadan batar.

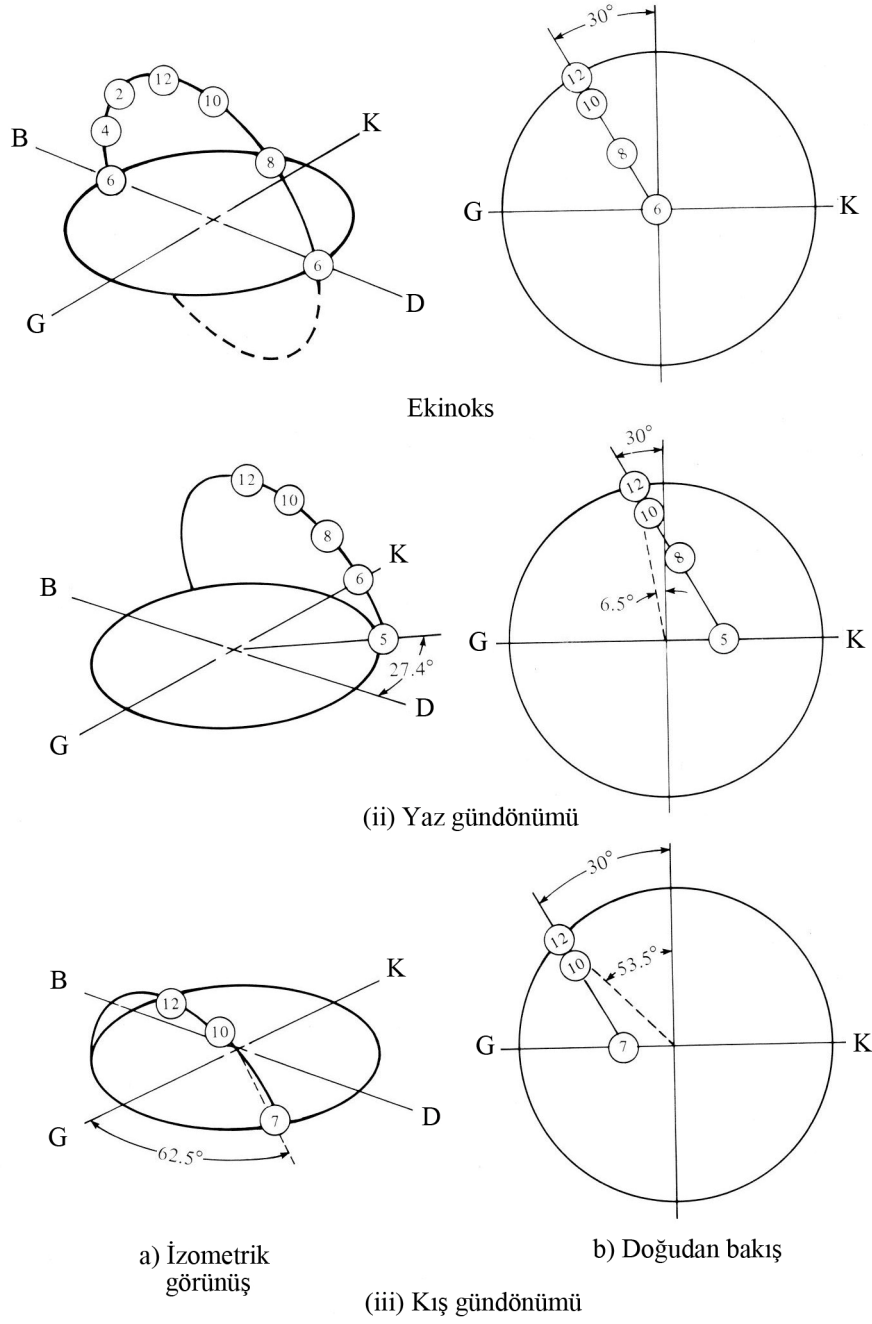
Bundan sonra güneşin doğup battığı noktalar güneye kaymaya devam eder. Güneye en çok 22 Aralıkta yaklaşmış olur. Daha sonra doğup battığı noktalar tekrar kuzeye doğru kaymaya başlar. 21 Martta yine gerçek doğu noktasından doğar ve gerçek batı noktasından batar. Yıl içerisinde gözlenen bu hareket, belirtilen özellikte periyodik olarak devam eder (Kılıç ve Öztürk, 1984). 30° kuzey enleminde bulunan bir bölge için Şekil 4.1’de güneşin yıl içerisinde farklı zamanlardaki gün içi hareketi gösterilmiştir (Howell vd., 1982).

4.1.1 Gün Dairesi

Güneş doğduktan batıncaya kadar gök kürede, gözlemcinin ufku üstünde bir yay çizer. Bu yay güneşin gündüz yayı denir. Güneş bu yayın, 360° ye tamamlayan kısmını, ufuk altında çizmiş olur. Bu yay da güneşin gece yayı denir. Bu iki yayın birleşimi ile elde edilen yay güneşin gün çemberi ya da “gün dairesi” denir. Güneşin 21 Mart ve 23 Eylül tarihlerinde çizer görüldüğü gün dairesine de “gök ekvatoru” denir. Güneşin gün daireleri birbirine paraleldir. Gün dairelerinin büyüklüğü yılın çeşitli günlerinde farklıdır. 21 Mart ve 23 Eylül tarihlerinde güneşin gün dairesinin yarısı gündüz yayı, yarısı gece yayıdır. Gün dairelerinin düzlemleri gözlemcinin güney yönüne meyillidir. Yani gözlemcinin ufuk düzlemi ile dar açı teşkil ederler.

Güneşin gün daireleri 21 Mart tarihinden itibaren gök ekvator dairesinden uzaklaşır. 22 Hazirandan sonra tekrar gök ekvator dairesine yaklaşır. 23 Eylülde gök ekvatoru ile çakışır. Bu tarihten sonra tekrar uzaklaşır. 22 Aralıktan sonra tekrar yakınlaşır ve 21 Mart tarihinde yeniden gök ekvatoru ile çakışır. Güneş radyasyon değeri geceleri sıfır olurken, açık bir günde maksimum düzeye erişir.

Güneşin gündüz ve gece yaylarına ait uzunlukları, yılın değişik günlerinde farklılık



Şekil 4.1 Kuzey yarım kürede 30° enleminde bulunan bir yer için güneş zamanının değişimi

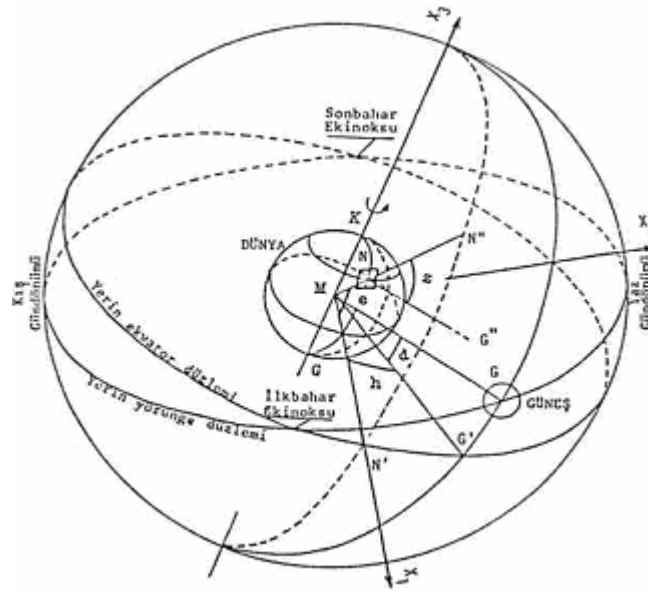
gösterdiğinden gündüz ve gece süreleri de buna bağlı olarak değişecektir. Gündüz ve gece sürelerinin farklı olmasında gözlemcinin bulunduğu noktanın enleminin de etkisi vardır (Kurdoğlu, 2002).

4.2 Güneş Açıları

Dünyanın güneş etrafında ve kendi eksenini etrafında olmak üzere iki değişik hareketi olduğu

bilinmektedir. Bu hareketler güneş enerjisi uygulamalarında çok önemlidir. Ayrıca yerin güneş etrafındaki yörünge düzleminin normali ile kendi dönüş eksenini arasında $23,45^\circ$ lik bir açı vardır ve bu açı da yeryüzünde aynı noktaya gelen güneş ışınlarının doğrultusunun değişmesine sebep olur ve böylelikle mevsimler oluşur.

Dünyaya gelen güneş ışınımının bulunmasında, dünyaya göre güneşin hareketi incelenir. Bunun için de, dünya merkez olmak üzere çok büyük yarıçaplı ve üzerinde noktalar halinde güneşin (ve yıldızların) bulunduğu gök küreden faydalanılır (Şekil 4.2). Gök küre üzerinde güneşin yeri ve dolayısıyla dünyaya nazaran hareketi "güneş açıları" ile tayin edilir (Kılıç ve Öztürk, 1984).



Şekil 4.2 Gök küre üzerinde önemli güneş açıları (Kılıç ve Öztürk, 1984)

Yeryüzünde enlemi e olan bir N noktasına düşen direkt güneş ışınımının doğrultusu sapma (deklınasyon) açısı d ve saat açısı h ile tayin edilebilir.

4.2.1 Güneş Sapma Açısı (d)

Dünya-güneş doğrultusunun yerin ekvator düzlemi ile yaptığı açıdır ve Şekil 4.2'de GMG' açısıdır. Dünya-güneş doğrultusu ekvator düzleminin kuzey tarafında ise sapma açısı pozitif kabul edilir. Buna göre, sapma açısı $-23,45^\circ$ (21 Aralıkta kış gündönümünde) ile $23,45^\circ$ (21 Haziranda yaz gündönümünde) arasında değişir. İlkbahar ekinoksunda (21 Martta) ve sonbahar ekinoksunda (21 Eylülde) sapma açısı sıfır olur. Sapma açısı, 1 Ocaktan itibaren gün sayısı n olmak üzere;

$$d = 23,45 \times \sin\left(360 \times \frac{n + 284}{365}\right) \quad (4.1)$$

ampirik Cooper formülü ile bulunabilir. Sapma açısı aynı gün için yıldan yıla değişmektedir. Bu bakımdan formülden bulunan değerlerdeki küçük hata güneş ışıınımı hesapları için pratik olarak önemli değildir. Çoğu zaman, güneş ışıınının aylık ortalama sapma açıları (d_o) ile yapılan hesaplar yeterli olabilir. Aylık ortalama sapma açıları ve bu açılara tekabül eden gün sayıları Çizelge 4.1’de verilmiştir (Kılıç ve Öztürk, 1984).

Çizelge 4.1 Aylık ortalama sapma açıları

	gün	n	$d_o(drc)$
Ocak	17	17	-20,92
Şubat	16	47	-13,29
Mart	16	75	-2,42
Nisan	15	105	9,41
Mayıs	15	135	18,79
Haziran	11	162	23,09
Temmuz	17	198	21,18
Ağustos	16	228	13,45
Eylül	15	258	2,22
Ekim	15	288	-9,60
Kasım	14	318	-18,91
Aralık	10	344	-23,05

4.2.2 Saat açısı (h)

Göz önüne alınan yerin boylamı ile güneşin bulunduğu boylam arasındaki açıdır. Güneşin ve göz önüne alınan yerin ekvator düzlemindeki izdüşümleri alınır, Şekil 4.2’de N'MG' açısıdır. Saat açısı güneş boylamının göz önüne alınan yerin boylamı ile çakıştığı öğle vaktinden itibaren ölçülür; öğleden önce pozitif, sonra negatif alınır. Ayrıca, bilindiği gibi, her 15° saat açısı (boylam farkı) 1 saat zamana karşılık gelir.

Genellikle güneş ışıınımı ölçmeleri ve hesapları güneş zamanına göre yapılır. Öğle vakti güneş saati (GS) 12 ’dir. Buna göre saat açısı (h) ile güneş saati arasında

$$h(drc) = 15 \times (12 - GS) \quad (4.2)$$

bağıntısı vardır (Kılıç ve Öztürk, 1984).

Standart saati (memleket saatini) güneş saatine dönüştürürken, boylam farkı (bulunulan yerin boylamı ile standart saat boylamı arasındaki fark) ile birlikte “zaman düzeltmesi” (ZD) denilen ve günlere göre değişen bir faktör göz önüne alınır. Zaman düzeltmesi dünyanın dönme hızındaki bozulmadan ve yörüngesindeki düzensizlikten ileri gelir ve günden güne değişir. Ayrıca bu düzeltme; n=1 Ocaktan itibaren gün sayısı ve

$$x(drc) = 360 \times \frac{n-1}{365 \times 242} \quad (4.3)$$

olmak üzere,

$$ZD(saatt) = 0,0043 \cdot \cos(x) - 0,1236 \cdot \sin(x) - 0,0608 \cdot \cos(2x) - 0,1538 \cdot \sin(2x) \quad (4.4)$$

denklemleri ile de yaklaşık olarak bulunabilir. Böylece, Türkiye için standart boylam 30° olmak üzere,

$$GS = MS - (30 - B_y) / 15 + ZD \quad (4.5)$$

denklemleri güneş saati ile memleket saati arasındaki bağıntıyı verir (Kılıç ve Öztürk, 1984). Zaman düzeltmesinin ve sapma açısının değişimi Şekil 4.3’de görülmektedir.

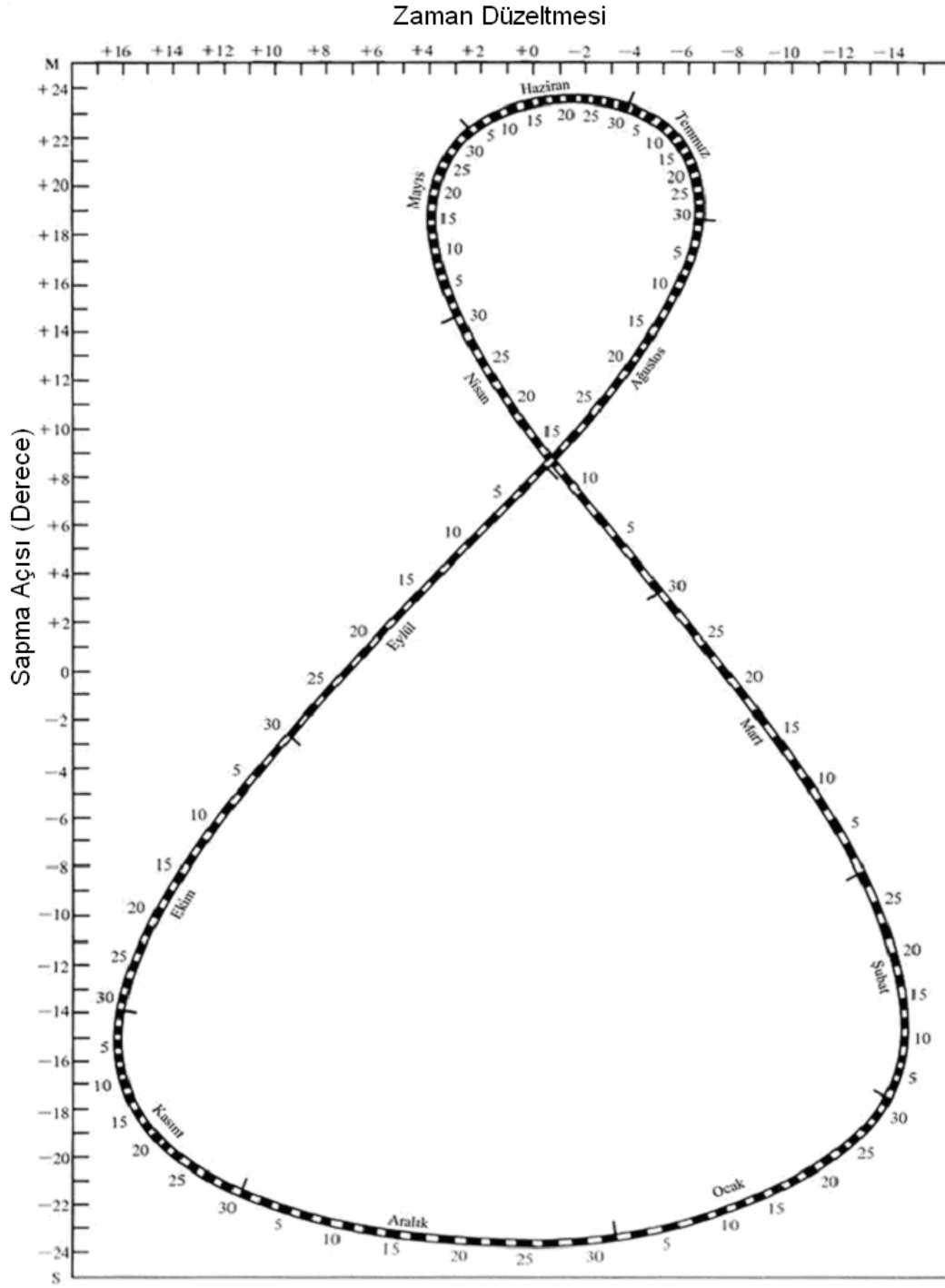
Yatay ve eğik bir düzleme gelen güneş ışınımının hesaplanmasında güneş ışınımının ve eğik düzlemin doğrultusunu veren açılardan yararlanılır.

4.2.3 Zenit Açısı (z)

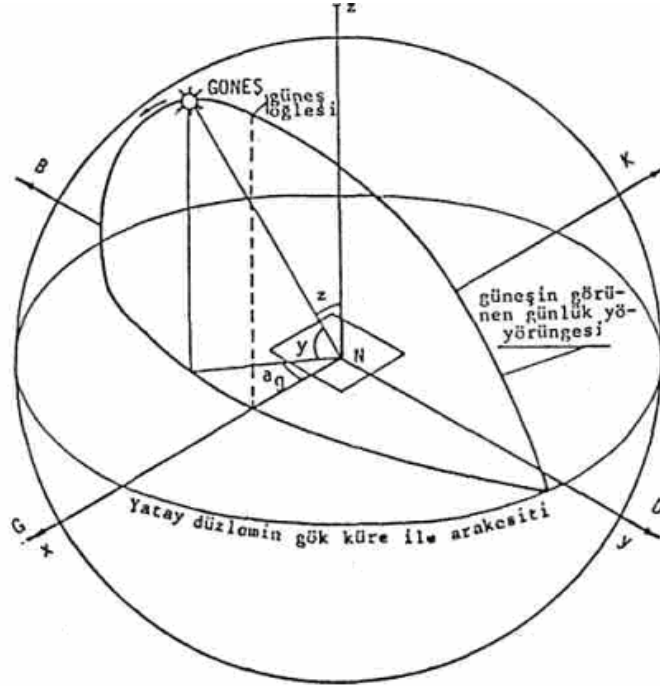
Yatay düzlemin normali ile direkt güneş ışınlarının yaptığı açıdır. Güneşin doğuşunda ve batışında $z=90^\circ$ ’dir ve güneş ışınları yatay düzleme dik geldiği zaman $z=0^\circ$ ’dir. Şekil 4.2’de G"NN" açısı zenit açısıdır.

4.2.4 Güneş Yükseklik Açısı (y)

Direkt güneş ışınlarının yatay düzlemle yaptığı açıdır. Şekil 4.4’de zenit ve yükseklik açıları görülmektedir. Açıkça görüldüğü gibi; $y + z = 90^\circ$ ’dir. Böylece $\sin y = \cos z$ olur.



Şekil 4.3 Sapma açısının tüm yıl boyunca değişimi (Howell vd., 1982)



Şekil 4.4 Türetilen güneş açıları (Kılıç ve Öztürk, 1984)

Şekil 4.2’de görülen X_1 , X_2 (ekvator düzleminde göz önüne alınan yerin boylamından geçen ve buna dik doğrular) ve X_3 (kuzey kutbundan geçen) eksen takımına göre bir yerdeki yatay düzlemin normalinin doğrultu kosinüsleri,

$$a_1 = \cos e$$

$$a_2 = 0$$

$$a_3 = \sin e$$

ve güneş ışınlarının doğrultu kosinüsleri

$$b_1 = \cos d \cdot \cos h \quad (4.6)$$

$$b_2 = \cos d \cdot \sin h \quad (4.7)$$

$$b_3 = \sin d \quad (4.8)$$

olduklarına göre zenit açısının kosinüsü

$$\cos z = \cos d \cdot \cos e \cdot \cos h + \sin d \cdot \sin e \quad (4.9)$$

olarak elde edilir. Güneş doğduğu ve battığı anda saat açıları, $z=90^\circ$ alınarak yukarıdaki denklemden;

$$\cos(h) = -\frac{\sin(d) \times \sin(e)}{\cos(d) \times \cos(e)} = -\tan(d) \times \tan(e) \quad (4.10)$$

şeklinde bulunur. Burada gün uzunluğu;

$$t_g \text{ (saat)} = 2 \times \frac{h}{15} = \frac{2}{15} \times \arccos(-\tan(d) \times \tan(e)) \quad (4.11)$$

elde edilir. Gün uzunluğu ekvator'da ($e=0^\circ$) her zaman ve ayrıca sapma açısının (d) 0° olduğu her yerde 12 saattir. Kuzey yarı kürede sapma açısının pozitif değerlerinde kuzeye doğru gidildikçe gün uzunluğu artar, sapma açısının negatif değerlerinde azalır. Genellikle aylık ortalama gün uzunluğuna ihtiyaç duyulur. Aylık ortalama gün uzunluğu (t) bir aydaki gün uzunluklarının aritmetik ortalaması alınarak bulunabileceği gibi, aylık ortalama sapma açısı ile hesaplanan değer ile de bulunabilir (Kılıç ve Öztürk, 1984):

$$t_o = \frac{2}{15} \times (\arccos(-\tan d_o \times \tan e)) \quad (4.12)$$

4.2.5 Güneş Azimut Açısı (Azm)

Güneş dünya doğrultusunun yatay düzlemdeki izdüşümünün güney doğrultusu ile yaptığı açıdır. Bu değer, güneyden doğuya doğru (sabahları) “+” ve batıya doğru (öğleden sonraları) “-” işaretli alınacaktır (Şekil 4.4). Böylece zenit ve azimut açıları ile güneş ışınlarının doğrultusu tayin edilebilir. Azimut açısı:

$$\sin(Azm) = \sec(y) \times \cos(d) \times \sin(h) \quad (4.13)$$

denkleminde bulunabilir ve maksimum mutlak değeri; güneş doğuşunda veya batışında, sapma açısına bağlı olarak 90° civarında, 90° den büyük veya küçük olabilir. Doğru değer bulunmasına ve işaretine dikkat edilmelidir.

Güneş ışınlama değeri kullanılırken azimut açısına bağlı olarak geliştirilen bir azimut açısı düzeltme faktörünü (ADF) çarpan olarak kullanmak gerekir. Bu çarpan, kaynaklarda enleme ve azimut açısına bağlı olarak çeşitli tablolar halinde verildiği gibi, çeşitli sayısal hesaplama yöntemleri de mevcuttur.

4.3 Eğik Düzleme Gelen Güneş Işınımı

Güneş ışınlamı şiddetinin genellikle yatay düzleme gelen değeri ölçülür. Kolektörler ise belirli bir eğim açısıyla (α) yerleştirildikleri için, yatay düzleme gelen ışınlam değerini kullanmak hata yaratacaktır. Bu sebeple, yatay düzleme gelen güneş ışınlamı değerini, kolektörün eğim açısına bağlı olarak eğik düzleme çeviren bir R çarpanının bulunması gerekmektedir.



Şekil 4.5 Yatay ve eğik düzleme gelen güneş ışınları

$$Q_{\text{eğik}} = Q_{\text{yatay}} \times R \quad (4.14)$$

$$R = \frac{\cos(z - \alpha)}{\cos z}$$

z: Zenit açısı.

4.4 Güneş Kolektörüne Gelen Faydalı Enerji

Bir kolektörün topladığı faydalı enerjiyi;

$$Q_f = A_t \cdot I_e \cdot \eta_t \quad [W] \quad (4.15)$$

ile hesaplayabilmekteyiz. Bu formülde,

A_t : Kolektör yüzey alanı [m^2],

I_e : Birim eğik yüzeye düşen anlık ışınlam miktarı [W/m^2],

η_t : Anlık kolektör verimi [-]

olarak tarif edilmiştir. Anlık kolektör verimini hesaplarken iki farklı yol kullanılabilir:

4.4.1 Anlık Kolektör Verimi Hesabında I. Yol

Bu yöntem daha çok, teorik hesaplamalarda tercih edilir. Kolektör verimi aşağıdaki formül ile hesaplanır:

$$\eta_t = F_t \cdot \left[(\tau\alpha)_e - K \cdot \frac{T_{tg} - T_{\zeta}}{I_e} \right] \quad (4.16)$$

Bu formülde;

F_t : Kolektör ısı kazanç faktörü [-],

$(\tau\alpha)_e$: Efektif yutma katsayısı [-],

K : Toplayıcı toplam ısı kayıp katsayısı [W/m^2K],

T_{tg} : Suyun kolektöre giriş sıcaklığı [$^{\circ}C$],

T_{ζ} : Çevre sıcaklığı [$^{\circ}C$]

olarak verilmiştir. Denklem (4.16), denklem (4.15)'de yerine yazılırsa,

$$Q_f = A_t \cdot [F_t \cdot (\tau\alpha)_e \cdot I_e - F_t \cdot K \cdot (T_{tg} - T_{\zeta})] \quad (4.17)$$

elde edilir. Bu formülle kolektörlerde toplanan faydalı enerji miktarı bulunabilmektedir (Kılıç ve Öztürk 1983).

4.4.2 Anlık Kolektör Verimi Hesabında II. Yol

Bu yöntem ise genellikle üreticiler tarafından, kullanılacak kolektörün veriminin hesaplanması için tavsiye edilir. Bu yöntemde göre ise verim şu şekilde hesaplanır:

$$\eta = \eta_o - k_1 \frac{\Delta T}{E_g} - k_2 \frac{\Delta T^2}{E_g} \quad (4.18)$$

Burada;

η_o : Optik verim (%),

k_1, k_2 : Isı kayıp katsayıları [W/m^2K] [W/m^2K^2],

ΔT : Kolektör ile bulunduğu ortam arasındaki sıcaklık farkı [$^{\circ}C$],

E_g : Güneş ışınlamı şiddeti [W/m^2]

olarak verilmiştir.

Kolektör üzerine düşen güneş ışınlarının bir kısmı, yansıma ve absorpsiyon nedeni ile kaybedilir. Optik verim bu kayıpları göz önünde bulundurur.

Kolektörler ısındıkları zaman iletim, taşınım ve ışınlım yoluyla ısı kaybederler. Bu kayıplar; ısı kayıp katsayıları tarafından göz önünde bulundurulur.

Kolektör sıcaklığı ile ortam sıcaklığı arasındaki fark sıfır olduğunda, kolektör ortama ısı kaybetmez ve verim maksimumdur; bu da optik verime eşittir (Viessmann, 2000).

5. PROJELENDİRME ÇALIŞMASI

Bu projede, Mardin’de yapılması planlanan bir toplu konuta toprak kaynaklı ısı pompası uygulaması yapılarak, yazın soğutmanın kışın ise ısıtmanın yapılması hedeflenmiştir. Mahal içerisinde ısıtma ve soğutma sulu sistemle yapılacağından, ısı pompası olarak sudan suya çalışan bir cihaz seçilmiştir. Isıtma, ayrıca güneş kolektörleri kullanılarak desteklenmiştir. Kolektör çıkış sıcaklığının uygun olduğu anlarda, kolektör sistemi, doğrudan fan-coil sistemi ile birlikte çalıştırılmış ve evin doğrudan güneş enerjisi ile ısıtılması sağlanmıştır. Kolektör çıkış sıcaklığının doğrudan ısıtma için yeterli olmadığı anlarda bu sıcak akışkan, toprak ısı değiştiricisinin ısı pompasına dönüş kısmına konulan bir ısı değiştiricisinden geçirilerek, ısı pompasının performansını artırmada kullanılmıştır. Böylece ısıtma sezonunda, ısı pompasının kompresörünün elektrik sarfiyatı azaltılmaya çalışılmıştır. Tasarlanan sistemin genel şeması Şekil 5.1’de görülmektedir.

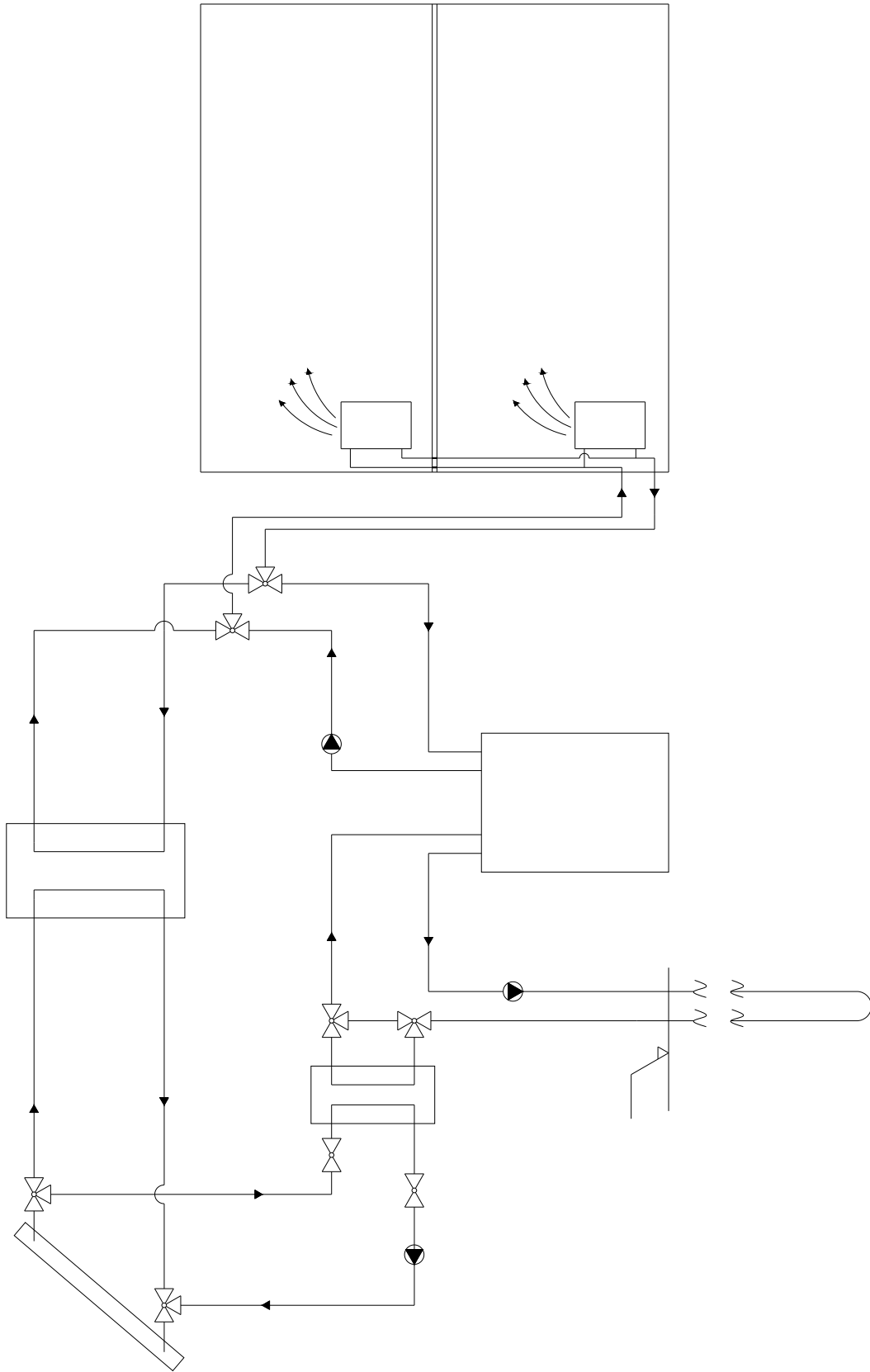
Ayrıca, her evin kendine ait bir ısı pompası, toprak ısı değiştiricisi, kolektör grubu olan bu sisteme ek olarak, belirtilen öğelerin, her 4 ev için ortak kullanımına yönelik projelendirme çalışması da yapılmıştır. Yani evler, merkezi gruplar halinde, 4’lü olarak ısıtılıp soğutulmuştur. Burada, sistemin işletilmesindeki mantık, aynen tek ev için kurulan sistemde olduğu gibidir. Bu adımdaki amaç, yatırım masrafını düşürebilmektir.

İklimlemeye çalışılan evler villa tipinde olup, iki katlıdır ve toplam taban alanı 148 m², kat yüksekliği ise 4 m’dir ve her evin kendine ait bir bahçesi vardır.

5.1 Isı Yüğü Hesabı

Toprak kaynaklı bir ısı pompasının tasarımı için gerekli olan ısı yüğü; yazın ısı kazancı, kışın ise ısı kaybı olarak hesap edilir. Isı pompasının içerisindeki, soğutma mevsimi boyunca yoğunlaştırıcı olarak kullanılan ısı değiştiricisi, ısıtma mevsiminde buharlaştırıcı olarak ve yine soğutma mevsiminde buharlaştırıcı olarak kullanılan ısı değiştiricisi de ısıtma mevsiminde yoğunlaştırıcı olarak kullanılır.

Isı pompalarında yoğunlaştırıcunun ısıl gücü daima buharlaştırıcının ısıl gücünden fazladır. Bununla beraber, içerisinde bulunduğumuz iklim kuşağında soğutma yüğü, ısı kaybının yaklaşık 1,25 katı kadardır. Dolayısıyla hem ısıtma hem de soğutma yapacak olan bir ısı pompası tasarımında hesaplanması gereken ısıl yük, sadece soğutma yüğü kullanılarak tespit edilebilir. Aksi takdirde sadece ısı kaybı ile seçim yapılırsa, soğutma mevsiminde kapasitenin



Şekil 5.1 Tasarlanan sistemin genel şeması

yetmemesi gibi bir sonuç ile karşı karşıya kalınabilir (Ersöz, 2000). Ancak bu bir genelleme olduğundan, her iki durum için de ısı yükü hesaplanmalı, büyük olan ısı yüküne göre işleme devam edilmelidir.

5.1.1 Isı Kaybı Hesabı

Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden Mardin için alınan saatlik hava sıcaklıkları (Şekil 5.2) kullanılarak, yıl içerisindeki ısı kayıpları da saatlik olarak MATLAB programı ile hesaplanmıştır (Şekil 5.3). Yapılan bu ayrıntılı hesap sonucunda aylık maksimum ısı kaybının Ocak ayında olması sebebiyle dizayn ayı olarak bu ay seçilmiştir. Bu aydaki maksimum ısı kaybı 16,78 kW, bu ısı kaybının gerçekleştiği dış sıcaklık da $-2,7^{\circ}\text{C}$ olarak saptanmıştır.

5.1.2 Soğutma Yükü Hesabı

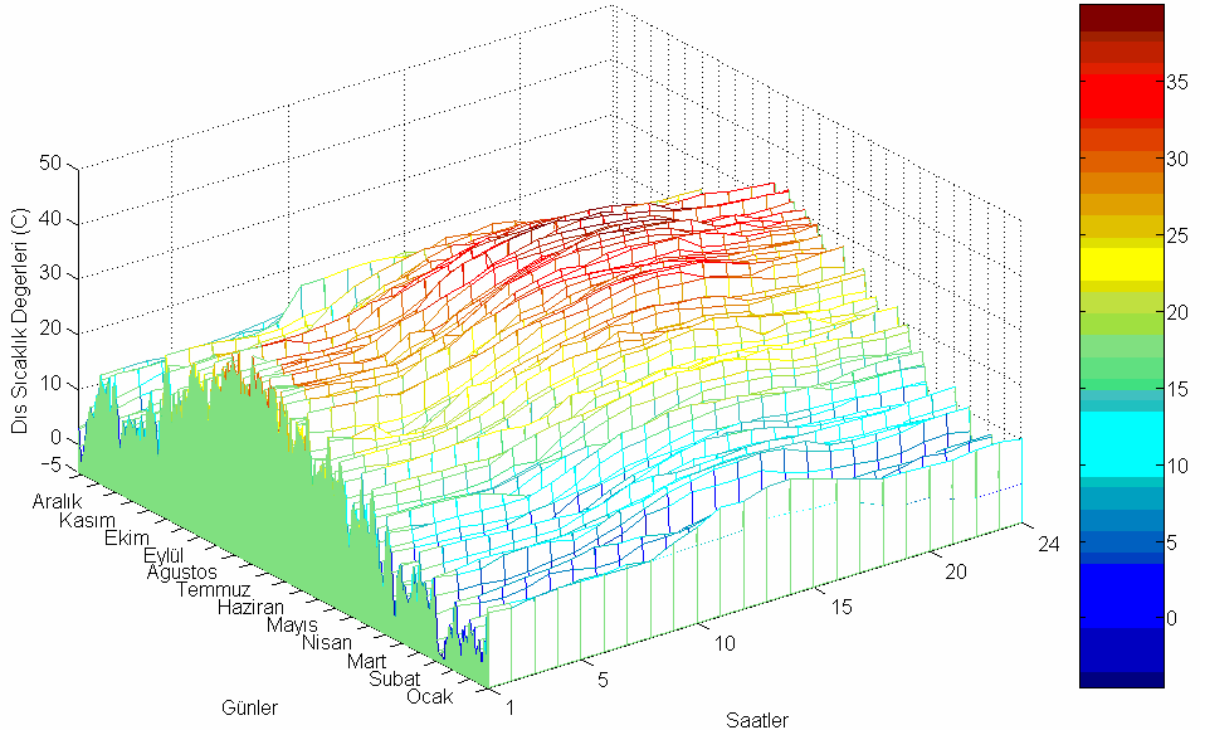
Soğutma yükü hesabı da saatlik olarak ve MATLAB programı kullanılarak yapılmıştır. Bu hesaplamada kullanılan saatlik güneş ışıınımı şiddeti değerleri Meteoroloji İşleri tarafından ölçülmediği için, bunun yerine Mardin'e komşu olan Diyarbakır için ölçülen değerler kullanılmıştır (Şekil 5.4). Günlük güneşlenme süreleri Meteoroloji İşleri'nden Mardin için alınmış ve saatlik olarak hesaba katılmıştır.

Soğutma yükü hesabında belirleyici etkenin güneş radyasyonu olduğu görülmüştür. Öyle ki, dış sıcaklıklar itibariyle soğutma yükünün düşük olabileceği sanılan aylarda dahi, güneş radyasyonu sebebiyle anlık soğutma yükü ihtiyaçları yüksek çıkabilmiştir. Güneşlenme dolayısıyla olan ısı kazançlarına, iletimle olan ısı kazançlarının ve iç ortamda oluşan ısı kazançlarının da eklenmesiyle, soğutma yükü hesaplanmıştır (Şekil 5.5).

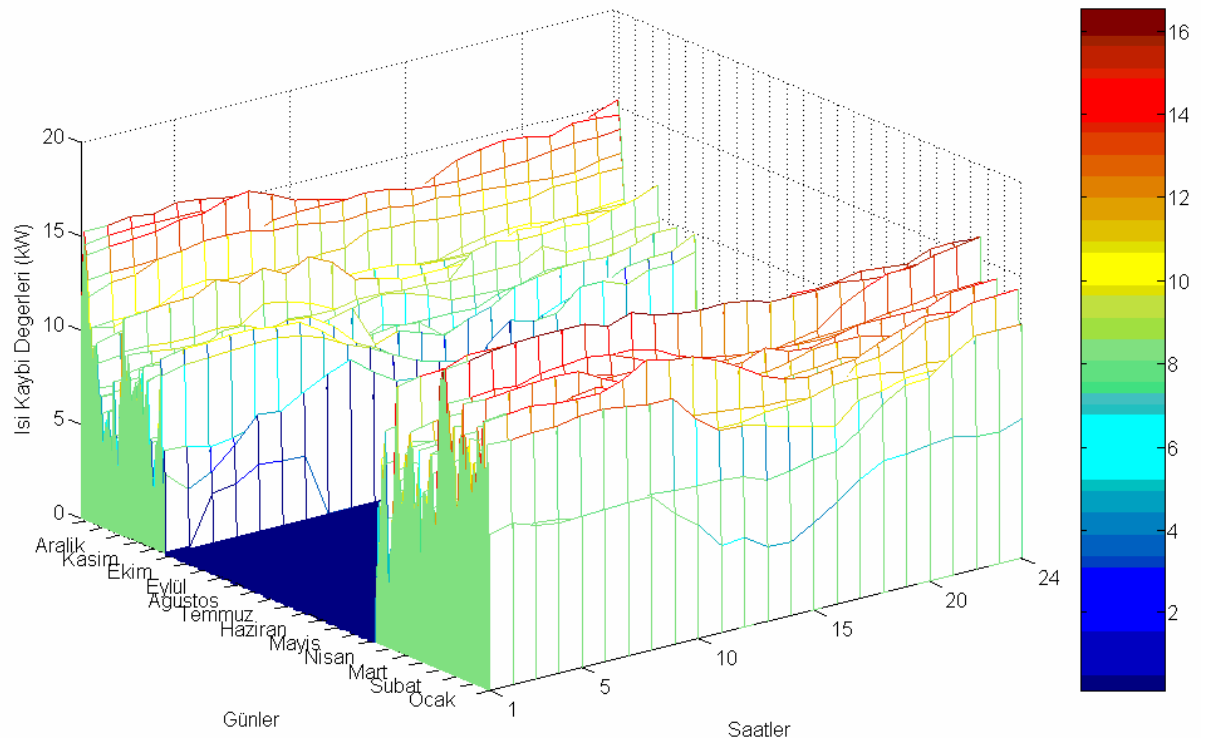
Sonuç olarak, aylık maksimum soğutma yükünün Temmuz ayında olduğu, maksimum soğutma yükünün 20,22 kW, dizayn sıcaklığının da 38°C olduğu belirlenmiştir.

Geceleri oluşan soğutma yükleri, eğer sadece iç ısılardan (cihazlar, insanlar vs.) kaynaklanıyorsa, soğutma yapılmamıştır. Ayrıca, yine geceleri iç-dış sıcaklık farkı 3°C 'den küçük ise soğutma yapılmamıştır.

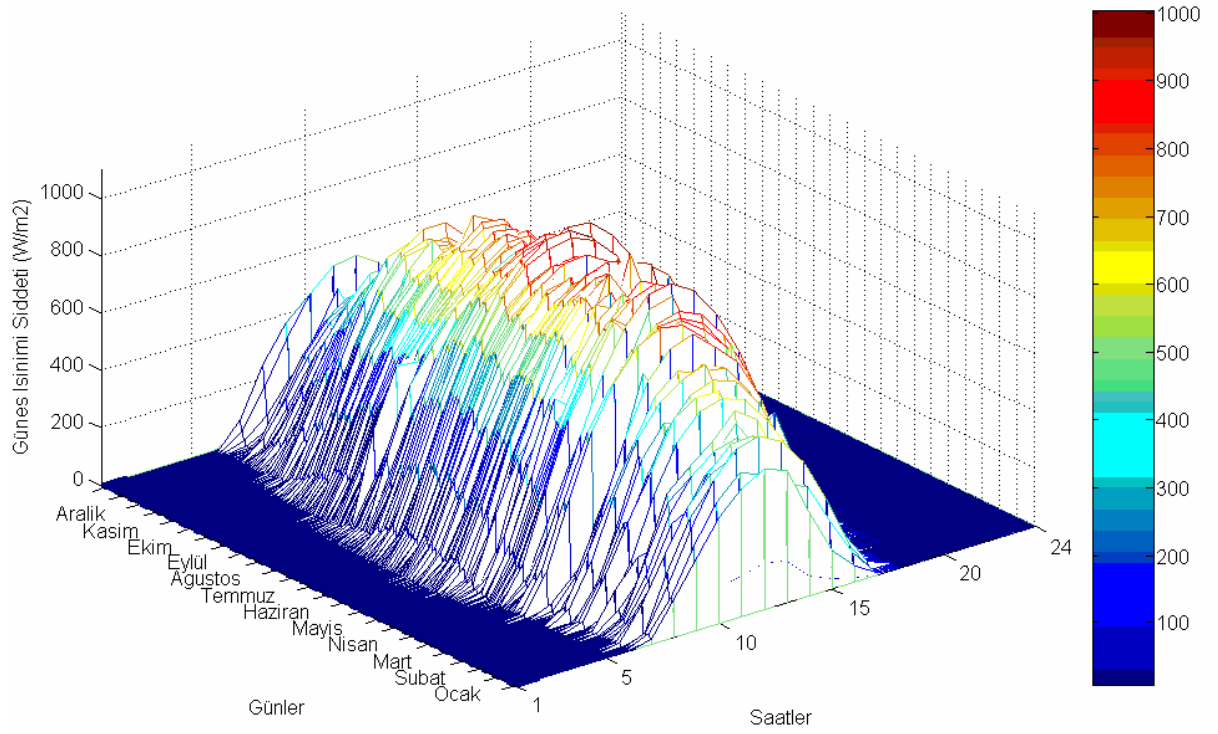
Yapılan ısı kaybı ve soğutma yükü hesabından sonra elde edilen değerler göz önüne alınarak, ısıtmanın 15 Ekim – 15 Nisan arasında yapılmasının, soğutmanın ise 15 Mayıs – 15 Eylül arasında yapılmasının uygun olduğu görülmüştür. Bulunan bu ısı kayıpları ve soğutma yüklerinin aylık değerleri birlikte olarak Şekil 5.6'da gösterilmiştir.



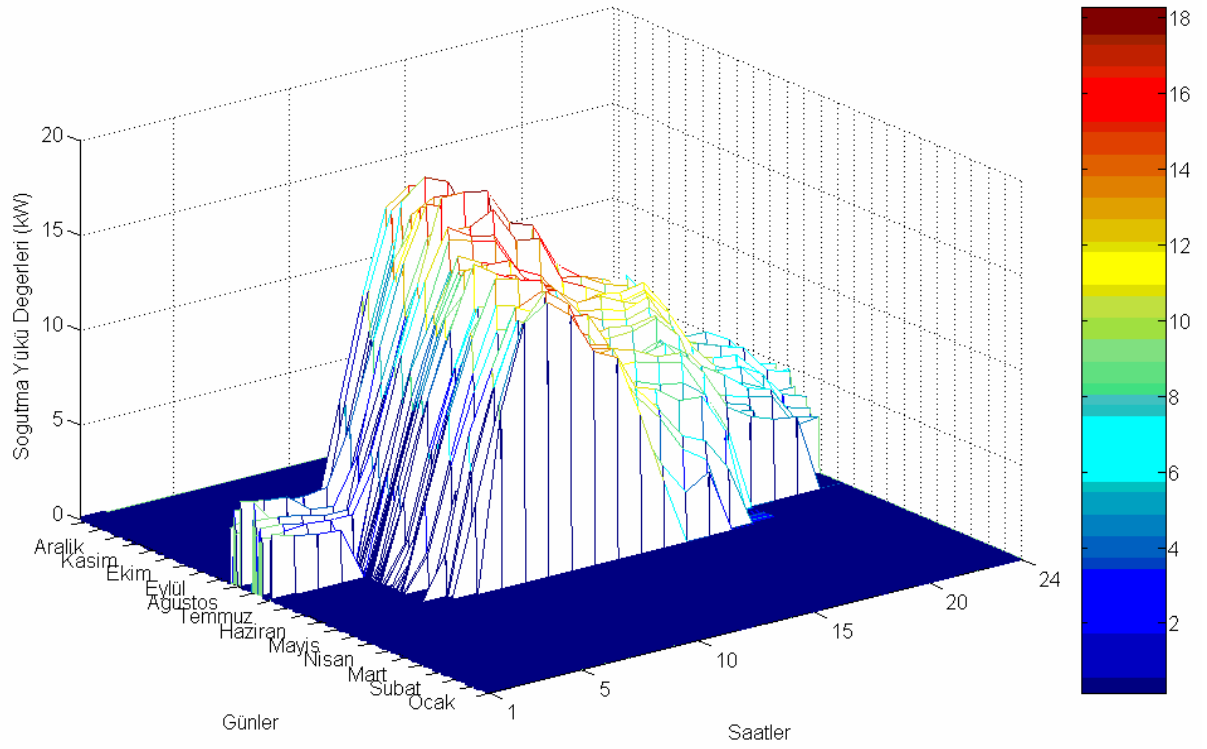
Şekil 5.2 Saatlik hava sıcaklığı değerleri



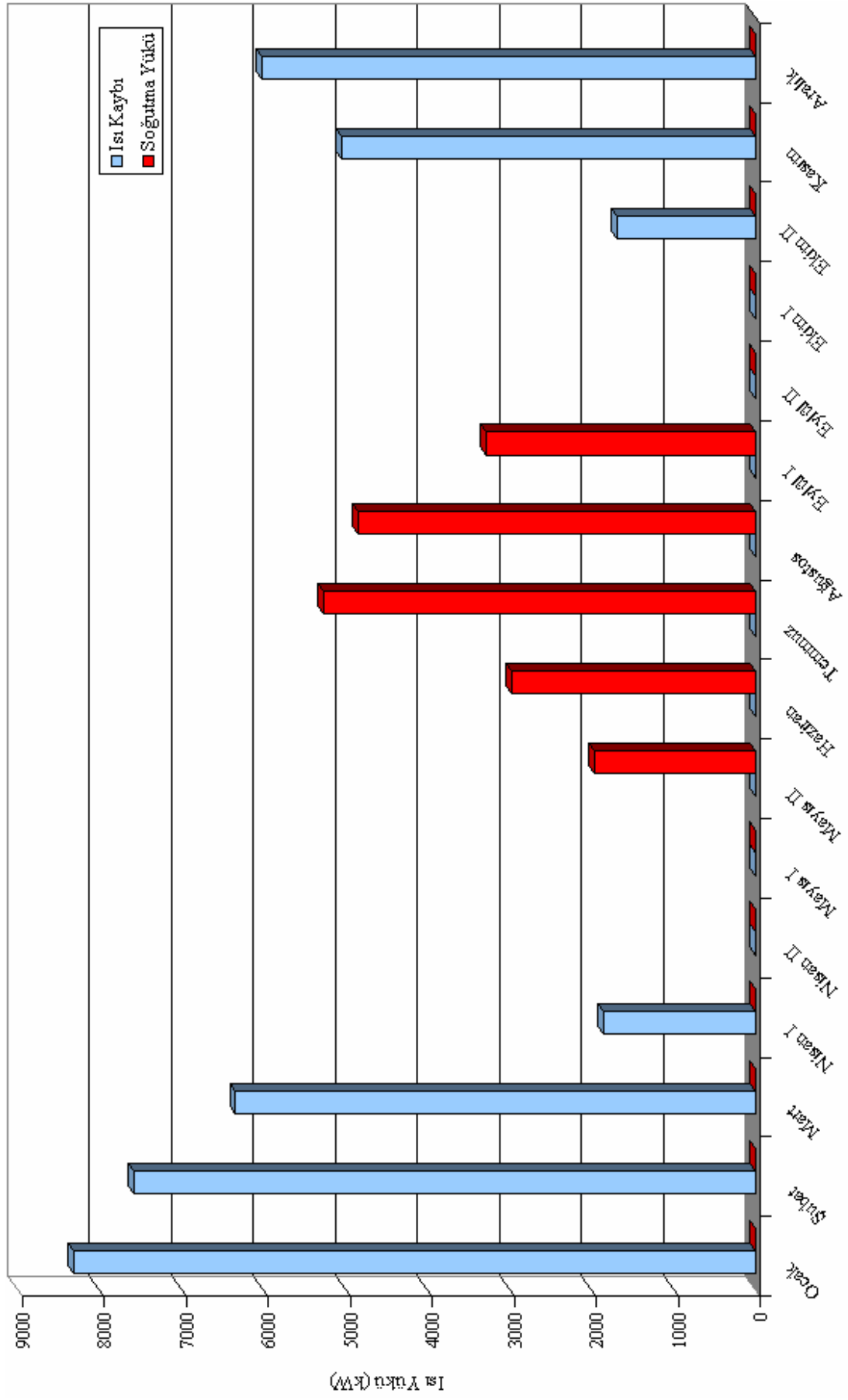
Şekil 5.3 Binanın tüm yıl için saatlik ısı kaybı grafiği



Şekil 5.4 Saatlik güneş ışıınımı şiddetleri



Şekil 5.5 Binanın tüm yıl için saatlik soğutma yüğü grafiğı



Şekil 5.6 Binanın aylara göre toplam ısı kaybı ve soğutma yükü grafiği

5.2 Toprak ısı Değiştiricisi Tasarımı

Toprak ısı değiştiricisi boru boyunun hesabı, Bölüm 3’de detaylı bir biçimde irdelenmiştir. Burada Çizelge 5.1’in kullanılması adımların rahat anlaşılabilmesi açısından kolaylık sağlamıştır.

5.2.1 Boru Özellikleri

Toprak ısı değiştiricisinin dikey tipte yapılması uygun görülmüştür. Boru malzemesinin Bölüm 3’de belirtilen özellikler dikkate alınarak PE SCH 40 olması, çapının ise 1- 1/4’’ olması uygundur. Bu durumda boru direnci (R_{pe}) ise Çizelge 3.3’den 0.089 hfeetF/BTU olarak okunmuştur. Birim dönüşümü yapmak amacıyla bu değer 1,73 bölündüğünde $R_{pe} = 0,051$ mK/W olarak bulunur ve tabloya işlenir.

5.2.2 Toprak Özellikleri

Toprak cinsini belirlemede dikkat edilen husus, yüzeyden 18 m ila 91 m derinlik arasındaki katmanlar arasında su ile karşılaşılacağından, toprağın nemli toprak olarak alınabileceğidir (Yılmaz, 2000). Ardından Çizelge 3.2 kullanılarak toprak direnci değeri belirlenir. 0,96 hfeetF/BTU olarak okunan bu değer birim dönüşümü yapıldığında $R_s = 0,555$ mK/W olarak tabloya işlenir.

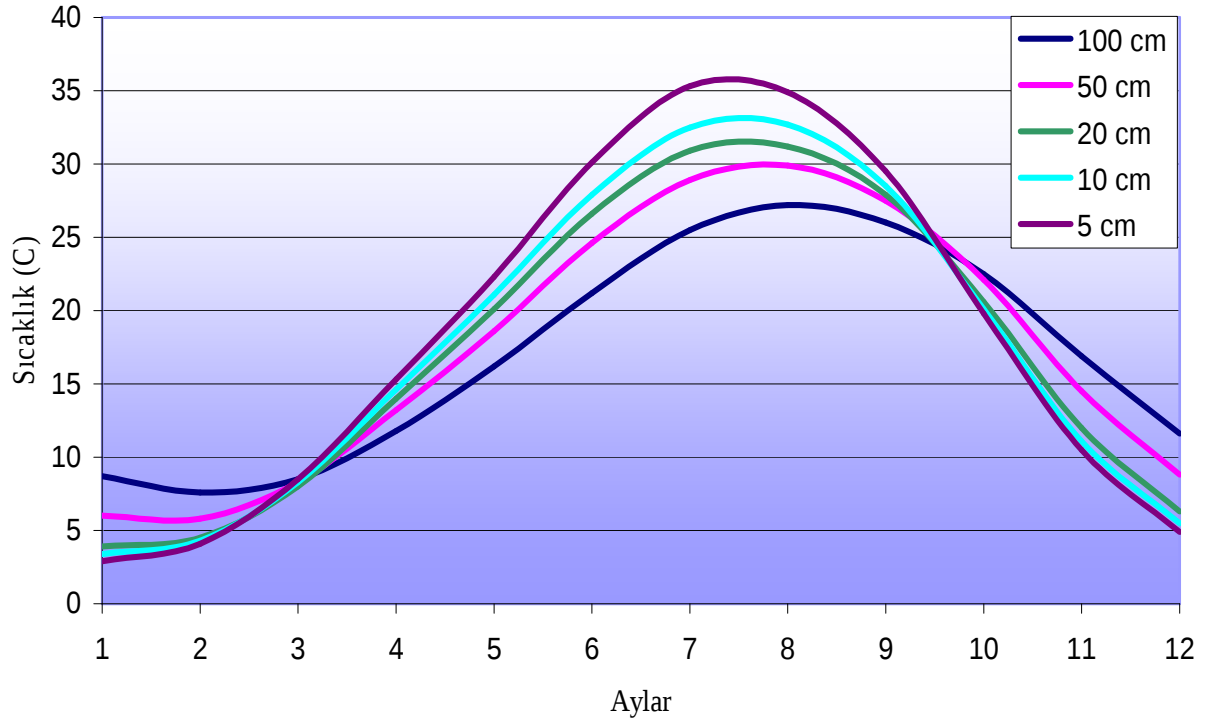
5.2.3 Yerel Özellikler

Ortalama yıllık toprak sıcaklığının (T_m) belirlenmesinde, yıllık ortalama hava sıcaklığına 1,1 °C eklemek bir yöntemdir. Devler Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü’nden Mardin için alınan, aylık ortalama toprak sıcaklığı değerleri de burada fikir vermesi açısından kullanılabilir. Doğrudan bu değerlerin kullanılamamasının sebebi; Meteoroloji İşleri tarafından yapılan ölçümlerin en fazla 1 m derinliğe kadar olmasıdır. Bu değerler Şekil 5.7’de verilmiştir. Bu bilgiler ışığında toprak sıcaklığı 16,1 °C olarak belirlenmiştir.

Değişim derecesinin, 1 m derinlikte 9,5-10 °C civarında olduğu görülmüştür. Dikey borulamada daha derin bölgelere inileceği için, değişimin daha az olması beklenmelidir. 5,5 °C’lık bir sıcaklık değişimi uygundur. Bu durumda; yıl içerisindeki en yüksek toprak sıcaklığı $T_H = 16,1 + 5,5 = 21,6$ °C, en düşük toprak sıcaklığı $T_L = 16,1 - 5,5 = 10,6$ °C olarak bulunur.

Çizelge 5.1 Boru boyu hesap tablosu

	Açıklama	Gösterim	Birim	Hesaplama	Sonuç
Boru Özellikleri	Boru Malzemesi		-	Seçilir	PE SCH-40
	Boru Çapı		inç	Belirlenir	1-1/4"
	Boru Direnci	R_{pe}	mK/W	Tablo	0,051
Toprak Özellikleri	Toprağın Cinsi		-	Tespit Edilir	Nemli
	Toprak Direnci	R_s	mK/W	Tablo	0,555
Yerel Özellikler	Ortalama Yıllık Toprak Sıcaklığı	T_m	°C	Belirlenir	16,1
	Değişim Derecesi	DEV	°C	Kabul	5,5
	Yüksek Toprak Sıcaklığı	T_H	°C	$T_m + DEV$	21,6
	Düşük Toprak Sıcaklığı	T_L	°C	$T_L + DEV$	10,6
Isı Pompası Özellikleri	En Yüksek Sıcaklık EWT_c	T_{max}	°C	Isı Pompası Karakteristiği	32,2
	En Düşük Sıcaklık EWT_h	T_{min}	°C	Isı Pompası Karakteristiği	4,4
	Soğutma Kapasitesi		kW	Isı Pompası Karakteristiği	24,93
	Isıtma Kapasitesi		kW	Isı Pompası Karakteristiği	24,51
	Soğutma Performansı	COP_c	-	Isı Pompası Karakteristiği	3,19
	Isıtma Performansı	COP_h	-	Isı Pompası Karakteristiği	2,91
İşletme Faktörü	Dış Dizayn Sıcaklığı, Soğutma		°C	Belirlenir	38,0
	Soğutma Yüğü		kW	Hesaplanır	20,22
	Dış Dizayn Sıcaklığı, Isıtma		°C	Belirlenir	-2,7
	Isı Kaybı		kW	Hesaplanır	16,78
	Soğutma İşletme Faktörü	F_c	-	Hesaplanır	0,365
	Isıtma İşletme Faktörü	F_h	-	Hesaplanır	0,456
Boru Uzunluğu	TID Boru Uzunluğu, Soğutma	L_c	m	Hesaplanır	635,54
	TID Boru Uzunluğu, Isıtma	L_h	m	Hesaplanır	544,80



Şekil 5.7 Farklı derinliklere göre ortalama aylık toprak sıcaklıkları

5.2.4 Isı Pompası Özellikleri

Isı pompası seçimi yapılırken dikkat edilmesi gereken husus; Bölüm 3’de anlatıldığı üzere giriş suyu sıcaklıklarını doğru tayin edebilmektir. Isıtma sezonu için giriş suyu sıcaklığı $EWT_h = T_L - 3,3 = 7,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$ olarak hesaplanır. Isıtma için katalogdan cihaz seçimi yapılırken, $7,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ’lik giriş suyu sıcaklığı değeri en yakın alt değer olan $4,4 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ’ye tamamlanır ve seçim bu sıcaklığa göre yapılır. Evin ısıtma kapasitesi değeri de dikkate alınarak ısı pompasının ısıtma kapasitesi $24,51 \text{ kW}$, Isıtma performansı (COP_h) $2,91$ olarak katalogdan okunur. Isı pompasının soğutma kapasitesi bulunurken, soğutma sezonu için giriş suyu sıcaklığı $EWT_c = T_H + 8,3 = 29,9 \text{ }^{\circ}\text{C}$ olarak hesaplanır. Cihaz seçimi için, $29,9 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ’lik giriş suyu sıcaklığı değeri en yakın üst değer olan $32,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ’ye tamamlanır. Bu sıcaklık değeri ve evin soğutma yükü göz önüne alınarak katalogdan seçilen ısı pompasının soğutma kapasitesi $24,93 \text{ kW}$, soğutma performansı (COP_c) $3,19$ ’dir. Seçilen ısı pompasının özellikleri Çizelge 5.2’de sunulmuştur.

Çizelge 5.2 Seçilen ısı pompasının özellikleri

Soğutma			Isıtma		
Kapasite	24,93	kW	Kapasite	24,51	kW
EWT _c (TD)	32,2	°C	EWT _h (TD)	4,4	°C
EWT (ED)	12,8	°C	EWT (ED)	37,8	°C
Performans	3,19	COP	Performans	2,91	COP
TD Debisi	3,41	m ³ /h	TD Debisi	3,41	m ³ /h
ED Debisi	3,41	m ³ /h	ED Debisi	3,41	m ³ /h
Kompresör Gücü	7,76	kW	Kompresör Gücü	8,42	kW
TD Çıkış Sıcaklığı (LWT)	24,2	°C	TD Çıkış Sıcaklığı (LWT)	1,2	°C
ED Çıkış Sıcaklığı (LWT)	6,5	°C	ED Çıkış Sıcaklığı (LWT)	44,0	°C

TD: Toprak Devresi

ED: Ev Devresi

5.2.5 İşletme Faktörü Hesabı

5.2.5.1 Bin Metoduna Göre Isıtmada İşletme Faktörü

Bu hesaplama prosedüründe Çizelge 5.3'ün kullanılması işleme açıklık getirmesi açısından uygundur.

1- Öncelikle binanın dış sıcaklığa bağlı olarak ısı kaybı grafiği çizilmelidir. Bunun için denge noktası olarak 18 °C seçilmiştir. Denge noktasında ısı kaybı yoktur. Maksimum ısı kaybı 16,78 kW, bu ısı kaybının olduğu dış sıcaklık ise -2,7 °C'dir. Bu iki nokta kullanılarak Şekil 5.8'deki ısı kaybı doğrusu çizilmiştir.

2- 5 °C'lik bir sıcaklık aralığı kullanılarak, ısıtma dizayn ayı olan Ocak ayı içerisinde sıcaklık aralıklarına düşen saat sayısı hesap edilir ve tabloya yazılır. Isıtma için -5 °C ila 18 °C arası hesaba katılmıştır.

3- Sıcaklık aralıklarının orta noktalarına karşı gelen sıcaklık değerindeki ısı kaybı, Şekil 5.8'den okunarak tabloya yazılır. Örneğin; -5 °C ile 0 °C aralığı için -2,5 °C noktasının Şekil 5.8'den ne kadarlık bir ısı kaybına tekabül ettiği okunur.

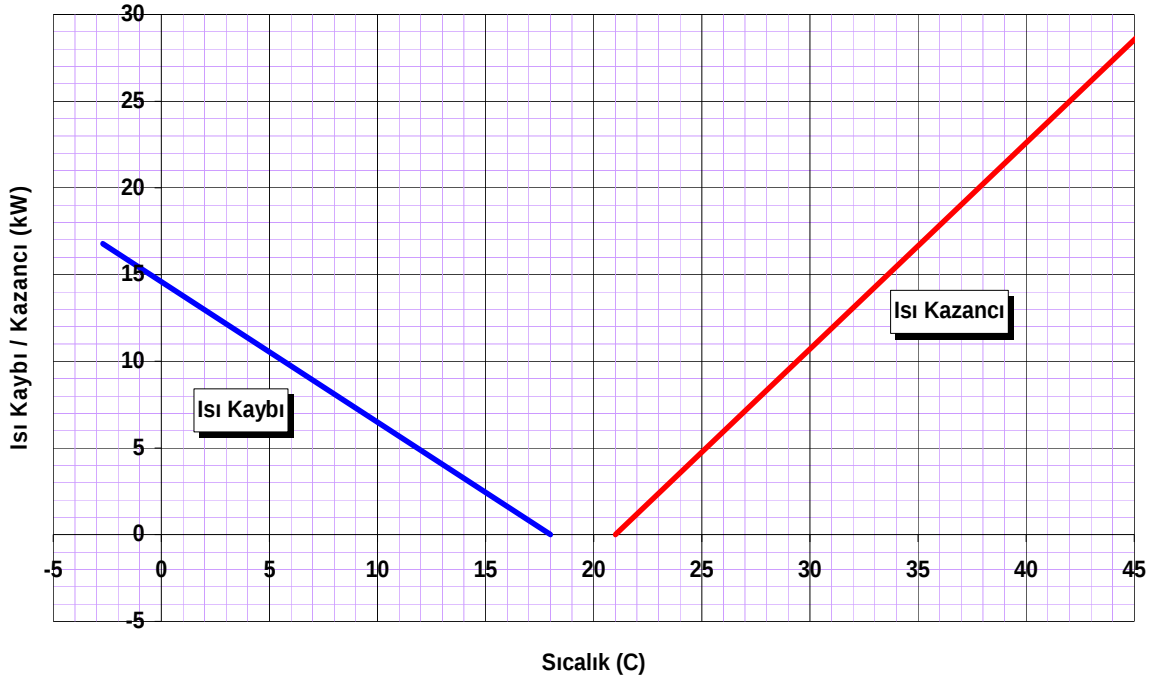
4- Bulunan saat sayıları ile ısı kaybı değerleri çarpılarak, elde edilen yeni değerler tabloya yazılır.

5- Tüm bu ısı kaybı değerleri toplanarak, toplam ısı kaybı olarak tabloya yazılır.

6- Saat sayıları da toplanarak toplam saat sayısı bulunur.

Çizelge 5.3 Bin Metodu ile işletme faktörü hesap tablosu

Orta Nokta	Sıcaklık Aralığı	Hava Datası (h/yıl)	Isı Kaybı / Kazancı (kW)	Toplam Isı Kaybı / Kazancı (kW)	Hesaplar
-2,5	-5 : 0	59	16,6	980,5	Toplam Isı Kaybı (kW)
2,5	0 : 5	451	12,6	5667,1	8560,1
7,5	5 : 10	216	8,5	1838,6	Ocak Ayı Başına Toplam Saatler (h/yıl)
12,5	10 : 15	16	4,5	71,3	744
16,5	15 : 18	2	1,2	2,4	Ortalama Saatlik Isı Kaybı
23	21 : 25	18	2,4	42,8	11,5
27,5	25 : 30	157	7,7	1213,9	Isı Pompasının Isıtma Kapasitesi (kW)
32,5	30 : 35	275	13,7	3761,7	24,51
37,5	35 : 40	114	19,6	2237,4	Isıtma İçin İşletme Faktörü F_h
42,5	40 : 45	2	25,6	51,1	0,469
					Toplam Isı Kazancı (kW)
					7307,0
					Temmuz Ayı Başına Toplam Saatler (h/yıl)
					566
					Ortalama Saatlik Isı Kazancı
					12,9
					Isı Pompasının Soğutma Kapasitesi (kW)
					24,93
					Soğutma İçin İşletme Faktörü F_c
					0,518



Şekil 5.8 Binanın dış sıcaklığa bağlı ısı kaybı ve ısı kazancı grafiği

7- Toplam ısı kaybı değeri, toplam saat sayısına bölünerek ortalama saatlik ısı kaybı değeri bulunur.

8- Seçilen ısı pompasının ısıtma kapasitesi tabloya işlenir.

9- Son olarak da ortalama saatlik ısı kaybı değeri, seçilen ısı pompasının ısıtma kapasitesine bölündüğünde, ısıtma sezonu için işletme faktörü (F_h) 0,469 olarak bulunur.

5.2.5.2 Bin Metoduna Göre Soğutmada İşletme Faktörü

Burada da ısıtmadaki hesap adımları, birkaç farklılıkla tekrar edilir.

1- Denge noktası yani soğutmanın olmadığı dış sıcaklık değeri olarak 21 °C alınır. Maksimum soğutma yükü 20,22 kW, bu soğutma yükünün olduğu dış sıcaklık değeri de 38 °C'dir. Bu iki nokta yardımıyla Şekil 5.8 üzerindeki, binanın dış sıcaklığa bağlı soğutma yükü doğrusu çizilmiştir.

2- Yine 5 °C'lik bir sıcaklık aralığı kullanılarak, soğutma dizayn ayı olan Temmuz ayı içerisinde sıcaklık aralıklarına düşen saat sayısı hesap edilir ve tabloya yazılır. Soğutma için 21 °C ila 45 °C arası hesaba katılmıştır.

3- Isıtmada işletme faktörü hesabında yapılan 3., 4., 5., 6., 7. ve 8. adımlar ısı kazancı için tekrarlanır.

4- Ortalama saatlik ısı kazancı değeri, ısı pompasının soğutma kapasitesine bölündüğünde, soğutma sezonu için işletme faktörü (F_c) 0,518 olarak bulunur.

5.2.5.3 Saat-Saat Metodu İle İşletme Faktörleri

Isı kayıpları ve soğuma yükleri saat saat hesaplanmış olduğu için, işletme faktörlerinin hesabında bu metodun uygulanabilmesi için bir zorluk bulunmamaktadır. Ocak ayı içerisindeki saatlik ısı kaybı değerleri, seçilen ısı pompasının ısıtma kapasitesine bölünüp, bulunan değerlerin ortalaması alınır; ısıtma için işletme faktörü (F_h) 0,456 olarak bulunur. Temmuz ayındaki saatlik soğutma yükleri de ısı pompasının soğutma kapasitesine bölünür ve ortalamaları alınır; soğutma için işletme faktörü (F_c) 0,365 olarak bulunur. Bu metod uygulanırken MATLAB programı kullanılmıştır.

Bin metodu ile saat-saat metodunun farklı işletme faktörleri vermesinin sebebi Bölüm 3’de detaylı olarak açıklanmıştır. Bu projede, daha gerçekçi sonuçlar veren saat-saat metodu ile bulunan işletme faktörü değerleri kullanılmıştır.

5.2.6 Boru Uzunluğu

Hesaplanan bu değerler ve (3.1) numaralı formül kullanılarak ısıtma durumu için toprak ısı değiştiricisi boru boyu (L_h) 544,8 m olarak, (3.2) numaralı formül kullanılarak soğutma durumu için boru boyu da (L_c) 635,54 m olarak hesaplanmış olur. Sistem büyük olan boru boyuna göre tasarlanacağı için, soğutmadaki boru boyu belirleyicidir.

Kullanılan toprak ısı değiştiricisi U-tipi olduğu için açılacak deliğin uzunluğu hesaplanırken çıkan boru boyunu ikiye bölmemiz gerekmektedir. Ayrıca müsaade edilen maksimum delik uzunluğu 91 m olduğu için (Miles, 1994), delik uzunluğu ve delik sayısı şöyle bulunur;

$$635,54/2=317,77 \text{ m}$$

$$317,77/91=3,49 \text{ delik}$$

Çıkan delik sayısı bir üst sayıya yuvarlanır. Yani bu sistemde açılması gereken delik sayısı 4’tür. Buradan her bir deliğin uzunluğu tekrar hesaplanacak olursa;

$$317,77/4=79,5 \text{ m}$$

1,5 m de genleşmeler için ilave edilirse (Miles, 1994), yeni delik uzunluğu;

$$79,5+1,5=81 \text{ m olarak hesaplanır.}$$

Açılacak delik uzunluğunu kısaltmak için bahçe alanının da müsaade edeceği göz önüne alınarak, delik sayısı 1 artırılabilir. Bu durumda yeni delik sayısı 5 olduğundan, delik uzunluğu;

$317,77/5=63,5$ m olarak bulunur. Buna 1,5 m de genişlemeler için ilave edilirse nihai delik uzunluğu;

$63,5+1,5=65$ m olarak bulunur.

Açılacak deliğin çapı ise $1\frac{1}{4}$ '' nominal boru çapı ve tek u-boru için Çizelge 5.4'den, en az 4'' olarak okunur.

Çizelge 5.4 Açılacak Delikler İçin Minimum Boru Çapları (Miles, 1994)

Nominal Boru Çapı	Tek U-Boru	Çift U-Boru
$\frac{3}{4}$ ''	$3\frac{1}{4}$ ''	$4\frac{1}{2}$ ''
1''	$3\frac{1}{2}$ ''	$5\frac{1}{2}$ ''
$1\frac{1}{4}$ ''	4''	$5\frac{3}{4}$ ''
$1\frac{1}{2}$ ''	$4\frac{3}{4}$ ''	6''
2''	6''	7''

5.3 Güneş Enerjisi Destekli Sistem Tasarımı

Güneş enerjisinden ne kadar faydalanılabileceğinin belirlenebilmesi için, güneşten elde edilebilecek faydalı enerjinin belirlenmesi gerekir. Bu aşamada, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden alınan saatlik güneş ışıınımı değerleri kullanılmıştır. Daha sonra Bölüm 4'de belirtildiği üzere saat açıları, sapma açıları, güneş yükseklik açıları, zenit açıları ve azimut açıları saatlik olarak hesaplanmıştır. Ardından R değeri ve azimut açısı düzeltme faktörü de saatlik olarak hesaplanmıştır. Bu hesaplamalarda da MATLAB programı kullanılmıştır.

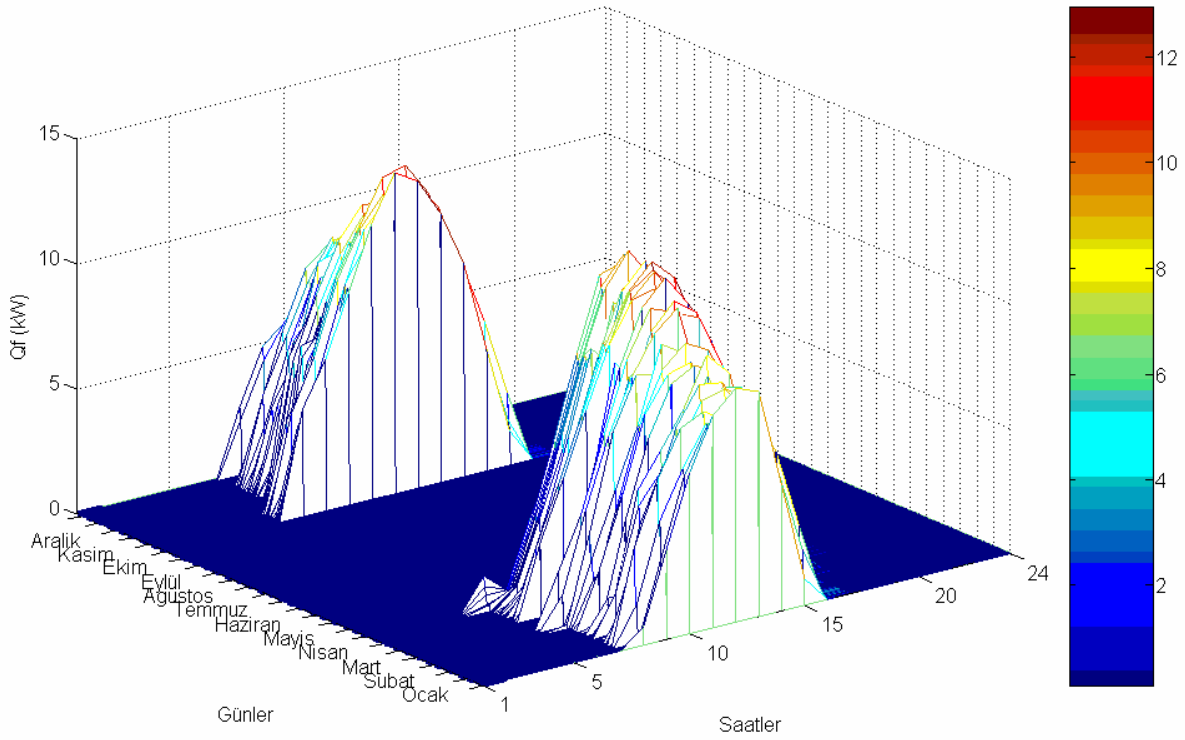
Kolektör olarak, $2,4\text{ m}^2$ yüzey alanına sahip vakum borulu tip seçilmiştir. Kolektör veriminin hesaplanmasında Bölüm 4'de anlatılan II. yöntem kullanılmıştır. Formüldeki katsayılar, ürünün kataloğundan alınmış olup, değerleri şöyledir:

$$\eta_o = 84 (\%),$$

$$k_1 = 1,61 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$k_2 = 0,063 \text{ W/m}^2\text{K}^2$$

Böylelikle saatlik olarak hesaplanan kolektör verimi de kullanılarak, faydalanılabilecek güneş enerjisi de saatlik olarak yazılan program ile hesaplanmıştır (Şekil 5.9).

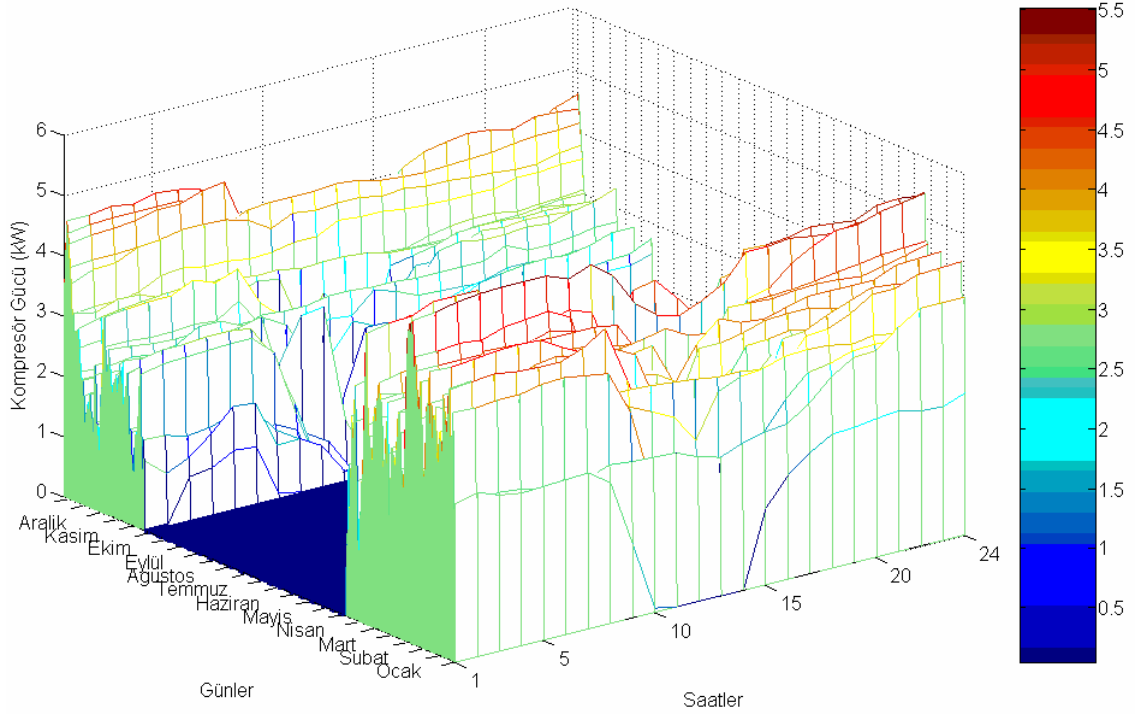


Şekil 5.9 Güneşten sağlanabilecek faydalı ısıl güç

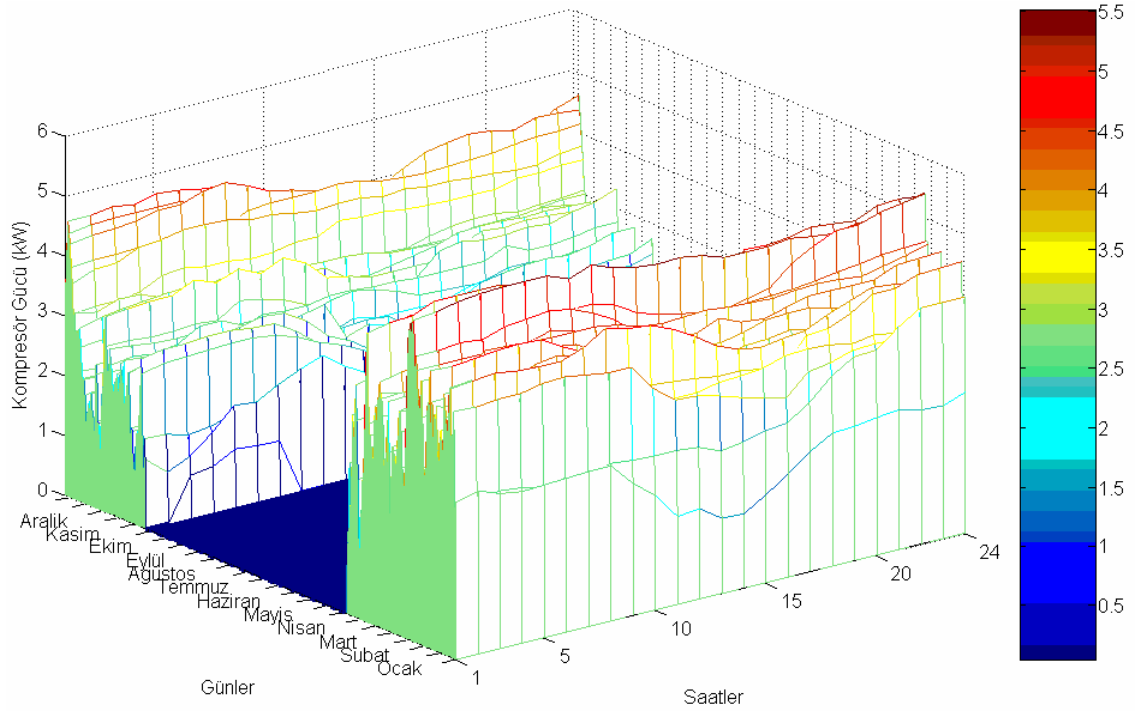
Kolektörden çıkan sıcak akışkan, sistemde iki şekilde kullanılmıştır. Sıcaklığı evin doğrudan ısıtılması için yeterli olduğu anlarda, plaka tipi bir ısı değiştiricisi vasıtası ile doğrudan fan-coil devresine bağlanmış ve evin tüm ısıtma ihtiyacı buradan karşılanmıştır. Kolektör çıkış sıcaklığının evin doğrudan ısıtılması için yeterli olmadığı anlarda ise, kolektörden çıkan akışkan, yine plaka tipi bir ısı değiştiricisi vasıtasıyla, toprak ısı değiştiricisinin ısı pompasına giriş kısmına bağlanarak, ısısını toprak devresindeki akışkana vermesi sağlanmıştır. Böylece ısı pompasının performansı artırılmış, kompresörün ısıtma ihtiyacı için daha az elektrik sarf etmesi sağlanmıştır. Isı pompasının, güneş enerjisi destekli sistemde ve güneş enerjisi desteksiz sistemde ne kadar kompresör gücüne ihtiyaç duyduğu sırasıyla Şekil 5.10 ile Şekil 5.11’de gösterilmiştir.

Grafiklerden görüldüğü üzere, sistemde güneş enerjisi desteği olduğu zaman, güneşin olduğu vakitlerde, kompresör güçlerinde belirgin bir azalma vardır. Buradan hareketle sistemde 45° eğimli 8 adet kolektör kullanılmasına karar verilmiştir. Kolektör sayısının belirlenmesinde, güneşten yararlanma oranı belirleyici olmuştur. Güneşten yararlanma oranını (GYO) şu şekilde tanımlamak mümkündür:

$$GYO = 1 - \frac{\text{Kolektörlü Sistemdeki Isıtmada Isı Pompasının Kompresör Gücü}}{\text{Kolektörsüz Sistemdeki Isıtmada Isı Pompasının Kompresör Gücü}} \quad (5.1)$$

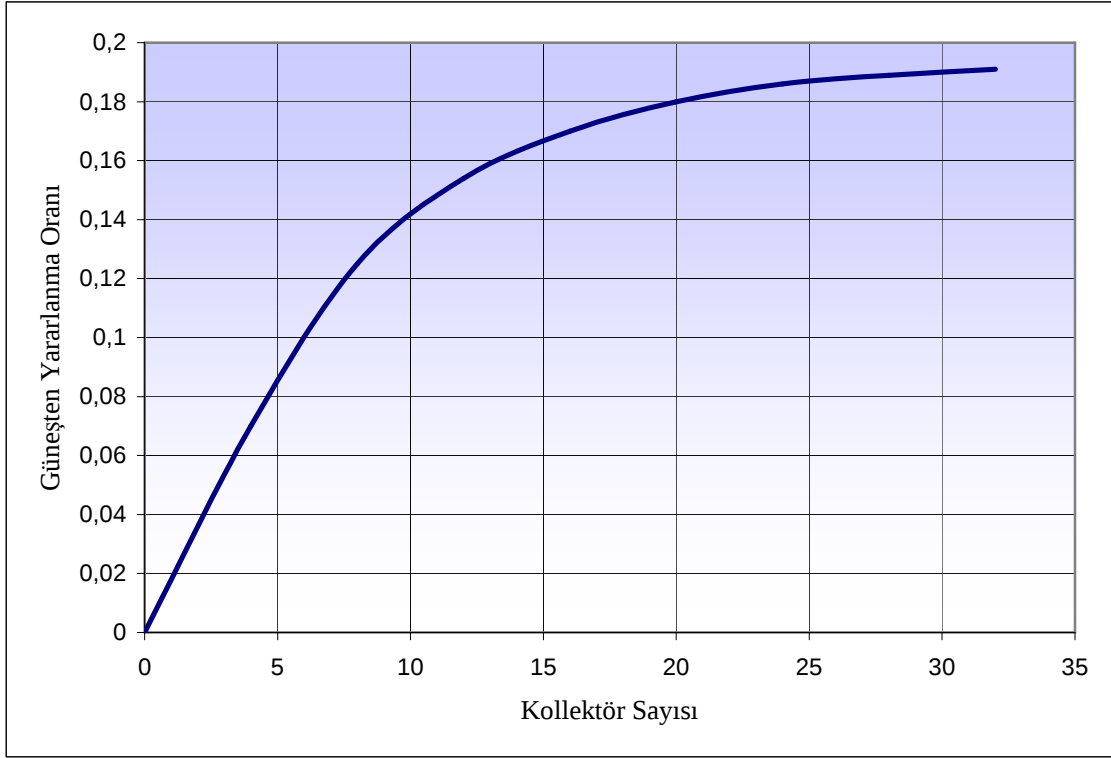


Şekil 5.10 Güneş enerjisi destekli sistemde ısıtmada kompresör güçleri grafiği



Şekil 5.11 Güneş enerjisi desteksiz sistemde ısıtmada kompresör güçleri grafiği

Güneşten yararlanma oranının kolektör sayısına göre değişimi Şekil 5.12’de gösterilmiştir.



Şekil 5.12 Güneşten yararlanma oranının kolektör sayısına göre değişimi

5.4 Dörtlü Ev Isıtma-Soğutması

Bu bölümde, buraya kadar tek bir evin ısıtılıp soğutulması için yapılan uygulamanın, 4 ev için uygulanabilirliği araştırılmıştır. Bu amaçla toprak ısı değiştiricisi tasarımı, 4 evin yükünü karşılayacak şekilde baştan yapılmış, ısı pompası 4 ev için merkezi bir ünite olarak yeniden seçilmiş ve kolektör sayısı yeniden belirlenmiştir. Bu noktada amaç; yatırım ve işletme maliyetlerini, kendi aralarında karşılaştırıp hangi sistem daha kârlı olduğunun anlaşılmasına izin verecek verileri ortaya koyabilmektir.

5.4.1 Toprak Isı Değiştiricisi Tasarımı

Toprak ısı değiştiricisi tasarımı aynen Bölüm 5.2’dekine yapılan uygulamadakine benzer adımlarla yapılmıştır.

4 ev için yapılan boru boyu hesabından elde edilen sonuçlar ve yapılan seçimler, Çizelge 5.5’de verilmiştir.

Seçilen ısı pompasının özellikleri Çizelge 5.6’da görülmektedir.

Çizelge 5.5 Dört ev için boru boyu hesap tablosu

	Açıklama	Gösterim	Birim	Hesaplama	Sonuç
Boru Özellikleri	Boru Malzemesi		-	Seçilir	PE SCH-40
	Boru Çapı		inç	Belirlenir	2"
	Boru Direnci	R_{pe}	mK/W	Tablo	0,039
Toprak Özellikleri	Toprağın Cinsi		-	Tespit Edilir	Nemli
	Toprak Direnci	R_s	mK/W	Tablo	0,514
Yerel Özellikler	Ortalama Yıllık Toprak Sıcaklığı	T_m	°C	Belirlenir	16,1
	Değişim Derecesi	DEV	°C	Kabul	5,5
	Yüksek Toprak Sıcaklığı	T_H	°C	$T_m + DEV$	21,6
	Düşük Toprak Sıcaklığı	T_L	°C	$T_L + DEV$	10,6
Isı Pompası Özellikleri	En Yüksek Sıcaklık EWT_c	T_{max}	°C	Isı Pompası Karakteristiği	32,2
	En Düşük Sıcaklık EWT_h	T_{min}	°C	Isı Pompası Karakteristiği	4,4
	Soğutma Kapasitesi		kW	Isı Pompası Karakteristiği	84,26
	Isıtma Kapasitesi		kW	Isı Pompası Karakteristiği	96,63
	Soğutma Performansı	COP_c	-	Isı Pompası Karakteristiği	3,35
	Isıtma Performansı	COP_h	-	Isı Pompası Karakteristiği	2,80
İşletme Faktörü	Dış Dizayn Sıcaklığı, Soğutma		°C	Belirlenir	38,0
	Soğutma Yüğü		kW	Hesaplanır	80,88
	Dış Dizayn Sıcaklığı, Isıtma		°C	Belirlenir	-2,7
	Isı Kaybı		kW	Hesaplanır	67,13
	Soğutma İşletme Faktörü	F_c	-	Hesaplanır	0,433
	Isıtma İşletme Faktörü	F_h	-	Hesaplanır	0,463
Boru Uzunluğu	TID Boru Uzunluğu, Soğutma	L_c	m	Hesaplanır	2589,46
	TID Boru Uzunluğu, Isıtma	L_h	m	Hesaplanır	1943,22

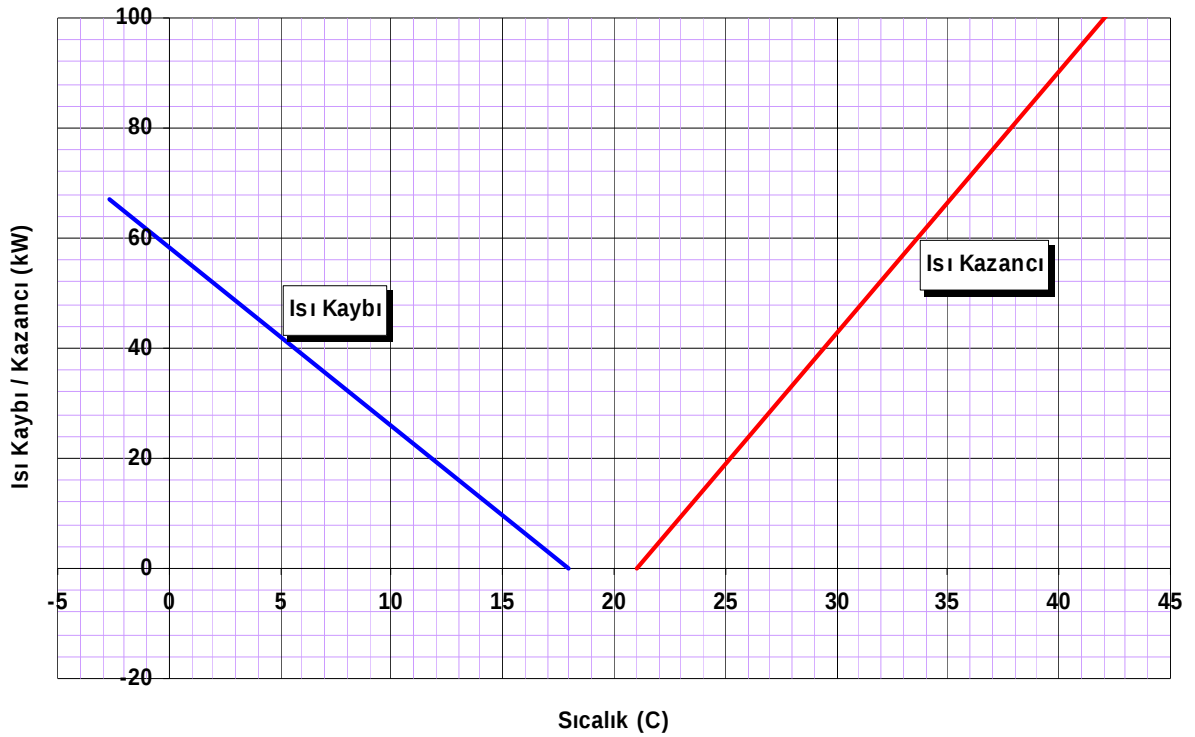
Çizelge 5.6 Dört ev için seçilen ısı pompasının özellikleri

Soğutma			Isıtma		
Kapasite	84,26	kW	Kapasite	96,63	kW
EWT _c (TD)	32,2	°C	EWT _h (TD)	4,4	°C
EWT (ED)	10,0	°C	EWT (ED)	43,3	°C
Performans	3,35	COP	Performans	2,80	COP
TD Debisi	17,03	m ³ /h	TD Debisi	17,03	m ³ /h
ED Debisi	17,03	m ³ /h	ED Debisi	17,03	m ³ /h
Kompresör Gücü	25,17	kW	Kompresör Gücü	34,53	kW
TD Çıkış Sıcaklığı (LWT)	37,8	°C	TD Çıkış Sıcaklığı (LWT)	1,3	°C
ED Çıkış Sıcaklığı (LWT)	5,7	°C	ED Çıkış Sıcaklığı (LWT)	48,2	°C

TD: Toprak Devresi

ED: Ev Devresi

Bin metodu ile yapılan işletme faktörü hesabında kullanılan, dış sıcaklığa bağlı ısı kaybı ve kazancı Şekil 5.13’de, hesap adımları ise Çizelge 5.7’de gösterilmiştir. Burada da yine, saat-saat yöntemiyle belirlenen işletme faktörleri kullanılmıştır.



Şekil 5.13 Dört ev için binanın dış sıcaklığa bağlı ısı kaybı ve ısı kazancı grafiği

Toprak ısı değiştiricisi boru boyu, 2589,46 m olarak hesaplanmıştır. Bu nedenle 82,4 m delik derinliği olan, en az 6'' çapında 16 adet deliğin açılması uygun görülmüştür.

Çizelge 5.7 Dört ev için Bin Metodu ile işletme faktörü hesap tablosu

Orta Nokta	Sıcaklık Aralığı	Hava Datası (h/yıl)	Isı Kaybı / Kazancı (kW)	Toplam Isı Kaybı / Kazancı (kW)	Hesaplar
-2,5	-5 : 0	59	66,5	3922,1	Toplam Isı Kaybı (kW)
2,5	0 : 5	451	50,3	22668,5	34240,4
7,5	5 : 10	216	34,0	7354,6	Ocak Ayı Başına Toplam Saatler (h/yıl)
12,5	10 : 15	16	17,8	285,4	744
16,5	15 : 18	2	4,9	9,7	Ortalama Saatlik Isı Kaybı
23	21 : 25	18	9,5	171,3	46,0
27,5	25 : 30	157	30,9	4855,5	Isı Pompasının Isıtma Kapasitesi (kW)
32,5	30 : 35	275	54,7	15046,9	96,63
37,5	35 : 40	114	78,5	8949,7	Isıtma İçin İşletme Faktörü F_h
42,5	40 : 45	2	102,3	204,6	0,476
					Toplam Isı Kazancı (kW)
					29227,9
					Temmuz Ayı Başına Toplam Saatler (h/yıl)
					566
					Ortalama Saatlik Isı Kazancı
					51,6
					Isı Pompasının Soğutma Kapasitesi (kW)
					84,26
					Soğutma İçin İşletme Faktörü F_c
					0,613

5.4.2 Güneş Enerjisi Destekli Sistem Tasarımı

Dört ev için yapılan ısıtma soğutma sisteminde, elemanların çalışma şekli tek ev için kurulan sistemdeki gibi olduğundan, güneş enerjisi sisteminde, sadece kapasiteler değişmiştir. Yani güneş enerjisini daha fazla toplayabilmek için, daha yüksek sayıda (32 adet) kolektör seçilmiştir. Aynı şekilde, güneş kolektörlerinden toplanan ısıнын, fan-coil devresine ve toprak ısı değiştiricisinin ısı pompasına giriş kısmına transfer edilebilmesi için, daha büyük ısı değiştiricileri kullanılmıştır.

6. EKONOMİK ANALİZ

Herhangi bir enerji dönüşüm sisteminde, yatırım yaparken verilecek ekonomik karar, yapılacak ilk yatırımın, sistemin ekonomik ömrü boyunca kaç yılda geri döneceği esasına dayanır. Eğer sistemin kurulması sırasında oluşacak olan ilk yatırım maliyeti, sistemin ekonomik ömrü boyunca sağladığı tasarruftan daha büyükse o zaman bu sistem ekonomik değildir.

Sistemin ilk yatırım maliyetinin belirlenmesinde, sistemde kullanılan tüm bileşenlerin fiyatları piyasadan elde edilmiştir. İşletme maliyetlerinin de kurulan sistemin çalışma şekline bağlı olarak, MATLAB programı kullanılarak saatlik hesabı yapılmıştır.

Maliyet hesabında €, \$, YTL gibi farklı para birimleri ile karşılaşılabildiğinden, tüm birimler €'ya çevrilmiştir. Bu dönüşümde 16 Mayıs 2007 tarihli T.C. Merkez Bankası kurları esas kabul edilerek $1\text{€}=1,7903\text{ YTL}$, $1\text{€}=1,3594\text{\$}$ olarak alınmıştır. Kalkınmada öncelikli iller listesinde olan Mardin için elektrik birim fiyatı $0,0823\text{ €/kWh}$ alınmıştır.

6.1 Yatırım ve İşletme Maliyetleri

6.1.1 Tek Ev İçin Güneş Enerjisi Destekli Toprak Kaynaklı Isı Pompası Uygulaması

Isı Pompası:

Sistemde 1 adet sudan suya ısı pompası kullanılmıştır. Fiyatı 7450€ 'dur. MATLAB programı ile saatlik olarak hesaplanmış olan kompresör güçleri kullanılarak işletme maliyetleri hem ısıtma hem de soğutma sezonu için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Isıtma sezonundaki toplam ısı pompası maliyeti: 842€ ; soğutma sezonunda ise 334€ 'dur.

Kolektör:

Sistemde 8 adet güneş kolektörü kullanılmıştır. Adet fiyatı 300€ olan kolektör sisteminin toplam maliyeti $300 \times 8 = 2400\text{€}$ 'dur.

Sirkülasyon Pompası:

3 adet sirkülasyon pompası kullanılmıştır. Bunlar; fan-coil devresinde, kolektör devresinde ve toprak devresinde yer almaktadır. Fiyatları da sırası ile 1390€ , 425€ ve 440€ dur.

Fan-coil devresindeki sirkülasyon pompasının ısıtma sezonundaki işletme maliyeti: 15€ ; soğutma sezonundaki maliyeti ise 9€ 'dur.

Kolektör devresindeki pompanın işletme maliyeti 5€'dur.

Toprak devresindeki pompanın işletme maliyeti ise ısıtmada 4€; soğutmada ise 2€'dur.

Fan-Coil:

Evin 6 odasına birer adet salona ise iki adet fan-coil konulmuştur. Odaların yüklerine göre fan-coil kapasiteleri belirlenirken, 3 fan-coilin 3,26 kW'lık tipten, 5 fan-coilin de 2,44 kW'lık tipten olması gerektiği görülmüştür. Toplam fan-coil maliyeti de; $3 \times 285 + 5 \times 250 = 2105$ € olarak belirlenmiştir.

Isıtma sezonunda fan-coilin motorunu çalıştırmak için yapılan maliyet 218€; soğutma sezonunda ise 92€'dur.

Isı Değiştiricisi:

Kolektör devresini doğrudan fan-coil devresine bağlamada ve kolektör devresini, toprak ısı değiştiricisinin ısı pompasına giriş kısmına bağlamada olmak üzere iki adet ısı değiştiricisi kullanılmıştır. Sistem özellikleri belirtilerek, üreticiden alınan toplam fiyat 740€'dur.

Kolektörde Dolaşan Isı Taşıyıcı Akışkan:

Kolektör kataloğundan, bir kolektörde bulunması gereken akışkan hacminin, 4,8 lt olduğu görülmüştür. 8 adet kolektör için toplam akışkan hacmi; $8 \times 4,8 = 38,4$ lt olarak bulunur. Akışkanın litre fiyatı, üreticiden 4,7€ olarak alınmıştır. Buna göre toplam akışkan maliyeti $38,4 \times 4,7 = 180$ €'dur.

Borulama:

Toprak ısı değiştiricisi borusu; 1 ¼" çapında ve 635m boyundadır. 1 ¼" çapındaki PE borunun fiyatı 0,93€/m'dir. Dağıtım borusu olarak da 40 m boyunda 2" çapında boru kullanılması uygun görülmüştür. Bu tip borunun fiyatı da 2,32€/m'dir. Böylelikle toplam borulama maliyeti; $635 \times 0,93 + 40 \times 2,32 = 683$ € olarak bulunur.

Sondaj:

Yapılan hesaplama sonucunda 65 m derinliğinde, en az 4" çapında, 5 adet delik açılacağı belirlenmişti. Sondaj işleri yapan bir firmadan alınan sondaj birim fiyatı 36€/m'dir. Buna göre toplam sondaj maliyeti $65 \times 36 \times 5 = 11700$ €'dur.

Yatırım maliyetlerine hesaba katılmamış olabilecek elemanlardan ötürü %5 artırım

verilmiştir. Netice itibariyle toplam yatırım maliyeti 28889€ olarak ortaya çıkmıştır. Yıllık işletme maliyetlerinin ise; ısıtmada 1084€, soğutmada 437€ ve toplam olarak da 1521€ olduğu görülmüştür.

Hesaplanan bu yatırım ve işletme maliyetleri Çizelge 6.1’de ve Çizelge 6.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 6.1 Tek ev için güneş enerjisi destekli TKIP uygulamasının yatırım maliyetleri

Cihazın Türü	Toplam Fiyatı (€)
Isı Pompası	7450
Kolektör	2400
Fan-coil Devresi İçin Sirkülasyon Pompası	1390
Kolektör Devresi İçin Sirkülasyon Pompası	425
Toprak Devresi İçin Sirkülasyon Pompası	440
Fan-coil	855
Fan-coil	1250
Isı Değiştiricisi	740
Kolektör Devresinde Dolaşan Isı Taşıyıcı Akışkan	180
Borulama	683
Sondaj	11700
Toplam	27513
%5 Artırım	1376
Sistemin Toplam Yatırım Maliyeti	28889

Çizelge 6.2 Tek ev için güneş enerjisi destekli TKIP uygulamasının yıllık işletme maliyetleri

	Isıtma	Soğutma	Toplam
Isı Pompası	842	334	1176
Fan-coil Devresi İçin Sirkülasyon Pompası	15	9	24
Kolektör Devresi İçin Sirkülasyon Pompası	5	0	5
Toprak Devresi İçin Sirkülasyon Pompası	4	2	6
Fan-coil	218	92	310
Toplam Yıllık İşletme Maliyetleri	1084	437	1521

6.1.2 Tek Ev İçin Klasik Sistemle Yapılan Isıtma ve Soğutma Uygulaması

Yapılan güneş enerjisi destekli toprak kaynaklı ısı pompası uygulamasının ekonomik açıdan ne derece iyi olduğunu karşılaştırmak için, bir başka sistemle karşılaştırılması gerekir. Bu sistemde; ısıtmanın kazanla yapıldığı, soğutmanın ise hava soğutmalı bir su soğutma grubu ile yapıldığı öngörülmüştür.

Kazan:

Isıtmada, Mardin’de doğalgaz bulunmadığı için, yakıt olarak motorin kullanan, 21kW kapasiteli bir kazan seçilmiştir. Kazanın fiyatı 2520€’dur. Yıllık yakıt sarfiyatı, ısı kaybına göre MATLAB programı ile saatlik olarak hesaplanmıştır.

Kullanılan yakıt olan motorinin, alt ısı değeri 10200 kcal/kg, birim fiyatı ise 1,44€/kg olarak 5 Ocak 2007 tarihli POAŞ sirkülerinden alınmıştır. Buna göre yıllık yakıt masrafı 2350€ olarak ortaya çıkmıştır.

Su Soğutma Grubu:

Su soğutma grubu olarak 27 kW kapasiteli bir ürün seçilmiştir. Fiyatı 12400€’dur. Yıllık işletme maliyeti de 579€’dur.

Sirkülasyon Pompası:

Seçilen sirkülasyon pompasının fiyatı 1390€ olarak alınmıştır. Pompanın elektrik sarfiyatının toplam maliyeti, ısıtmada 13€, soğutmada ise 11€ olarak hesaplanmıştır.

Fan-coil:

Evin ısıtma ve soğutma yükleri, hem ısı pompalı sistemde hem de klasik sistemde aynı olduğu için, ısı pompalı sistem için seçilen fan-coillerin yatırım ve işletme maliyetleri aynen alınmıştır.

Ortaya konan toplam yatırım maliyetine %5 artırım yapıldığında sonuç 19336€ olmaktadır. Yıllık işletme maliyetleri de; ısıtmada 2581€, soğutmada 682€, toplamda ise 3263€ olduğu görülmektedir.

Elde edilen bu sonuçlar Çizelge 6.3’de ve Çizelge 6.4’de gösterilmiştir.

6.1.3 Dört Ev İçin Güneş Enerjisi Destekli Toprak Kaynaklı Isı Pompası Uygulaması

Bu bölümde, Bölüm 6.1’dekine benzer şekilde yatırım ve yıllık işletme maliyetleri hesaplanmış ve sonuçlar Çizelge 6.5 ile Çizelge 6.6’da gösterilmiştir.

6.1.4 Dört Ev İçin Klasik Sistemle Yapılan Isıtma ve Soğutma Uygulaması

Burada da Bölüm 6.2’dekine benzer yöntemlerle, dört ev için merkezi bir sistem kurulduğu zamanki maliyetler ortaya konmuştur. Sonuçlar Çizelge 6.7 ile Çizelge 6.8’de gösterilmiştir.

Çizelge 6.3 Tek ev için klasik sistem uygulamasının yatırım maliyetleri

Cihazın Türü	Toplam Fiyatı (€)
Kazan	2520
Su Soğutma Grubu	12400
Fan-coil Devresi İçin Sirkülasyon Pompası	1390
Fan-coil	855
Fan-coil	1250
Toplam	18415
%5 Artırım	921
Sistemin Toplam Yatırım Maliyeti	19336

Çizelge 6.4 Tek ev için klasik sistem uygulamasının yıllık işletme maliyetleri

	Isıtma	Soğutma	Toplam
Kazan	2350	0	2350
Su Soğutma Grubu	0	579	579
Fan-coil Devresi İçin Sirkülasyon Pompası	13	11	24
Fan-coil	218	92	310
Toplam Yıllık İşletme Maliyetleri	2581	682	3263

Çizelge 6.5 Dört ev için güneş enerjisi destekli TKIP uygulamasının yatırım maliyetleri

Cihazın Türü	Toplam Fiyatı (€)
Isı Pompası	12238
Kolektör	9606
Fan-coil Devresi İçin Sirkülasyon Pompası	4265
Kolektör Devresi İçin Sirkülasyon Pompası	425
Toprak Devresi İçin Sirkülasyon Pompası	1420
Fan-coil	3402
Fan-coil	5003
Isı Değiştiricisi	1560
Kolektör Devresinde Dolaşan Isı Taşıyıcı Akışkan	722
Borulama	3187
Sondaj	47462
Toplam	89290
%5 Artırım	4465
Sistemin Toplam Yatırım Maliyeti	93755
Ev Başına Düşen Toplam Yatırım Maliyeti	23439

Çizelge 6.6 Dört ev için güneş enerjisi destekli TKIP uygulamasının yıllık işletme maliyetleri

	Isıtma	Soğutma	Toplam
Isı Pompası	3653	1267	4920
Fan-coil Devresi İçin Sirkülasyon Pompası	401	80	481
Kolektör Devresi İçin Sirkülasyon Pompası	19	0	19
Toprak Devresi İçin Sirkülasyon Pompası	25	15	40
Fan-coil	872	369	1241
Toplam Yıllık İşletme Maliyetleri	4970	1731	6701
Ev Başına Düşen Toplam Yıllık İşletme Maliyetleri	1243	433	1675

Çizelge 6.7 Dört ev için klasik sistem uygulamasının yatırım maliyetleri

Cihazın Türü	Toplam Fiyatı (€)
Kazan	3590
Su Soğutma Grubu	27400
Fan-coil Devresi İçin Sirkülasyon Pompası	4265
Fan-coil	3402
Fan-coil	5003
Toplam	43660
%5 Artırım	2183
Sistemin Toplam Yatırım Maliyeti	45843
Ev Başına Düşen Toplam Yatırım Maliyeti	11461

Çizelge 6.8 Dört ev için klasik sistem uygulamasının yıllık işletme maliyetleri

	Isıtma	Soğutma	Toplam
Kazan	9399	0	9399
Su Soğutma Grubu	0	1829	1829
Fan-coil Devresi İçin Sirkülasyon Pompası	66	56	122
Fan-coil	872	369	1241
Toplam Yıllık İşletme Maliyetleri	10337	2254	12591
Ev Başına Düşen Toplam Yıllık İşletme Maliyetleri	2584	564	3148

6.2 Maliyet Analizi

Bu bölümde sistemlerin ilk yatırım maliyetlerinden ve yıllık işletme maliyetlerinden yola çıkarak her iki ısı pompalı sistemin geri ödeme süresi bulunmaya çalışılmıştır. Bu hesaplamada kullanılan yıllık enflasyon oranı (e) Türkiye İstatistik Kurumu'nun 1 Ocak 2007 tarihli bölgesel enflasyon oranları çizelgesinden Mardin için %11 alınmıştır. Yıllık faiz oranı (i) ise, çeşitli bankaların verdikleri değerin ortalaması alınarak %14,5 bulunmuştur.

7. SONUÇLAR

Mardin’de yapılması planlanan, villa tipi evlerden oluşan bir toplu konut projesinde uygulanmak üzere, güneş enerjisi destekli toprak kaynaklı ısı pompası sistemi tasarlanmıştır. Dış sıcaklıkların ve güneş ışınlamı değerlerinin Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü’nden saatlik olarak alınmasıyla, yapının ısı kayıpları ve soğutma yükleri saatlik olarak, MATLAB programı kullanılarak hesaplanmıştır. Maksimum ısı kaybı 16,78 kW olup tasarım sıcaklığı $-2,7^{\circ}\text{C}$ ’dir. Maksimum soğutma yükü ise 20,22 kW olup tasarım sıcaklığı 38°C ’dir.

Toprak ısı değiştiricisi için yatay borulamanın çok fazla alan gerektirmesi sebebiyle, düşey borulama yapılması uygun görülmüştür. Boru boyu hesabında kullanılan işletme faktörleri hesaplanırken hem Bin metodu hem de saat-saat metodu kullanılmıştır. Daha sonra bu iki yöntemin sonuçları karşılaştırılarak nedenleri irdelenmiştir. Hesaplanan toprak ısı değiştiricisi boru uzunluğu 635 m’dir.

Sistemde, ısı kaynağı olarak güneşten iki şekilde faydalanılmıştır. Kurulan kolektör sisteminden akışkanın çıkış sıcaklığı MATLAB programı ile saat saat hesaplanarak, sıcaklığın yeterli olduğu anlarda, ısıtım fan-coil devresine verilmesi sağlanmıştır. Sıcaklığın yeterli olmadığı anlarda ise, akışkanın, ısınıp toprak ısı değiştiricisinin ısı pompasına giriş kısmına vermesi öngörülmüştür. Böylece ısıtım sezonunda, ısı pompasının kompresörünün daha az elektrik sarf etmesi sağlanmıştır. Güneşten yararlanma oranı kontrol edilerek optimum kolektör sayısının 8 olduğu belirlenmiştir. Bu kolektör sayısı için güneşten yararlanma oranı % 12,5’dir. Isı pompasına giriş suyu sıcaklığının, hem toprak sıcaklığına hem de güneşten alınan ısıya bağlı olarak saatlik hesabı yine MATLAB programı ile yapılmıştır. Bu sayede kompresör güçleri, hem ısıtım sezonu için hem de soğutma sezonu için saatlik olarak hesaplanmıştır.

Bu sistem ayrıca, ısıtım ve soğutmanın dörtlü ev gruplarına tek bir merkezden yapıldığı düşünüldükçe de tasarlanmıştır. Bu durum, toprak ısı değiştiricisinin, güneş enerji sisteminin yeniden tasarlanmasını ve sistem bileşenlerinin yeniden seçimini gerektirmiştir.

Tek ev için yapılan uygulamanın ve dört ev için yapılan uygulamanın yatırım ve işletme maliyetleri hesaplanmıştır. Ayrıca, bu iki farklı sistem için birer karşılaştırma noktası oluşturabilmek amacıyla, klasik sistem olarak adlandırılan ve ısıtımın motorini yakıt olarak kullanan bir kazanla, soğutmanın ise hava soğutmalı bir su soğutma grubu ile yapıldığı iki sistem tasarlanmıştır. Birinci sistemde uygulama tek ev için yapılırken, ikincide dört ev için

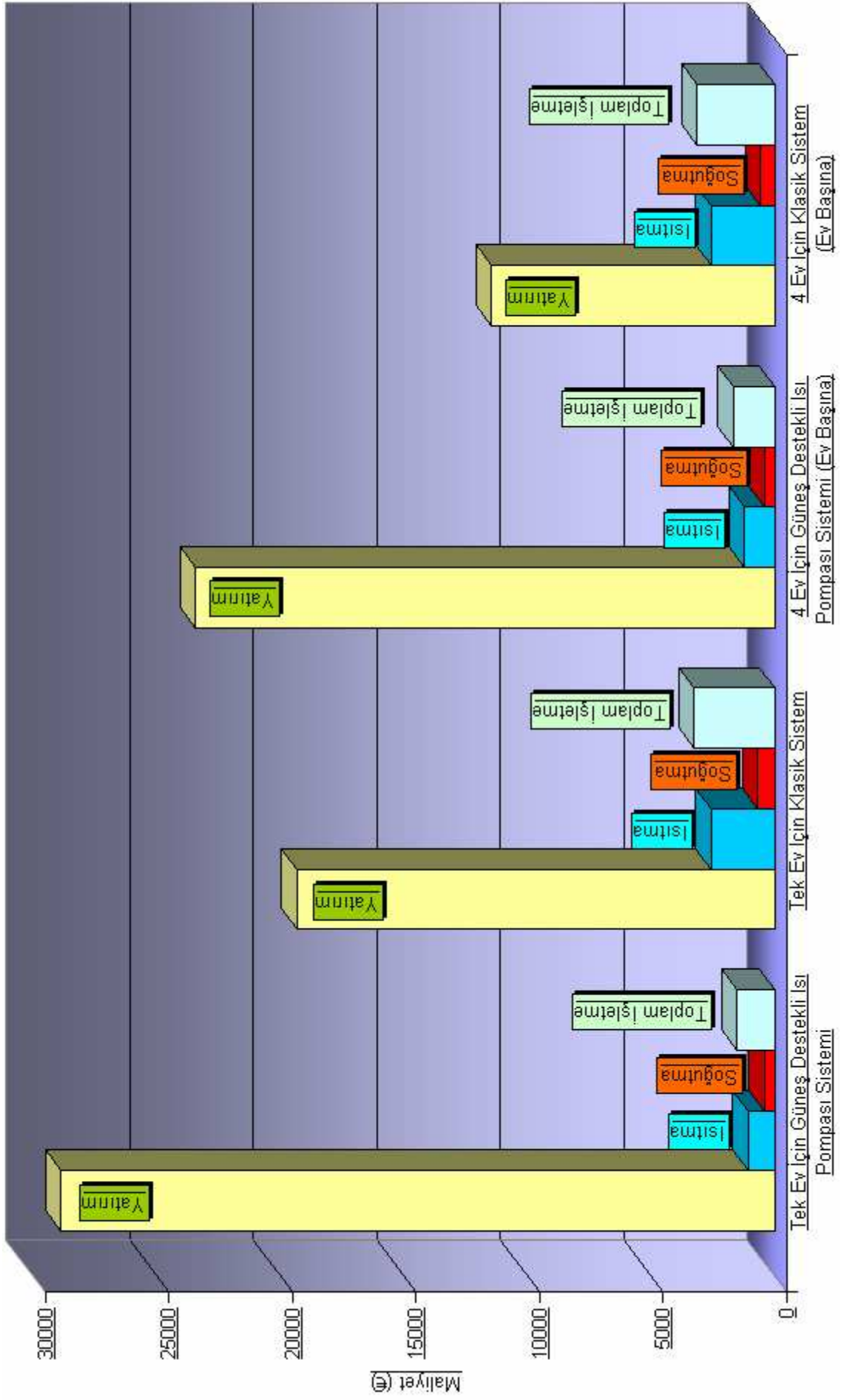
yapılmıştır. Böylelikle elde edilen dört farklı sistemin maliyet değerleri ile, hem ısı pompalı sistemlerin kendi aralarında, hem de ısı pompalı iki farklı sistemin, klasik sistemlerin maliyetleri ile karşılaştırması yapılmıştır. Elde edilen tüm yatırım ve işletme maliyetleri Şekil 7.1’de gösterilmiştir. Şekil 7.1’de, dört ev için yapılan ısıtma soğutma uygulamalarının maliyetleri dörde bölünerek ev başına olan değerleri verilmiştir.

Görülmektedir ki, sistemleri tek eve değil de dört eve yaptığımızda yatırım maliyetinde belirgin bir azalma söz konusudur. Bunun sebebi, satın alınan cihazın kapasitesi arttıkça, birim ısı yükü başına cihaz fiyatının düşmesidir. Örneğin; bir ev için alınan ısı pompası 7450€ iken, dört ev için alınan ısı pompasının ev başına maliyeti 3060€ olmaktadır.

Ayrıca, ısı pompalı sistemlerde, işletme maliyetlerinin, klasik sistemlerin işletme maliyetlerinden daha düşük olduğu görülmüştür. Tek ev için kurulan ısı pompalı sistemin, tek ev için kurulan klasik sisteme göre geri ödeme süresi 7 olarak hesaplanmıştır. Dört ev için kurulan ısı pompalı sistemin, dört ev için kurulan klasik sisteme göre geri ödeme süresi ise 11 yıl olarak hesaplanmıştır.

Dört evlik TKIP sisteminde, dağıtım hatlarında ısı kazancı ve kaybı olacaktır. Bu nedenle dörtlü sistemde ev devresine gidecek olan suyun, ısı pompasından çıkış sıcaklığı, tek ev için kurulan ısı pompalı sistemdekinden farklı seçilmiştir. Suyun ısı pompasından çıkış sıcaklığı ısıtma sezonunda, tek evlik sistemdekinden daha yüksek, soğutma sezonunda ise daha düşük alınmıştır. Ayrıca, basınç kayıplarının, dörtlü sistemde daha fazla olmasından ötürü, sirkülasyon pompalarının daha fazla güç harcaması gerekmektedir. Tüm bu sebepler, dört ev için yapılan ısı pompalı sistemin işletme maliyetinin, tek ev için yapılan ısı pompalı sistemin işletme maliyetinden az da olsa daha fazla olmasına yol açmaktadır. Neticede, yatırım maliyetlerinin daha yüksek olmasına rağmen, güneş enerjisi destekli TKIP sistemlerinin, klasik ısıtma ve soğutma sistemlerine göre, daha avantajlı olduğu ortaya konmuştur.

Küresel ısınmanın baş gösterdiği, fosil yakıtların tükenmekte ve fiyatlarının artmakta olduğu günümüz dünyasında, mevcut enerji kaynaklarını mümkün olduğunca tasarruflu kullanmak ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmek kaçınılmaz bir zorunluluktur. Bunun gerçekleştirilmesi için de enerji sarf eden sistemlerin, yüksek etkinlikle çalışmaları gerekmektedir. Toprak kaynaklı ısı pompaları bu tür sistemlerdir. Düşük işletme maliyetleri ve çevre dostu olması, bu sistemlerin en büyük avantajıdır. Ancak hafriyat ve sondaj işlemlerinin maliyetinin yüksek olması hasebiyle, bu sistemlerin ön araştırmasının yapılıp, uygunluğunun belirlenmesi mutlak gerekliliktir.



Şekil 7.1 Tasarlanan sistemlerin maliyet karşılaştırması

KAYNAKLAR

- Ataman, H., (1991), Toprak Kaynaklı Bir Isı Pompası Tesisinin Tasarımı ve Optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- AEIC-EEI Heat Pump Committee, (1956), Possibilities of a Combination Solar Heat Pump Unit, Edison Electric Inst. Bull., 77.
- Ball, D. A., Fischer, R. D. Ve Hodgett, D. L., (1983), Design Methods for Ground Source Heat Pumps, ASHRAE Transactions, V.89.
- Bliss, R. W., (1964), The Performance of an Experimental System Using Solar Energy for Heating, and Night Radiation for Cooling a Building, UN Conference on New Sources of Energy, 5, 148.
- Bose, J. E., (1979), Experimental Results of a Low Cost Solar Assisted Heat Pump System Using Earth Coil and Geothermal Well Storage, 4. Isı Pompası Teknoloji Konferansı, Oklahoma Eyalet Üniversitesi.
- Bose, J. E., (1980), Earth Coupled and Solar Assisted Heat Pump Systems, 5. Isı Pompası Teknoloji Konferansı, Oklahoma Eyalet Üniversitesi.
- Bose, J. E., (1981), Design and Testing of Solar Assisted Earth Coils, DOE Bildirisi, EM-78-S-01-4257
- Bose, J. E., (1982), Earth Coil / Heat Pump Research at the Oklahoma State University, 6. Isı Pompası Teknoloji Konferansı, Oklahoma Eyalet Üniversitesi.
- Bose, J. E., Parker, J. D. Ve McQuiston, F. C., (1985), Design-Data Manual for Closed-Loop Ground-Coupled Heat Pump Systems, ASHRAE Inc., Atlanta.
- Bridgers, F. H., Paxton, D. D. ve Haines, R. W., (1957a), Solar Heat for a Building, ASME Meeting, June 1957.
- Bridgers, F. H., Paxton, D. D. ve Haines, R. W., (1957b), Performance of a Solar Heated Office Building, ASME Journal Section Piping and Air Conditioning, 29, 165.
- Claesson, J. ve Eskilson, P., (1988), Conductive Heat Extraction to a Deep Borehole: Thermal Analyses and Dimensioning Rules, Energy, Vol.13, No. 6, 509-527.
- Converse, A. O., (1976), Solar Heating in Northern New England, Conference of the American Section of ISES and SES of Canada, Winnipeg, 3, 277.
- Couvillion, R. J., (1985), Field and Laboratory Simulation of Earth-Coupled Heat Pump Coils. Ashrae Transactions, 2b, 91, 1326-1334.
- Çengel, Y. A. ve Boles, M. A., (1996), Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik, (Çev., T. Derbentli), Literatür Yayıncılık, İstanbul.
- Demir, H., (2006), Toprak Kaynaklı Isı Pompası ve Toprak Isı Değiştiricilerinin Optimizasyonu ve Geliştirilmesi, Doktora Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Diz, T., (2001), Minimum enerjili Bina Tasarımı (Toprak Enerjisiyle), Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ersöz, İ., (2000), Toprak Kaynaklı Isı Pompası ile Bir Hacmin Soğutulması, Yüksek Lisans Tezi, EÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Esen, H. ve İnallı, M., (2004), Yatay Toprak Kaynaklı Isı Pompası Sisteminin Performans Değerlendirmesi, *Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi*, 24, 1-10.
- Franck, P. ve Berntsson, T., (1985) Ground-Coupled Heat Pumps with Low Temperature Heat Storage: Some Swedish Experiences, *ASHRAE Transactions*, HI-85-26 No. 1, 1285-1295.
- Günerhan, H., Ülgen, K. ve Hepbaşlı, A., (2001), Toprak Kaynaklı Isı Pompalarında Toprak Isı Değiştiricisinin Tasarımı: Ege Üniversitesi Uygulaması, *Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi*, Cilt 21, Sayı 1, Sayfa:18-24, Ankara.
- Hancıoğlu, E., (2000), Güneş Enerjisi Destekli Toprak Kaynaklı Isı Pompası ile Bir Hacmin Isıtılması, Yüksek Lisans Tezi, EÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Hatheway, F. M. ve Converse, A. O., (1981), Economic Comparison of Solar Assisted Heat Pumps, *Solar Energy*, 27, 561.
- Hepbaşlı, A., (1985), Isı Pompası Sistemleri ve Konut Isıtılması, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Hepbaşlı, A., (1999), Geleceğin Teknolojisi Yer Kaynaklı Isı Pompaları, 4. TESKON Program Bildirileri, IPS-31.
- Howell, J. R., Bannerot, R. B. ve Villet, G. C., (1982) *Solar-Thermal Energy Systems - Analysis and Design*, McGraw-Hill, New York.
- Jordan, R. C. ve Threlkeld, J. L., (1954), Design and Economics of Solar Energy Heat Pump Systems, *Heating, ASME Journal Section Piping and Air Conditioning*, 28, 122.
- Karman, V. D., Freeman, T. L. ve Mitchell, J. W., (1976), Simulation Study of Solar Heat Pump Systems, *Conference of the American Section of ISES and SES of Canada*, Winnipeg, 3, 325.
- Kavanaugh, S. P., (1984), Simulation and Experimental Verification of Vertical Ground Coupled Heat Pump Systems, Doktora Tezi, Oklahoma Eyalet Üniversitesi.
- Kavanaugh, S.P. ve Rafferty, K., (1997), *Ground Source Heat Pumps-Design of Geothermal Systems for Commercial and Institutional Buildings*, ASHRAE, Atlanta.
- Kılıç, A. ve Öztürk, A., (1983), Güneş Enerjisi, Kipaş Dağıtımcılık, İstanbul.
- Kılıç, A. ve Öztürk, A., (1984), Güneş Enerjisi: Güneş Işınımı ve Düz Toplayıcılar, SEGEM, Ders Notları, Kısım 1, Ankara.
- Kılış, B., (1981), Kent Dışı Konutlarda Isı Pompası Kullanımında Toprak Isısından Yararlanma Yöntemleri, *Isı Bilimi Dergisi*, Cilt 4, Sayı 1.
- Kuharich, R. R., (1976), Operational Analysis of a Solar Optimized Heat Pump, *Conference of the American Section of ISES and SES of Canada*, Winnipeg, 3, 378.
- Kurdoğlu, Y., (2002), Güneş Enerjisi Destekli Absorpsiyonlu Soğutma Çevriminin Tasarımı, İşletilmesi ve Performansının Araştırılması, Doktora Tezi, ÇÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- MacCracken, C. D., (1985), Solar goes underground - The SERI Packaged Ground-Coupled Heat Pump, *ASHRAE Transactions*, 91:2B, Honolulu, HI, USA.
- Marvin, W. C. ve Mumma S. A., (1976), Optimum Combination of Solar Energy and The

Heat Pump for Residential Heating, Conference of the American Section of ISES and SES of Canada, Winnipeg, 3, 321.

Michopoulos, A., Bozis, D., Kikidis, P., Papakostas, K. ve Kyriakis, N. A., (2006), Three-Years Operation Experience of a Ground Source Heat Pump System in Northern Greece, *Energy and Buildings* 39, 328–334.

Miles, L., (1994), *Heat Pumps Theory and Service*, Delmar Publishers Inc., New York.

Oskay, R. ve Babür, N., (1986), *Toprak Kaynaklı Isı Pompası Tasarımı ve Yapımı, Isı Bilimi ve Tekniği 6. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı*.

Özgener, Ö. ve Hepbaşlı, A., (2005), A Parametrical Study on the Energetic and Exergetic Assessment of a Solar Assisted Vertical Ground Source Heat Pump System Used For Heating a Greenhouse, *Building and Environment* 42, 11–24.

Pratsch, L., (1990), *Geothermal Heat Pumps Annual Fuel Consumption and Energy Savings*, Columbus, OH.

Remund, C. P. ve Lund, J. T., (1995), Thermal Enhancement of Bentonite Grouts for Vertical GSHP System, *Heat Pump and Refrigeration Systems, Design, Analysis, and Applications*, ASME, AES-Vol., 29.

Sauer, H. J. ve Howell, R. H., (1983), *Heat Pump Systems*, John Wiley, New York and Sons.

Spilker, E. H., (1998), Ground Coupled Heat Pump Loop Design Using Thermal Conductivity Testing and the Effect of Different Backfill Material on Vertical Bore Length, *Ashrae Transactions*, 1b, 104, 775-779.

Taner, K., (1986), Heat Recovery from the Soil by Using Heat Pumps, *Isı Pompası, 1. Türk-Alman Ortak Sempozyumu, Ocak 1986*.

Terrell, R. E., (1979), Performance of a Heat Pump Assisted Solar Heated Residence in Madison, *Solar Energy*, 23, 451, Wisconsin.

Viessmann, (2000), *Planlama Kılavuzu, Planlama Bilgileri Klasörü, Bölüm:6*.

Yanagimachi, M., (1958), How to Combine: Solar Energy, Nocturnal Radiational Cooling, Radiant Panel System of Heating and Cooling, and Heat Pump to Make a Complete Year-Round Air Conditioning System, *Conference Use of Solar Energy*, 3, 22, University of Arizona.

Yanagimachi, M., (1964), Report on Two and a Half Years' Experimental Living in Yanagimachi Solar House II, *UN Conference on New Sources of Energy*, 5, 233.

Yılmaz, V., (2000), *Toprak Kaynaklı Isı Pompasının Klasik Sistemlerle Tekno-Ekonomik Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*.

EKLER

- | | |
|------|--|
| Ek 1 | Mardin için saatlik hava sıcaklıkları (DMİGM) |
| Ek 2 | Diyarbakır için saatlik güneş ışıınımı değerleri (DMİGM) |
| Ek 3 | Mardin için günlük güneşlenme süreleri (DMİGM) |
| Ek 4 | Isıtma ve soğutma uygulaması yapılan konutun mimarî çizimi |
| Ek 5 | Binanın özgül ısı kaybı hesabı |
| Ek 6 | Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı |

Ek 1 Mardin için saatlik hava sıcaklıkları (DMİGM) [°C]

OCAK																										
	Saat																									
Gün	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
1	8,8	8,3	9,0	9,3	9,2	9,1	9,0	9,0	11,0	12,5	14,8	14,6	15,9	16,0	14,8	13,5	12,0	10,9	10,8	10,5	10,3	10,8	10,9	10,2		
2	9,5	9,1	8,8	9,0	9,4	9,1	9,5	8,8	9,0	9,1	9,1	9,3	10,1	9,8	9,3	9,1	7,8	6,0	4,8	4,7	3,2	2,0	2,0	2,0		
3	1,0	1,1	0,9	0,9	0,5	0,4	0,7	1,0	1,0	3,3	4,8	4,9	5,4	6,0	6,5	7,0	5,2	4,9	4,3	4,2	4,3	3,9	3,7	3,4		
4	3,2	3,0	2,7	2,7	2,5	2,3	2,1	2,3	4,4	4,7	4,7	4,7	4,3	4,2	4,0	3,4	3,3	3,4	3,8	3,5	3,8	2,8	3,0	3,2		
5	3,4	3,7	3,4	3,5	3,2	3,0	3,2	3,0	3,0	3,1	3,3	3,5	3,8	3,8	4,1	4,3	2,2	2,0	1,2	0,0	0,0	-0,7	-0,8	-0,9		
6	-0,8	-1,0	-1,2	-0,9	-0,8	-0,8	-1,5	-2,7	-2,2	-2,0	-1,2	-0,1	1,2	2,0	2,3	2,0	1,8	0,9	0,2	-0,5	-0,3	0,0	-0,2	-0,8		
7	-0,8	-1,0	0,3	0,0	0,0	0,2	0,2	0,5	0,9	1,0	1,9	2,2	3,1	3,4	3,6	4,0	4,2	4,0	3,6	3,5	3,2	3,1	3,0	2,0		
8	1,4	1,5	1,6	1,5	2,0	2,0	2,5	1,9	3,0	3,9	3,6	3,8	4,8	4,6	4,0	4,0	3,8	3,3	3,8	3,7	3,4	3,4	3,2	3,2		
9	3,0	2,3	2,2	2,2	1,2	1,9	2,2	2,5	4,7	5,9	5,0	5,2	5,9	5,9	5,6	4,8	3,2	3,0	2,9	3,3	3,4	2,9	2,3	1,5		
10	1,9	1,7	0,9	0,0	-0,8	-1,1	-0,5	-0,5	0,1	0,8	1,5	1,9	2,9	2,8	2,8	2,9	2,7	2,8	2,2	2,0	2,2	1,3	2,0	1,8		
11	1,0	0,7	0,0	0,7	-0,2	0,0	0,5	0,8	1,2	2,0	2,8	3,3	4,0	4,4	4,3	3,8	2,8	2,0	0,9	0,7	0,8	0,5	0,0	-0,5		
12	-0,1	0,0	-0,3	0,5	0,2	-0,1	0,0	0,4	1,2	3,2	4,7	5,1	6,0	6,3	7,0	6,9	5,3	5,2	6,0	5,7	6,2	5,8	5,2	5,0		
13	4,8	4,3	4,0	4,0	3,9	4,0	4,2	4,9	6,5	7,0	8,3	9,2	10,0	10,7	8,9	8,2	6,8	5,8	5,3	4,5	4,3	4,0	4,3	4,0		
14	4,0	3,6	3,5	3,5	3,5	3,5	3,4	4,2	5,1	5,7	8,0	7,2	8,0	9,0	8,0	7,8	6,3	5,0	4,5	4,0	4,0	3,7	4,0	4,0		
15	3,1	3,9	3,7	3,4	3,2	3,2	3,2	3,2	5,0	6,2	5,6	6,7	6,9	7,5	7,0	6,3	5,2	4,9	4,1	4,0	4,5	4,8	4,4	4,1		
16	3,8	3,5	3,2	3,3	3,3	3,2	3,7	4,0	5,5	7,2	8,0	9,0	9,4	9,7	9,2	8,0	7,0	6,0	5,9	5,9	6,2	6,0	6,0	5,9		
17	5,8	5,7	5,6	5,5	5,5	5,6	5,7	6,0	5,9	6,0	6,8	8,7	9,9	9,8	9,5	8,9	8,0	7,8	6,7	6,6	6,4	5,7	5,4	5,1		
18	5,0	4,9	4,2	4,3	4,3	3,8	4,1	4,0	3,5	4,0	4,3	4,1	5,0	5,8	6,0	4,0	3,0	2,9	2,6	2,1	2,0	2,0	2,0	1,3		
19	1,2	2,0	1,9	1,5	0,9	0,3	0,0	0,0	0,0	1,0	1,9	2,1	3,0	2,9	2,6	2,5	2,2	2,6	2,0	2,7	2,8	2,6	2,9	2,6		
20	2,4	2,4	2,2	2,4	2,4	2,2	2,1	2,0	1,8	2,7	3,2	4,0	4,7	4,8	3,7	3,0	2,9	2,5	2,4	2,4	3,0	3,2	3,4	3,1		
21	2,0	1,9	1,7	1,6	1,7	1,9	1,8	1,2	2,4	5,0	6,1	6,0	6,0	6,5	6,2	5,9	5,4	4,9	4,2	4,0	3,9	3,9	3,9	4,0		
22	4,0	4,0	4,0	3,8	3,9	4,1	4,7	4,9	5,0	5,0	4,7	2,8	2,0	2,0	1,6	1,0	0,9	0,9	1,4	1,8	2,2	1,8	1,7	1,2		
23	1,0	1,0	1,1	1,8	1,4	1,4	1,6	2,6	4,2	5,1	4,4	4,0	4,3	4,6	4,0	3,0	2,2	2,7	2,6	2,0	2,0	2,3	2,4	3,0		
24	3,1	3,8	4,0	4,0	4,0	3,6	3,0	2,8	1,4	1,2	0,9	0,8	0,8	0,0	0,8	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,8	-0,9	-1,0		
25	-1,6	-1,5	-1,7	-1,9	-2,0	-1,9	-0,8	0,2	2,8	2,7	3,0	4,0	4,3	5,0	4,5	4,2	3,0	2,6	2,1	2,0	1,8	1,4	1,1	1,2		
26	1,3	1,0	0,4	0,2	0,1	0,8	0,9	1,0	2,0	2,5	4,2	5,2	6,0	5,9	5,3	5,1	4,2	2,7	2,2	2,0	2,0	1,5	1,8	1,5		
27	1,2	1,1	0,9	1,0	1,6	1,0	0,7	1,1	2,1	3,0	4,0	5,2	6,2	6,0	6,0	5,7	5,0	5,0	4,8	4,9	4,9	3,0	3,0	2,3		
28	2,0	1,5	1,5	1,8	1,5	1,5	1,5	3,0	3,2	3,8	5,0	8,0	8,2	8,9	8,3	8,0	7,0	7,0	6,2	7,1	8,0	7,3	7,9	7,7		
29	7,0	6,2	5,8	6,3	7,6	7,0	6,0	6,0	7,7	7,7	8,0	9,0	9,0	9,0	9,2	8,1	7,9	7,8	7,9	7,6	7,5	8,0	8,0	8,0		
30	7,6	7,4	7,7	8,1	8,3	8,8	9,7	9,0	9,0	8,1	7,3	7,6	8,3	8,4	7,2	7,0	7,0	7,2	7,6	7,4	7,2	7,0	7,0	6,7		
31	7,0	7,0	7,4	7,4	7,1	7,0	6,3	6,5	6,7	7,2	8,0	8,7	8,2	7,0	7,0	6,9	5,8	5,8	5,7	5,6	5,6	4,9	4,0	3,8		

Ek 1 Mardin için saatlik hava sıcaklıkları (DMİGM) [°C] (devam)

ŞUBAT																											
Saat																											
Gün	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24			
1	3,7	3,1	3,1	3,3	3,2	3,0	3,0	2,6	2,4	2,0	1,7	1,3	2,3	2,6	2,7	2,8	2,5	1,8	1,8	1,7	1,9	1,9	1,7	1,0			
2	0,7	1,0	1,1	1,1	1,1	1,0	0,6	0,9	2,1	3,1	4,2	3,2	3,3	4,2	4,9	3,7	2,9	2,5	2,2	2,1	2,0	2,0	2,0	2,0			
3	1,9	1,4	1,1	1,0	1,2	1,1	1,2	1,2	1,4	1,9	2,1	2,5	3,7	4,0	4,6	4,1	3,7	3,6	3,0	2,8	3,2	3,0	3,0	3,0			
4	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,3	3,8	3,9	4,2	3,9	3,9	3,9	3,8	3,3	3,0	3,0	3,0	3,0	2,5	2,2	2,6			
5	2,3	1,6	1,0	-0,3	-0,2	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,3	0,9	1,1	1,0	0,9	1,1	1,2	1,3	1,1	1,0	1,1	1,3	0,9	0,5	0,0			
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,5	-0,1	1,1	1,0	1,6	1,6	1,2	2,8	1,6	1,2	1,1	1,0	0,8	0,5	0,3	0,0	-0,1	-0,2			
7	-1,1	-1,1	-1,3	-1,1	-1,7	-1,9	-2,1	-1,8	-1,0	0,0	1,7	2,0	2,8	3,3	3,7	4,0	2,7	2,3	1,9	1,6	1,4	1,3	1,3	1,0			
8	-0,2	-0,4	-0,5	-0,5	-0,7	-1,1	-1,3	-1,7	-1,7	-1,2	-0,1	0,5	0,9	1,2	1,4	1,0	0,6	-1,0	-2,0	-2,8	-2,8	-3,4	-3,7	-4,0			
9	-4,0	-4,2	-4,6	-4,8	-4,9	-4,9	-4,9	-4,2	-4,9	-4,2	-3,8	-3,6	-3,7	-3,4	-2,8	-2,8	-2,8	-3,0	-2,7	-2,5	-2,8	-2,9	-3,5	-4,0			
10	-3,7	-3,3	-3,7	-3,5	-3,8	-4,0	-4,1	-3,8	-2,9	-2,0	0,0	1,0	1,0	0,9	0,7	-0,2	-1,0	-2,0	-2,1	-2,5	-2,8	-2,9	-3,0	-3,0			
11	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-2,0	-1,0	0,0	-1,8	-2,2	-2,8	-3,0	-1,0	-2,9	-2,8	-3,0	-3,4	-3,2	-3,0	-3,8	-3,9	-3,7			
12	-3,6	-3,7	-3,9	-3,9	-3,7	-3,3	-3,1	-3,0	-2,1	-0,9	1,0	-1,4	-2,3	-1,5	-1,0	-1,2	-2,0	-2,6	-3,0	-2,9	-2,9	-3,0	-3,1	-3,3			
13	-3,1	-3,1	-3,2	-3,3	-3,3	-3,4	-3,5	-3,0	-2,7	-1,9	-1,0	-1,2	-0,3	0,0	0,2	0,1	-1,0	-1,8	-2,4	-2,8	-2,8	-2,8	-2,9	-2,9			
14	-2,9	-2,9	-2,9	-2,9	-3,1	-3,3	-3,8	-3,3	-2,0	-0,8	-0,3	0,0	0,2	1,3	1,2	1,1	0,8	0,3	-0,2	-0,2	0,0	-0,2	-1,1	-1,1			
15	-1,0	-1,2	-1,7	-2,0	2,0	-2,0	-1,8	-1,0	-0,4	0,5	1,7	3,0	3,5	4,0	4,9	5,0	4,2	3,8	3,8	3,9	4,0	4,8	4,0	3,8			
16	3,5	3,9	3,9	4,3	4,9	4,3	4,2	6,5	7,6	9,7	10,0	11,3	11,1	11,1	11,3	9,6	8,4	7,7	7,2	6,6	6,6	7,3	7,5	6,6			
17	6,8	6,4	6,3	5,7	5,9	6,5	6,8	8,0	9,2	10,8	12,3	13,2	14,0	14,1	14,4	13,8	12,0	10,8	10,0	10,0	10,1	10,9	11,0	10,9			
18	10,0	9,2	8,9	10,1	10,3	10,0	8,8	10,0	11,8	12,1	13,5	14,1	14,4	14,5	14,5	14,2	13,8	11,8	11,3	11,2	11,1	10,7	10,4	9,3			
19	9,8	10,0	10,6	10,5	10,0	10,0	10,1	10,2	10,8	11,3	11,3	11,0	10,3	10,1	11,3	11,7	10,4	10,1	10,2	10,7	11,1	10,8	10,4	8,6			
20	8,5	8,3	7,9	7,0	6,8	6,7	7,0	7,0	6,7	5,8	5,4	5,3	5,6	6,2	7,1	7,1	7,1	7,2	5,0	5,7	6,1	6,2	6,0	5,8			
21	5,6	5,5	5,3	5,2	5,1	5,0	5,0	4,5	4,7	5,0	5,8	6,2	6,4	8,0	7,0	6,6	6,6	5,8	5,1	5,0	5,1	4,9	4,4	4,1			
22	4,0	3,9	3,2	3,2	3,0	3,0	3,0	4,0	4,6	5,6	7,0	8,0	9,1	9,1	9,0	8,7	8,0	6,6	6,2	5,8	5,8	5,0	4,7	4,1			
23	4,0	3,6	3,3	3,0	3,0	3,0	3,0	5,0	5,2	6,6	8,0	9,2	9,8	10,1	11,4	11,4	10,0	8,4	7,4	7,0	6,6	6,6	6,6	6,2			
24	6,0	6,0	5,8	5,4	5,4	5,3	5,6	7,0	7,2	10,0	11,0	11,4	11,6	12,7	12,0	11,4	10,0	8,6	8,2	8,0	8,0	7,6	7,6	7,3			
25	7,1	6,8	6,4	6,3	6,2	6,2	6,2	7,0	8,2	9,2	10,6	11,0	11,6	12,2	11,7	10,8	10,0	9,4	8,7	8,6	8,4	8,4	8,4	8,4			
26	8,4	7,8	6,7	6,0	5,8	6,0	6,5	7,1	9,8	10,2	12,0	12,4	13,0	13,4	13,0	12,2	12,1	11,0	10,0	9,6	9,2	9,8	9,4	9,4			
27	8,0	7,6	7,4	7,5	7,7	8,0	8,5	8,8	8,8	9,0	9,0	8,0	8,0	8,0	8,1	8,0	7,2	7,2	7,2	9,0	9,0	8,8	8,8	8,8			
28	7,4	7,4	8,0	8,4	8,6	8,6	8,6	9,4	9,9	10,6	11,2	12,5	12,6	12,9	13,1	12,2	11,4	10,8	10,4	10,0	10,0	9,5	8,6	8,0			

Ek 1 Mardin için saatlik hava sıcaklıkları (DMİGM) [°C] (devam)

MART																								
	Saat																							
Gün	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	7,5	7,0	7,0	6,8	6,2	6,0	6,8	7,0	7,5	8,3	10,0	10,3	9,9	9,4	10,7	10,1	10,0	9,6	9,6	9,8	9,3	10,0	10,0	10,0
2	10,0	10,0	9,9	9,7	9,8	9,7	9,6	11,0	12,1	13,8	14,0	13,3	13,5	13,6	14,0	13,9	13,2	13,0	12,9	12,8	12,6	13,0	13,1	13,2
3	13,2	13,0	12,8	12,4	12,0	11,9	11,6	11,2	11,6	12,8	12,0	12,1	13,0	13,1	13,0	12,1	12,6	12,2	12,2	12,0	11,7	11,0	10,0	10,0
4	8,0	7,7	7,8	7,9	8,0	7,9	7,5	7,0	7,0	6,2	7,0	8,5	10,1	11,1	10,5	9,9	8,0	6,4	5,8	6,0	5,7	5,2	4,8	4,2
5	4,0	3,9	3,1	3,0	3,1	3,9	3,6	4,0	5,0	6,2	7,5	9,0	10,0	10,8	11,2	11,1	11,0	10,0	9,4	9,5	9,7	8,9	8,8	9,0
6	8,9	8,8	8,3	8,2	8,0	7,6	7,4	7,4	8,0	8,2	8,5	8,7	8,9	9,0	7,0	6,9	6,2	6,3	7,0	7,0	6,3	6,5	6,9	7,0
7	7,0	6,9	6,5	6,0	6,0	5,7	6,0	6,1	7,7	9,0	11,8	13,0	13,9	13,5	13,2	13,0	12,8	11,4	10,5	10,0	10,0	9,8	9,6	9,9
8	10,0	10,0	10,0	9,0	8,2	8,0	7,7	7,4	7,0	7,0	7,0	6,8	6,9	6,9	7,1	7,2	7,4	7,5	7,8	8,0	8,0	8,1	8,4	8,4
9	8,8	9,0	8,7	8,2	7,6	7,2	7,6	7,8	7,5	7,1	8,2	8,4	9,2	9,2	10,0	10,0	10,0	9,0	8,2	7,4	7,0	6,9	6,7	6,0
10	5,3	6,1	5,4	5,0	5,0	5,0	5,0	5,8	6,1	6,3	6,1	6,2	8,0	7,9	8,0	4,2	5,4	5,6	5,8	5,8	5,0	4,9	4,6	4,1
11	4,0	3,9	3,9	3,5	3,5	3,4	3,0	3,4	4,2	5,0	6,0	6,2	7,2	7,0	6,8	6,8	6,3	6,0	5,2	5,0	5,0	4,5	3,9	3,7
12	3,6	4,0	4,0	4,0	4,0	3,0	2,5	2,0	2,6	3,0	3,0	5,5	5,0	2,5	4,0	5,0	5,0	3,7	3,3	3,0	3,2	2,7	2,1	2,6
13	2,8	2,4	2,2	2,0	2,0	2,1	2,3	4,2	5,0	7,0	8,8	8,5	8,0	8,5	9,2	8,4	7,5	6,5	5,4	5,0	5,8	5,0	5,0	4,1
14	4,0	4,0	3,7	3,0	3,0	2,8	3,0	3,0	4,0	5,4	6,4	7,0	8,0	8,5	8,8	9,0	8,2	7,8	6,5	6,0	6,0	5,8	5,0	4,8
15	4,2	3,8	4,0	3,9	3,0	2,3	2,0	4,3	5,0	7,0	8,9	10,2	10,2	10,2	10,9	10,0	9,3	8,2	7,8	7,5	8,0	6,4	7,0	6,2
16	5,9	4,7	4,2	4,0	4,0	3,5	4,4	4,5	6,5	8,0	9,2	10,2	10,5	11,2	11,5	11,5	11,0	10,0	9,0	9,0	7,9	6,2	4,7	4,4
17	4,8	3,8	3,3	3,0	2,8	2,2	3,8	4,5	6,8	8,1	9,0	10,5	11,0	11,6	11,8	11,7	11,2	10,0	9,0	8,2	8,0	6,9	6,1	6,4
18	6,0	6,0	5,2	5,9	5,7	5,5	6,0	6,3	8,0	10,0	11,4	13,0	14,2	15,0	14,5	14,2	13,3	12,0	11,1	10,8	10,2	10,0	9,2	9,1
19	9,0	8,8	8,7	8,9	9,0	8,0	8,0	8,0	9,0	11,0	12,5	13,0	14,2	14,3	14,8	14,1	13,1	12,0	11,6	11,2	11,0	10,5	9,7	9,0
20	9,2	8,5	8,2	7,8	6,8	5,9	6,3	8,0	6,5	7,0	7,9	8,2	10,0	11,0	13,0	12,2	12,0	10,5	10,0	9,8	9,5	9,2	8,8	8,2
21	8,2	8,1	7,0	7,0	5,1	5,0	5,8	6,0	7,0	7,1	10,8	11,8	11,9	10,8	10,0	7,0	6,3	7,0	6,4	7,0	7,0	7,9	7,0	7,0
22	7,3	7,3	7,2	7,2	6,8	6,7	6,0	5,9	6,0	7,1	10,6	11,4	12,0	12,2	11,9	10,2	9,2	9,3	8,0	6,8	5,1	4,8	6,5	6,9
23	6,4	6,2	5,0	2,8	2,8	3,2	3,9	5,0	5,9	6,0	6,8	8,0	9,0	9,2	9,0	8,8	8,4	7,0	6,0	5,0	3,8	2,8	1,3	0,8
24	-0,8	-1,2	-1,3	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-1,2	0,0	1,1	2,1	3,1	3,8	4,3	5,0	5,2	5,1	4,7	3,4	2,6	2,1	1,2	0,6	-0,3
25	-0,7	-0,8	-1,3	-1,0	-0,9	-0,9	-0,8	1,0	1,9	2,8	3,6	4,5	6,0	6,7	7,7	7,8	7,9	7,0	6,1	5,8	5,1	4,3	4,2	4,0
26	2,7	2,5	2,4	2,5	2,0	1,6	2,0	3,8	5,0	6,1	8,0	8,2	9,4	9,7	10,0	10,2	10,0	9,0	7,7	7,3	7,7	8,1	8,2	8,0
27	7,0	6,2	5,9	5,5	4,9	4,8	5,3	8,0	10,4	11,2	12,0	13,0	13,1	13,4	14,2	14,5	13,5	12,0	11,8	11,8	12,4	12,0	11,8	11,0
28	10,5	10,0	9,7	9,3	8,9	8,9	10,0	10,3	11,0	11,3	12,8	13,2	14,6	15,4	14,5	14,2	14,0	13,2	12,9	12,7	12,4	11,8	11,6	11,4
29	11,2	11,0	11,0	11,0	10,2	9,8	9,5	10,5	12,2	14,6	16,0	16,5	17,2	17,4	17,8	17,8	17,6	17,0	16,8	15,0	14,9	14,8	14,7	14,0
30	13,8	13,1	13,0	12,9	12,6	12,4	12,4	13,7	15,4	17,0	18,8	19,0	20,0	20,0	19,2	19,0	18,0	17,0	16,4	16,0	15,1	14,9	14,6	14,2
31	14,0	13,7	12,6	12,0	11,7	10,9	10,8	11,2	12,1	14,0	16,0	16,7	17,2	17,8	18,6	18,6	18,3	18,0	16,5	16,2	16,8	17,0	16,8	16,5

Ek 1 Mardin için saatlik hava sıcaklıkları (DMİGM) [°C] (devam)

NİSAN																													
Gün	Saat																												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24					
1	16,5	16,4	16,3	16,0	15,5	14,0	12,4	12,0	12,8	13,0	14,0	14,2	14,2	14,5	14,6	14,1	14,0	13,5	12,4	12,0	12,2	12,0	11,6	11,1					
2	11,0	11,0	10,3	11,1	10,5	10,2	11,5	9,9	12,0	14,2	15,0	15,0	13,7	12,3	10,3	10,5	10,2	9,5	8,7	8,3	8,3	7,0	6,8	6,5					
3	6,3	6,0	5,8	5,1	5,0	5,0	5,0	4,7	4,7	5,0	7,2	8,0	9,0	8,6	10,0	8,8	7,5	6,8	5,3	5,0	5,0	4,0	4,1	4,0					
4	3,5	3,1	3,0	3,0	3,0	3,0	3,8	4,2	5,0	7,0	7,5	8,0	8,1	8,9	9,0	9,0	8,4	8,0	7,8	7,7	7,8	6,7	6,2	6,0					
5	5,8	5,0	4,8	4,3	3,5	4,0	5,0	6,0	8,3	9,0	9,0	10,0	9,0	7,9	8,0	9,0	8,3	8,1	8,0	8,0	8,7	8,0	8,0	8,0					
6	7,8	7,3	7,0	6,8	6,7	7,0	9,0	10,3	11,9	13,0	13,0	12,4	13,0	13,5	13,0	10,0	7,5	7,0	7,0	7,4	8,0	8,2	8,2	7,3					
7	6,0	5,8	5,5	5,3	6,1	6,8	7,8	9,0	11,0	12,4	13,0	14,0	14,2	14,8	15,0	15,0	14,5	13,6	12,7	12,7	12,2	12,0	12,0	12,0					
8	11,0	11,0	11,0	11,5	11,0	11,2	13,0	14,8	16,2	16,8	16,0	16,7	16,3	17,0	18,5	17,5	16,2	15,3	14,5	14,5	14,7	14,0	13,8	14,0					
9	13,5	13,7	13,8	13,8	14,4	14,2	15,0	16,0	16,0	15,2	16,0	16,0	14,8	14,0	13,3	13,0	12,0	11,5	10,3	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0					
10	10,0	9,8	10,2	10,3	10,3	9,7	10,0	11,9	13,0	14,8	16,0	16,5	18,0	19,0	19,9	19,8	19,3	18,8	17,5	17,1	17,2	16,8	16,0	15,3					
11	15,3	15,0	15,0	14,8	14,3	14,0	15,0	16,0	17,0	18,5	19,9	21,0	21,0	21,5	21,5	21,1	21,0	20,0	18,8	18,0	18,0	17,2	16,0	16,3					
12	16,5	16,2	15,7	15,2	15,2	15,5	16,7	16,2	19,0	21,0	22,5	23,3	24,0	24,5	23,8	24,0	23,0	21,7	20,0	19,6	19,8	19,5	18,9	18,8					
13	18,9	18,3	18,2	18,2	18,2	18,0	20,0	21,0	21,8	22,0	22,5	23,2	24,0	23,5	24,0	24,0	23,3	23,5	22,0	21,8	21,3	20,3	20,2	20,0					
14	20,0	20,0	19,8	19,5	19,5	19,0	19,4	20,0	21,0	20,7	21,2	21,0	21,0	20,0	19,2	19,9	19,9	19,4	18,7	18,8	19,2	18,2	17,6	18,0					
15	18,2	16,0	15,2	15,4	15,0	14,2	15,0	16,8	17,3	16,0	16,2	17,8	18,3	18,5	18,5	18,0	17,4	16,0	13,5	13,0	12,2	11,0	10,3	9,6					
16	8,8	8,0	6,2	6,4	6,0	5,7	6,0	7,2	8,8	8,8	10,0	11,0	13,5	14,7	13,0	14,0	13,0	13,0	12,8	12,0	12,8	12,8	12,0	12,0					
17	11,8	11,2	10,9	10,2	9,9	9,8	11,5	13,0	14,0	15,2	17,0	17,8	17,8	18,5	18,0	17,0	17,2	16,0	14,7	14,2	14,3	13,7	13,3	13,0					
18	13,0	12,8	12,1	12,0	12,4	12,0	14,0	14,5	16,0	17,2	19,0	18,2	19,0	19,3	20,3	20,0	19,3	18,7	18,0	18,0	18,0	17,4	17,0	16,9					
19	16,8	16,6	16,0	16,0	16,0	15,7	16,0	16,2	17,0	19,2	20,0	21,0	22,0	22,0	23,2	24,0	23,7	22,3	21,0	20,0	18,0	17,2	16,5	15,5					
20	14,0	14,0	14,0	12,0	10,7	10,0	11,2	13,0	13,5	14,0	15,5	16,0	18,0	19,0	19,0	19,5	18,7	17,7	15,8	15,0	14,8	14,2	14,3	13,8					
21	14,0	14,0	13,0	12,8	12,8	13,0	15,2	16,5	18,8	19,2	20,0	21,0	20,8	21,0	21,3	21,0	20,0	20,0	19,3	18,8	18,4	18,2	18,4	18,3					
22	18,0	18,0	17,8	17,8	17,5	17,5	18,0	18,5	19,5	20,5	22,8	23,0	23,3	24,0	23,0	23,5	23,3	23,0	21,8	21,5	21,6	22,1	22,5	22,2					
23	22,0	21,8	21,6	21,8	22,0	22,0	22,0	21,4	22,0	24,5	24,0	24,5	22,0	21,8	22,2	21,6	21,6	21,0	18,1	18,0	16,8	16,6	18,0	18,8					
24	18,4	17,0	16,8	16,1	16,1	15,0	14,0	15,0	17,0	17,0	16,6	16,6	16,4	16,0	15,2	14,8	14,0	14,0	14,0	13,5	14,5	14,0	13,8	13,3					
25	12,0	11,2	11,0	11,0	11,2	11,8	12,2	13,0	14,2	14,2	16,0	17,0	17,0	16,8	16,5	17,8	17,5	17,3	16,9	15,5	14,5	14,4	14,5	14,8					
26	13,2	13,2	13,4	13,4	13,9	13,8	13,8	13,5	16,0	19,0	19,0	20,5	20,0	13,0	14,2	14,5	15,0	15,0	14,4	14,0	12,3	12,0	12,3	13,0					
27	13,0	12,7	12,4	12,0	11,8	12,0	13,2	14,8	15,2	16,6	18,2	18,0	19,9	19,6	19,6	19,2	19,0	18,8	17,0	16,6	16,2	15,8	15,8	15,6					
28	15,0	14,3	14,2	14,0	13,5	13,5	15,0	16,0	16,2	16,6	17,0	19,0	20,0	20,0	20,8	21,0	19,7	18,5	17,0	14,0	13,0	13,0	13,0	13,0					
29	13,9	13,8	13,0	12,8	12,2	12,4	13,3	13,3	15,0	16,2	18,8	19,5	21,0	21,0	21,0	21,0	20,3	19,5	17,5	16,6	16,0	15,5	15,7	15,7					
30	15,8	15,5	15,0	14,7	14,0	14,8	17,0	18,8	19,3	20,0	21,0	21,2	22,0	22,7	22,5	22,5	21,8	20,5	19,0	18,0	17,2	17,0	16,4	16,3					

Ek 1 Mardin için saatlik hava sıcaklıkları (DMİGM) [°C] (devam)

MAYIS																														
	Saat																													
Gün	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24						
1	15,0	15,0	14,7	15,0	14,7	14,0	15,2	15,8	17,4	18,2	18,2	20,0	20,0	19,6	19,3	18,7	17,8	17,0	16,1	16,0	15,5	14,5	14,0	14,0						
2	14,2	14,0	12,2	10,2	10,3	11,0	11,3	13,0	15,8	18,2	19,1	19,5	19,8	19,4	19,2	19,2	18,8	17,5	14,0	11,8	11,0	11,3	11,0	10,0						
3	9,7	9,7	9,4	9,3	8,9	8,4	8,8	10,2	9,1	12,0	13,2	13,2	13,0	10,5	9,0	8,0	8,4	8,0	8,2	8,3	8,0	7,4	7,3	7,8						
4	7,4	7,0	7,0	7,1	7,4	7,9	8,8	9,8	10,0	10,0	12,0	12,5	12,8	7,5	8,0	11,0	12,1	11,3	11,0	10,6	9,8	10,0	9,9	9,2						
5	9,9	9,0	8,5	8,3	8,4	8,1	9,8	11,2	12,5	14,4	15,3	14,8	15,0	16,5	15,3	16,0	15,7	15,4	14,8	13,6	13,2	12,5	11,9	11,4						
6	11,0	11,0	12,3	12,0	11,9	11,8	12,0	13,6	14,4	16,0	18,0	18,4	19,0	19,5	20,0	20,0	19,9	19,0	18,0	17,0	16,6	17,2	16,6	16,0						
7	15,9	15,7	16,0	16,0	16,0	16,2	18,0	18,4	18,8	21,0	22,0	22,8	23,7	23,8	24,5	23,8	22,8	22,0	21,0	20,8	20,2	19,9	19,6	19,2						
8	18,9	18,5	18,7	18,7	18,3	19,0	20,0	21,2	22,8	24,0	24,8	25,0	26,1	26,0	26,5	26,9	25,5	24,8	22,0	22,8	22,4	20,0	20,2	19,0						
9	16,8	16,0	13,9	12,5	12,3	11,1	12,7	14,0	13,2	15,0	17,1	18,0	19,8	21,5	22,7	22,8	22,0	21,9	20,3	18,9	18,5	18,2	17,8	18,1						
10	18,0	17,5	17,3	17,3	17,2	17,1	18,4	19,8	21,4	22,1	23,3	24,0	25,1	25,8	26,0	25,0	24,2	23,5	22,0	21,7	21,4	21,0	20,3	20,6						
11	20,2	20,0	19,1	18,8	18,2	19,0	20,0	21,0	23,0	24,2	25,0	26,2	26,5	26,3	27,5	27,0	27,4	26,2	25,0	24,0	23,0	22,3	22,4	22,0						
12	22,0	22,0	21,8	21,7	21,5	22,0	22,5	24,0	26,3	27,5	28,0	28,0	28,2	27,2	26,8	26,5	26,3	24,8	23,7	23,0	22,5	22,1	22,0	21,8						
13	21,8	21,1	21,0	20,7	20,6	21,0	22,0	23,0	24,8	26,0	26,8	27,8	29,9	28,2	27,3	26,8	25,9	26,0	25,0	24,0	23,0	22,0	21,0	20,0						
14	18,2	18,2	17,3	16,9	16,5	16,0	16,0	18,0	19,7	21,0	23,2	24,3	24,7	25,1	25,9	25,2	25,0	24,0	22,0	21,0	20,5	20,0	19,3	18,5						
15	18,3	17,0	17,3	15,9	15,6	17,0	19,3	21,8	23,7	24,0	24,2	25,0	25,3	25,5	26,0	20,0	19,3	18,2	18,5	18,1	17,8	16,3	17,9	16,2						
16	17,0	16,9	15,9	16,0	14,5	14,0	16,0	17,0	20,0	21,0	22,2	24,0	24,8	24,2	25,0	24,0	24,0	23,8	23,4	22,2	21,0	20,7	20,0	19,7						
17	19,7	19,3	19,1	19,8	19,0	19,0	21,2	22,3	23,4	25,0	27,0	26,0	26,3	25,7	25,0	23,0	21,5	20,0	18,8	19,0	19,0	18,7	16,8	16,7						
18	15,3	15,0	16,2	16,0	15,0	15,1	16,8	17,3	19,6	20,9	22,0	23,0	24,2	26,0	26,2	25,3	25,1	22,7	21,4	20,3	20,0	19,6	19,0	18,0						
19	17,8	17,8	17,5	17,0	16,0	16,2	16,6	17,0	19,0	21,0	23,0	24,2	26,0	26,8	27,0	26,6	26,9	26,0	25,0	19,6	18,8	18,2	19,8	19,0						
20	19,0	18,2	17,3	17,0	16,8	17,1	18,4	20,0	22,0	23,5	24,2	25,0	26,0	26,0	27,0	26,6	26,2	25,8	24,0	23,2	22,8	22,6	22,0							
21	21,4	21,2	21,1	20,9	20,6	21,0	22,5	24,5	26,3	27,0	29,0	28,8	29,9	29,3	29,6	29,3	28,0	27,2	26,0	26,0	25,7	25,2	25,1	25,0						
22	24,7	24,0	22,4	21,8	21,1	21,2	23,0	24,3	26,0	27,5	28,0	29,2	30,0	31,0	31,0	30,2	29,9	28,7	26,7	26,2	26,0	26,0	25,9	25,9						
23	25,4	24,0	24,9	21,0	21,0	23,8	26,6	26,2	27,5	28,4	29,3	30,0	30,8	31,0	31,0	29,0	28,0	27,2	25,0	24,4	23,8	23,5	22,7	22,0						
24	22,0	21,3	20,8	20,4	20,0	20,0	21,1	21,4	23,2	24,5	25,2	26,1	26,9	27,0	26,2	26,0	25,4	23,8	22,0	21,2	21,0	20,0	18,8	18,7						
25	17,5	17,0	17,7	17,6	17,0	17,0	18,2	19,2	20,3	21,4	22,0	23,5	24,1	24,4	24,7	24,2	24,0	23,8	22,5	21,6	21,0	20,0	19,4	19,2						
26	19,4	19,2	19,0	19,0	18,8	19,0	21,0	21,1	22,0	22,5	23,8	24,0	24,5	24,7	25,0	25,0	24,8	24,0	22,5	21,9	22,0	21,5	20,9	20,2						
27	20,0	19,8	19,4	19,4	19,4	20,0	22,0	23,0	24,2	25,2	27,0	27,5	27,0	28,6	29,9	28,9	28,2	27,8	27,0	26,5	26,0	25,0	23,0	23,2						
28	20,5	20,5	20,0	20,1	20,9	21,0	22,5	24,0	26,0	26,0	27,0	28,5	29,0	28,5	27,7	27,5	26,8	25,8	24,2	23,5	21,8	20,0	19,6	19,0						
29	18,3	18,0	17,0	16,0	15,0	16,0	18,1	19,0	20,0	21,5	21,5	23,2	24,0	24,0	24,0	24,3	24,0	23,3	21,8	21,0	20,2	19,7	19,5							
30	19,4	19,0	19,0	18,8	19,5	21,0	21,0	20,7	21,0	21,0	20,3	22,0	22,8	23,0	22,0	21,8	20,0	18,0	16,0	18,0	19,0	19,4	19,0	18,0						
31	17,5	17,4	17,2	17,3	18,5	19,3	20,0	21,2	23,0	23,4	24,0	24,5	25,0	26,0	25,5	25,0	24,8	24,7	23,3	22,0	20,8	19,1	18,7	18,0						

Ek 1 Mardin için saatlik hava sıcaklıkları (DMİGM) [°C] (devam)

HAZİRAN																													
	Saat																												
Gün	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24					
1	18,0	18,0	18,0	18,3	18,5	19,0	19,0	20,0	20,5	21,0	22,5	23,0	23,5	24,4	24,5	24,8	23,0	22,0	20,3	19,5	18,7	16,9	16,8	17,0					
2	16,9	16,7	16,2	15,6	15,1	16,1	18,0	19,0	20,0	21,5	22,0	22,0	23,4	24,0	23,2	22,9	23,0	22,2	21,0	20,2	20,2	18,0	18,0	17,8					
3	17,2	17,2	17,0	16,2	16,2	17,0	18,0	20,0	23,0	23,5	23,8	26,0	26,0	26,0	26,6	26,4	25,3	25,0	23,8	22,0	22,1	22,0	20,0	20,0					
4	19,8	19,0	18,7	18,2	18,0	21,0	22,8	23,2	23,0	24,0	22,0	21,0	24,0	24,0	19,3	18,0	16,2	15,6	14,3	14,0	13,2	13,5	14,8	15,4					
5	15,1	16,0	15,4	16,1	14,0	15,4	16,3	18,0	19,5	19,8	20,0	19,2	19,8	20,8	21,1	20,8	20,2	20,0	19,0	18,0	17,2	17,0	16,2	15,5					
6	15,2	14,9	14,1	14,8	14,8	15,0	16,1	17,0	19,0	20,8	22,0	23,0	24,2	25,1	25,7	25,5	26,2	24,5	23,0	21,8	21,1	20,5	19,8	19,3					
7	19,9	18,5	17,7	16,8	15,3	16,3	18,2	19,8	21,8	23,0	23,8	25,2	26,5	27,0	27,8	28,0	27,5	27,0	25,5	24,2	24,0	22,9	22,6	22,0					
8	21,0	20,4	20,0	20,0	20,0	21,8	22,8	23,2	24,6	26,2	27,5	28,6	29,5	30,0	31,0	31,0	30,5	30,3	29,0	27,7	26,2	25,5	25,7	24,4					
9	24,3	23,3	22,9	22,0	21,7	22,0	23,3	25,0	27,0	28,4	30,5	30,8	31,0	32,1	32,9	33,1	32,5	30,3	29,2	28,0	28,5	27,8	28,0	28,0					
10	27,8	27,5	27,0	27,0	26,0	27,0	27,7	28,3	29,5	31,0	31,5	32,0	33,0	33,9	34,0	33,7	33,4	33,0	31,5	30,0	29,2	29,2	28,0	27,7					
11	26,2	26,0	26,8	26,3	26,0	26,8	27,8	28,8	28,0	28,0	29,2	30,0	31,0	32,0	32,0	31,8	31,5	30,0	28,3	27,0	25,5	24,0	21,8	21,0					
12	20,7	21,2	21,0	20,6	20,0	20,3	22,5	22,5	22,2	23,3	24,0	26,5	29,0	29,2	30,0	30,0	29,2	29,0	28,0	24,0	21,8	22,2	23,5	23,5					
13	23,3	23,0	23,5	22,5	22,0	22,0	23,0	24,0	24,3	25,0	27,7	28,5	28,8	29,0	29,8	29,1	28,7	27,6	26,0	25,0	25,0	23,4	23,0	22,4					
14	22,0	21,4	21,4	21,0	20,0	20,6	21,1	21,8	23,4	25,0	26,8	27,2	28,4	29,0	29,0	29,0	28,4	28,0	26,8	26,0	25,0	25,0	25,0	25,0					
15	25,0	25,0	25,0	25,1	25,3	25,8	26,8	27,0	28,4	28,2	29,3	30,9	30,9	31,0	31,0	31,8	31,0	29,7	28,0	26,4	26,1	25,0	23,4	23,0					
16	23,0	23,0	22,8	22,2	22,0	22,2	24,0	25,8	26,2	27,4	28,2	29,0	29,4	29,8	29,8	29,4	29,0	28,2	26,8	25,8	25,6	25,0	24,4	24,0					
17	23,2	21,6	21,0	20,5	20,0	20,2	21,7	22,8	25,0	27,0	28,2	29,0	30,2	30,8	31,8	32,0	31,0	30,2	28,0	27,4	26,5	25,4	24,7	24,1					
18	23,8	22,8	22,0	21,2	20,8	21,0	22,6	23,4	26,0	27,4	30,0	30,2	31,2	32,0	32,8	33,0	32,6	32,2	30,4	29,4	27,8	26,4	25,4	25,0					
19	24,7	24,2	23,4	22,6	21,4	21,4	23,5	24,4	26,4	28,0	30,0	30,8	31,4	32,5	33,0	33,0	32,0	31,0	30,0	28,4	27,4	26,4	26,0	26,0					
20	25,0	25,0	24,0	23,4	23,0	23,0	24,5	25,2	26,0	27,5	28,3	29,1	30,3	30,0	30,0	30,0	30,0	29,0	28,0	27,6	25,0	24,0	23,0	22,3					
21	21,0	20,7	20,0	19,3	19,2	18,5	19,2	21,0	23,0	24,0	25,0	26,0	27,0	27,4	28,0	27,5	27,0	26,3	25,0	24,0	23,5	22,7	21,8	21,0					
22	20,3	19,8	19,9	20,0	19,9	20,0	21,0	21,2	22,7	23,5	25,0	25,0	26,8	27,8	27,8	28,0	27,8	27,8	24,8	23,7	23,0	21,4	20,4	20,0					
23	19,0	18,0	16,8	16,0	15,0	15,0	16,0	17,0	19,6	21,0	23,0	25,0	26,3	28,0	27,8	28,0	28,0	27,7	26,0	25,0	24,0	23,0	22,2	21,0					
24	20,5	20,0	19,7	19,6	19,2	19,5	21,0	22,0	24,0	25,5	27,7	29,0	30,1	32,0	32,8	33,3	32,8	31,5	30,3	28,7	28,0	27,0	25,4	25,5					
25	25,0	24,0	23,6	23,3	22,8	22,2	23,3	25,0	27,0	29,0	30,0	30,3	31,8	32,2	32,2	32,5	32,8	32,0	30,3	29,0	28,8	28,0	27,0	26,0					
26	25,0	24,0	23,0	22,8	22,2	21,7	22,0	24,0	26,0	27,4	29,0	30,0	30,8	30,4	31,0	30,0	30,3	28,0	25,5	24,2	23,2	21,2	20,7	20,0					
27	19,0	18,5	18,0	17,6	17,1	17,8	19,0	20,0	22,2	25,0	26,9	28,6	29,8	32,0	32,0	31,5	32,2	30,0	29,0	27,8	27,2	26,9	25,2	25,0					
28	24,0	23,0	22,8	21,8	21,6	21,7	23,0	24,0	26,6	28,2	30,8	31,2	33,0	33,2	33,0	32,2	33,0	32,0	30,4	29,6	29,2	28,6	28,1	28,0					
29	27,4	27,0	26,2	25,8	25,7	26,0	28,0	28,5	31,0	32,0	33,2	34,0	34,2	34,0	33,5	32,8	32,0	32,0	31,0	29,8	28,9	28,7	28,1	25,8					
30	25,0	24,7	24,2	24,7	24,8	25,0	27,2	26,0	27,0	28,0	29,0	29,8	30,8	31,0	31,2	31,0	30,9	30,0	28,6	28,2	27,0	26,6	26,1	25,3					

Ek 1 Mardin için saatlik hava sıcaklıkları (DMİGM) [°C] (devam)

TEMMUZ																								
	Saat																							
Gün	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	25,8	26,0	26,2	26,2	25,0	25,0	26,6	27,0	29,0	31,0	32,0	33,0	33,3	33,8	33,3	33,0	32,9	32,9	31,0	30,3	29,6	28,6	28,0	27,2
2	27,0	26,0	25,4	25,0	24,7	25,0	26,0	27,2	29,0	31,0	33,0	34,0	34,5	35,0	35,0	35,5	35,2	35,0	32,0	31,0	30,4	30,2	29,2	29,5
3	28,1	28,2	27,9	27,0	26,5	26,2	27,0	28,0	30,0	32,0	34,0	35,0	35,8	35,0	36,0	36,0	35,4	35,0	34,5	33,0	31,2	30,8	30,0	29,4
4	29,0	28,7	28,1	28,0	28,0	27,5	28,8	30,0	29,0	29,6	31,6	33,0	34,0	34,0	34,6	34,0	33,2	32,6	31,0	30,0	27,4	26,2	25,2	24,6
5	22,7	22,3	21,9	21,0	20,2	20,0	21,5	22,0	23,0	23,4	24,5	25,8	26,3	27,0	27,1	27,2	27,3	26,7	25,9	25,0	24,0	23,0	22,5	21,9
6	21,4	21,8	22,0	22,2	22,2	22,0	23,4	24,2	25,2	28,0	28,9	29,4	30,0	30,8	30,9	31,5	31,1	30,2	30,0	29,0	28,0	27,5	26,7	26,7
7	25,5	24,8	24,0	24,0	23,3	23,1	24,2	25,2	28,5	29,2	31,9	32,0	34,2	34,0	34,3	34,4	34,2	34,5	33,5	31,8	30,2	29,0	28,2	27,4
8	27,5	27,7	27,7	27,0	27,1	27,0	28,0	29,0	30,5	33,0	35,2	36,0	37,0	37,2	36,5	36,3	36,0	35,0	33,3	31,8	31,5	30,7	30,0	29,0
9	29,0	28,2	28,0	27,8	27,2	26,7	27,0	27,6	29,0	31,0	33,0	35,0	36,5	37,4	37,5	37,2	37,0	36,0	33,6	33,2	33,0	30,8	30,7	30,0
10	28,8	28,2	27,8	27,5	26,9	26,7	27,0	28,3	30,0	32,5	34,7	36,0	37,0	38,2	38,8	38,0	36,2	35,8	34,0	33,0	33,0	32,0	30,3	29,7
11	29,0	28,1	27,0	26,8	26,2	26,0	27,0	27,5	29,8	31,8	33,5	34,8	36,0	37,0	36,0	37,8	37,3	36,8	36,0	33,5	32,5	31,2	30,4	29,5
12	28,8	28,0	27,3	27,0	26,6	26,0	27,0	29,0	30,4	32,5	34,5	36,0	37,2	37,0	38,2	38,0	37,5	36,8	34,8	33,0	32,2	31,0	30,0	29,8
13	29,0	28,0	27,5	27,0	26,0	26,2	28,2	29,0	31,8	33,0	34,5	36,2	37,2	37,6	38,8	38,8	38,2	37,2	35,0	34,2	34,0	32,0	31,8	31,0
14	30,5	29,8	29,4	29,2	28,0	28,0	30,8	30,0	31,0	32,5	34,0	35,2	35,2	35,0	35,2	34,8	34,0	33,0	31,0	29,8	29,0	28,2	27,0	25,0
15	25,0	24,5	24,2	24,2	24,0	24,2	25,3	25,2	26,0	26,8	28,8	30,0	30,9	31,5	32,0	32,8	32,2	31,0	30,0	28,2	27,5	27,9	26,1	26,1
16	26,0	25,5	25,0	24,0	23,5	23,1	24,0	25,5	28,0	28,8	29,5	31,0	31,0	32,1	32,2	32,2	32,0	31,3	30,0	29,0	28,9	28,0	27,4	27,0
17	26,9	26,2	26,4	26,9	26,0	26,5	26,0	26,5	28,0	30,0	32,5	35,0	36,0	35,2	35,0	34,9	34,7	33,8	32,5	31,2	30,0	28,8	27,7	27,7
18	28,0	27,2	26,2	25,3	24,8	24,0	24,1	25,0	28,0	30,2	32,0	33,0	34,0	34,0	34,2	34,0	33,0	31,8	30,0	29,5	29,3	28,3	28,0	27,8
19	27,6	27,2	27,0	27,0	25,9	25,9	26,1	27,0	30,0	31,8	32,7	33,8	33,8	34,0	34,7	34,7	34,0	33,0	30,3	29,8	29,8	29,0	28,3	28,0
20	26,9	25,8	25,8	25,7	25,3	25,8	26,1	28,0	30,0	32,0	33,5	34,8	36,1	36,0	36,0	35,0	34,0	33,0	31,5	31,0	30,5	29,0	28,5	29,0
21	29,0	28,5	28,0	28,0	27,3	27,0	27,8	29,8	33,0	34,8	36,5	36,8	36,8	37,0	37,4	37,0	36,0	35,0	33,0	31,8	31,0	30,5	30,2	29,8
22	29,8	29,2	29,0	28,8	29,0	30,0	32,0	32,8	34,2	35,2	37,0	37,3	37,8	37,8	37,4	37,6	36,9	35,2	33,5	32,0	31,2	31,0	30,2	30,0
23	29,3	29,8	30,0	29,8	29,0	29,5	30,8	31,2	33,0	34,8	37,0	38,0	39,0	38,9	38,5	38,0	37,5	36,8	34,6	33,0	32,8	31,6	31,5	31,5
24	30,6	30,5	29,8	29,7	29,7	29,1	30,2	30,2	32,1	32,4	33,0	35,0	36,5	37,1	37,0	36,8	36,3	35,0	33,0	32,0	31,8	31,0	30,0	29,5
25	29,1	28,8	28,8	28,8	28,9	27,0	28,6	29,0	30,0	30,2	31,4	33,5	34,0	34,2	34,6	33,5	32,8	32,0	31,0	30,0	30,0	28,8	28,6	27,0
26	27,1	27,2	27,0	26,8	26,8	27,1	29,5	30,8	31,0	32,2	33,3	34,2	34,8	35,6	36,2	36,6	35,8	34,1	32,2	31,1	30,2	30,1	30,2	30,1
27	29,8	29,8	29,9	28,3	27,3	27,0	27,0	28,8	30,7	32,8	35,0	37,2	37,7	39,0	39,4	38,9	38,0	37,1	35,8	35,0	34,2	33,8	33,5	32,8
28	31,2	31,0	30,6	30,0	30,0	30,1	30,8	32,2	36,0	38,0	38,6	29,8	29,9	40,3	29,5	29,5	39,0	38,5	36,0	35,0	34,2	33,8	33,1	33,0
29	32,9	30,0	29,2	29,3	29,1	29,1	28,9	29,5	32,0	34,8	38,6	39,5	40,0	40,3	39,3	39,3	38,0	37,0	35,0	34,0	33,2	33,0	31,1	30,7
30	30,6	30,5	30,1	29,2	29,0	28,0	28,9	29,5	30,7	31,2	32,0	33,8	35,4	35,2	35,5	35,8	35,2	34,8	34,0	32,1	31,8	31,5	29,0	27,8
31	27,8	27,8	27,9	27,9	28,0	27,8	28,0	29,8	30,8	31,2	32,2	31,2	33,0	34,2	33,6	33,2	32,6	32,0	30,0	29,0	27,3	32,2	31,8	31,6

		AĞUSTOS																							
		Saat																							
Gün	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
1	25,2	25,6	25,2	25,0	24,8	24,3	25,0	27,0	29,0	30,0	30,6	31,8	32,7	33,2	34,0	33,2	32,8	32,0	30,5	29,0	28,2	28,2	28,0	27,0	
2	26,3	25,0	24,5	24,9	25,0	25,0	27,2	27,8	27,2	28,5	29,5	31,0	31,8	32,2	32,2	32,5	32,0	30,7	29,6	29,0	28,2	27,5	26,8	26,5	
3	26,8	26,9	27,0	25,2	24,7	25,0	25,8	27,3	29,2	30,0	31,0	32,2	31,5	31,5	32,0	32,1	31,0	29,4	27,2	27,2	27,7	27,0	27,0	27,0	
4	26,9	26,9	26,0	25,7	25,4	25,0	26,0	28,0	29,0	30,0	31,9	32,7	33,0	34,4	32,2	33,5	33,5	32,0	30,8	30,0	28,0	27,2	26,8	26,0	
5	25,2	26,0	26,8	26,7	26,5	27,0	28,0	28,0	30,0	31,2	32,5	33,7	34,4	35,0	35,0	34,0	33,7	33,0	31,0	30,5	30,0	29,7	28,6	28,3	
6	28,0	28,0	28,0	28,0	27,9	27,9	28,0	29,0	31,0	32,0	32,2	33,0	34,4	35,0	35,0	35,0	34,2	33,0	31,5	30,5	30,2	30,0	28,0	27,8	
7	27,2	27,8	27,9	27,9	25,0	25,0	26,0	28,5	28,0	28,0	29,0	30,0	32,2	35,0	34,0	34,0	34,0	33,5	32,0	31,0	30,2	28,5	26,5	24,0	
8	24,8	25,0	24,8	24,7	24,4	25,2	26,3	29,0	30,0	33,0	34,5	35,8	36,0	35,4	34,6	33,8	33,0	32,0	31,0	31,0	31,0	31,0	30,7	30,0	
9	29,0	28,2	27,8	27,2	27,0	28,8	29,0	30,0	32,0	35,0	36,3	37,4	38,0	38,0	38,7	38,5	38,0	37,0	35,2	35,0	35,0	34,0	33,5	33,0	
10	32,5	32,0	31,8	30,0	29,7	30,0	32,5	34,0	35,2	36,3	38,0	38,3	38,3	38,3	37,8	37,2	36,0	35,0	34,0	34,7	33,3	32,8	32,5	31,0	
11	28,2	27,0	26,8	26,0	26,2	25,5	26,0	26,4	27,0	30,0	32,0	34,4	35,2	32,8	25,0	28,5	30,0	31,2	30,0	28,0	28,9	27,0	28,2	29,0	
12	28,0	26,2	25,5	24,2	23,7	24,0	25,2	26,2	28,0	30,0	32,5	34,0	34,8	35,2	35,5	35,2	34,3	34,0	32,7	31,8	31,2	30,7	29,5	29,5	
13	28,2	28,3	28,3	27,8	28,0	26,5	26,5	28,0	30,0	33,0	34,2	35,0	36,0	36,5	36,5	36,5	36,0	35,0	32,8	32,7	32,1	31,8	30,9	30,0	
14	29,1	29,7	28,2	27,8	27,4	27,0	27,6	28,2	30,0	34,2	35,5	36,8	37,0	38,0	38,0	37,5	37,0	35,5	34,0	33,2	33,0	32,5	31,5	31,0	
15	30,0	30,0	29,5	29,2	28,8	28,2	28,9	30,0	32,0	35,0	37,0	38,2	37,0	37,0	37,5	37,0	35,0	33,7	32,5	32,2	33,0	32,0	31,7	31,5	
16	31,3	31,1	31,0	31,0	31,3	31,8	32,8	32,8	34,7	35,5	36,0	36,3	36,5	36,7	35,7	35,0	34,0	33,0	31,2	31,0	31,0	30,0	29,0	28,3	
17	28,7	27,0	27,8	27,7	27,4	27,0	29,1	31,2	32,5	32,5	34,0	35,0	35,8	36,0	36,0	36,0	34,0	33,0	31,0	30,7	30,1	29,9	28,8	28,5	
18	28,0	28,0	28,0	28,6	28,8	28,0	29,2	30,0	32,0	32,2	33,0	34,0	34,4	34,7	34,2	34,0	33,0	31,8	30,0	29,6	29,4	29,0	28,0	28,0	
19	27,4	28,5	28,5	28,0	28,8	29,0	31,3	33,8	33,0	33,5	35,0	36,0	36,5	36,3	36,0	35,8	34,0	32,7	30,8	30,3	30,0	30,0	29,0	29,0	
20	29,3	30,0	30,0	30,0	29,4	29,0	29,2	30,0	33,0	35,0	36,2	37,0	37,0	37,5	37,0	36,0	35,0	34,0	32,7	32,0	31,4	31,0	30,5	29,8	
21	28,8	28,2	28,0	28,0	28,2	28,0	28,0	29,0	29,0	30,0	31,0	32,0	32,0	32,3	32,0	32,0	31,0	30,0	28,2	27,8	27,5	28,0	27,5	27,0	
22	26,0	25,7	25,0	25,0	25,0	23,8	24,0	26,0	27,0	29,2	31,5	33,0	33,2	34,0	34,0	33,0	32,0	31,0	29,5	29,0	28,5	28,0	27,0	27,0	
23	26,8	26,2	26,7	26,8	25,2	25,0	26,0	27,0	29,0	32,2	33,8	34,0	35,7	36,0	35,2	35,0	33,5	32,5	31,0	30,2	30,0	29,5	28,8	28,4	
24	28,0	28,0	28,0	28,0	27,6	27,6	30,0	30,2	31,0	31,2	32,8	32,5	33,8	34,3	34,3	33,8	32,8	31,5	30,0	28,8	29,4	28,8	28,0	28,0	
25	27,4	27,2	26,8	26,0	26,8	26,8	26,5	28,2	29,0	29,0	29,0	30,5	31,2	32,0	31,8	31,5	30,5	29,4	27,5	27,0	26,5	25,6	25,0	24,2	
26	23,3	23,0	23,5	23,0	22,0	23,8	23,5	24,0	25,0	26,0	27,5	28,2	30,0	30,5	31,5	31,5	31,0	31,0	29,7	27,5	26,3	25,5	25,0	24,7	
27	23,8	23,5	23,0	23,0	22,8	23,0	22,7	25,2	27,0	28,8	29,7	30,0	31,0	32,2	32,5	31,0	30,5	30,0	28,0	27,5	26,2	26,0	25,2	25,0	
28	24,0	23,7	22,8	23,0	23,0	22,2	22,2	24,0	26,0	26,5	27,5	28,6	29,7	30,7	30,5	30,0	29,0	28,0	26,0	25,7	25,7	25,4	25,8	26,0	
29	25,8	25,7	25,0	24,2	24,0	23,6	23,9	24,4	27,0	29,0	31,0	32,0	32,8	33,0	34,0	34,0	33,5	31,8	31,0	29,5	29,0	27,8	27,1	26,4	
30	26,0	25,4	24,7	24,0	23,3	23,3	23,6	24,5	26,3	28,2	30,0	31,2	32,2	32,2	33,8	32,8	32,0	31,0	29,5	28,6	28,0	27,0	26,3	25,8	
31	24,3	24,0	23,2	23,0	23,2	22,8	23,2	23,1	23,3	25,1	27,0	31,0	31,8	30,8	29,6	29,7	30,0	29,7	28,6	28,28,3	28,0	28,0	28,0	28,0	

Ek 1 Mardin için saatlik hava sıcaklıkları (DMİGM) [°C] (devam)

EYLÜL																								
	Saat																							
Gün	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	28,0	28,0	27,0	26,8	26,7	26,5	26,9	29,0	31,3	32,0	33,0	33,2	33,0	32,7	32,8	32,2	31,0	30,0	29,0	28,3	27,5	27,0	26,8	25,7
2	25,3	24,1	23,0	21,3	21,3	19,0	20,8	22,8	24,6	25,5	28,1	29,0	29,0	29,5	30,0	29,8	29,0	27,8	27,0	26,2	25,2	25,2	25,0	24,6
3	24,3	23,7	23,0	23,0	21,5	21,2	22,0	23,2	25,0	26,2	27,5	28,8	29,2	29,4	28,6	28,8	28,4	27,5	26,5	25,2	25,2	24,2	23,7	22,8
4	22,4	22,0	19,3	18,8	18,0	18,0	20,0	21,5	22,0	23,2	25,0	25,8	26,8	27,0	26,8	26,2	26,8	26,0	24,5	23,8	22,7	22,0	20,8	20,0
5	19,0	18,5	18,2	17,7	16,8	16,8	16,0	16,8	20,2	22,2	23,0	24,0	25,0	25,2	25,0	24,7	23,8	23,0	22,0	20,7	20,8	18,8	17,7	17,2
6	17,0	16,1	15,7	15,3	15,1	15,0	16,5	18,0	20,0	21,7	23,5	25,2	26,8	27,0	27,0	27,0	26,0	25,0	23,8	23,2	23,5	22,0	21,0	20,7
7	20,0	19,3	19,5	20,0	19,0	20,0	21,6	22,6	24,1	25,8	29,0	30,0	31,0	31,4	31,0	30,5	28,8	27,0	26,0	24,8	24,2	24,7	24,6	24,5
8	24,1	24,0	23,1	23,0	22,2	21,9	21,8	24,0	26,0	28,0	29,8	31,0	32,0	31,3	31,7	31,0	30,0	28,5	27,4	27,0	26,5	25,4	25,2	25,0
9	24,0	23,8	23,7	23,3	23,0	22,0	23,2	24,8	26,8	28,0	28,8	29,0	28,0	27,7	28,0	27,5	26,7	26,0	25,0	24,4	25,4	24,2	24,1	24,6
10	24,8	24,7	24,0	24,0	24,5	24,6	26,3	28,7	30,0	30,6	30,9	31,0	31,1	31,0	31,0	30,2	29,3	27,5	25,5	25,5	25,0	23,5	23,0	22,0
11	21,8	21,7	21,7	21,0	19,8	19,8	21,0	21,5	23,0	25,0	26,7	27,2	29,0	29,0	28,8	28,5	27,0	25,7	24,6	24,2	24,2	23,0	22,3	22,3
12	22,1	21,7	21,0	20,6	20,0	19,6	20,0	20,8	24,0	25,0	28,0	28,0	29,3	29,5	30,0	29,0	28,0	26,6	25,4	24,7	24,0	23,8	23,8	22,8
13	22,1	22,0	21,0	21,0	20,6	20,3	21,0	22,0	24,0	27,0	29,0	30,0	30,5	30,3	30,7	30,5	29,6	27,5	26,7	26,0	25,2	25,0	24,4	24,0
14	23,0	22,8	22,5	22,0	21,8	21,0	21,7	24,0	26,0	28,5	29,0	31,0	31,9	31,7	31,2	31,0	30,0	28,4	27,2	27,0	26,2	25,0	25,7	25,0
15	25,0	25,0	25,0	25,0	25,2	25,2	26,0	28,0	30,0	30,5	31,8	31,0	30,8	30,8	30,7	29,8	28,0	26,8	26,0	25,6	25,0	24,4	24,0	23,6
16	23,9	23,5	23,2	23,0	22,1	22,2	23,0	26,0	27,0	28,0	29,0	30,0	30,0	30,0	30,3	29,7	28,0	26,8	25,4	25,0	25,0	24,5	24,8	24,0
17	23,5	23,0	23,0	23,0	22,8	22,8	23,6	27,0	28,5	29,2	30,0	31,0	31,8	32,0	31,8	31,2	30,0	28,4	28,0	27,0	27,0	26,0	26,0	26,0
18	25,8	25,9	25,7	25,2	25,2	25,4	25,5	26,2	28,0	30,0	32,0	33,0	32,0	31,8	33,0	32,5	30,5	29,5	28,6	28,0	28,0	27,2	26,5	26,1
19	26,0	26,0	25,6	25,2	24,4	24,0	24,3	25,2	27,0	28,3	30,8	32,2	32,5	32,6	32,4	32,2	31,5	29,6	29,0	27,8	27,6	27,0	26,9	26,0
20	25,8	26,0	24,2	24,0	23,3	23,3	24,0	25,0	27,0	30,0	31,4	31,7	32,0	31,6	32,0	32,0	31,6	30,3	28,5	27,8	27,0	26,0	25,8	25,6
21	25,0	26,0	25,0	24,3	23,8	23,0	24,2	25,2	27,0	29,3	30,3	31,0	31,5	31,8	32,0	31,0	30,0	28,2	26,8	26,5	26,6	25,0	25,0	24,5
22	23,8	24,0	24,0	24,3	24,6	24,2	25,0	25,7	26,8	27,0	27,7	29,3	30,0	30,4	30,7	30,2	29,0	27,5	27,0	27,0	25,8	25,6	24,0	23,2
23	23,2	23,0	23,0	22,5	22,0	21,6	22,6	23,5	25,0	26,0	26,4	26,8	27,9	27,8	27,8	26,6	25,5	24,2	23,0	22,5	21,6	21,5	21,0	20,5
24	20,0	19,8	19,7	19,3	19,0	19,0	18,6	20,0	22,0	23,0	25,0	25,8	26,0	26,0	25,0	24,2	23,7	22,8	22,0	21,8	21,6	21,0	20,7	20,0
25	19,1	19,0	19,0	19,0	18,8	18,8	19,5	20,5	21,0	22,0	23,0	24,0	25,0	25,0	24,8	24,0	23,0	21,8	21,2	21,0	20,5	20,0	19,4	18,9
26	18,2	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,7	20,0	20,0	22,0	23,0	24,0	25,2	25,0	25,0	24,5	23,5	22,0	21,7	21,2	21,0	20,5	20,3	20,0
27	20,0	20,0	20,0	19,9	19,5	19,5	19,8	21,5	24,0	24,5	25,3	26,8	27,0	27,0	27,0	26,8	25,4	23,7	22,6	22,4	22,1	21,7	21,2	20,7
28	20,0	19,3	19,3	19,3	19,2	19,3	21,2	23,0	23,5	23,5	25,0	26,0	26,2	27,0	26,3	26,0	25,2	23,5	22,0	21,0	21,0	21,0	20,3	20,0
29	19,9	19,8	19,0	18,8	18,0	18,0	19,0	19,7	21,5	22,5	23,2	23,0	24,8	23,4	24,8	24,0	23,0	21,8	19,4	19,0	16,8	12,4	12,0	14,0
30	14,8	14,0	13,3	14,0	14,0	14,0	15,3	15,8	17,5	18,2	19,7	20,0	21,0	21,7	21,5	21,0	20,0	19,0	18,3	18,0	17,7	17,5	17,2	17,0

Ek 1 Mardin için saatlik hava sıcaklıkları (DMİGM) [°C] (devam)

KASIM																									
	Saat																								
Gün	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
1	7,8	7,0	6,8	6,3	6,2	6,0	5,5	5,7	7,0	9,0	10,0	11,5	12,8	13,8	14,0	14,0	12,0	10,6	9,8	9,2	9,4	9,0	8,7	8,6	
2	7,8	7,3	7,4	7,5	7,8	7,8	7,8	10,0	12,0	12,5	14,1	14,0	14,0	14,3	12,8	12,3	11,8	11,0	10,4	10,0	10,0	9,4	9,3	9,1	
3	9,2	9,3	9,9	9,4	9,3	9,6	9,5	10,0	12,9	14,0	14,8	14,3	15,4	15,8	15,9	14,8	13,2	12,8	12,3	11,0	10,8	10,9	10,2	10,0	
4	10,2	10,8	11,0	10,9	10,5	10,2	10,8	12,0	14,2	15,0	16,0	17,0	17,4	17,4	16,8	16,0	15,4	14,7	14,6	14,0	11,4	10,8	10,4	11,0	
5	11,4	11,0	10,8	10,0	9,2	9,0	8,2	7,0	6,6	6,1	9,8	9,1	9,8	10,5	9,6	9,0	7,8	7,4	7,1	7,0	7,2	6,8	6,1	6,1	
6	6,8	7,0	7,0	8,0	8,3	8,0	7,6	10,0	10,2	11,0	12,0	12,2	12,6	13,2	12,7	12,2	11,1	10,7	10,0	9,8	9,6	9,5	9,0	9,1	
7	9,1	9,1	9,4	9,3	9,2	8,5	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	8,8	9,0	10,6	10,0	9,6	9,9	9,6	9,2	9,2	9,2	9,2	9,0	9,0	
8	8,4	8,3	8,6	8,6	8,0	8,0	8,0	7,8	7,7	8,0	10,7	11,4	12,0	13,7	14,8	14,8	14,3	13,5	12,0	11,3	10,3	9,3	8,6	8,0	
9	7,2	7,2	7,4	7,2	7,5	8,5	7,4	7,3	9,0	10,2	13,0	14,8	14,0	13,7	14,9	13,8	12,8	11,8	11,1	11,0	11,3	10,6	10,2	10,0	
10	9,2	8,7	8,5	8,3	8,0	8,1	8,4	8,8	10,0	11,0	13,0	13,3	15,2	15,8	15,3	14,8	13,3	12,2	12,2	12,0	12,0	12,5	11,1	10,7	
11	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,1	10,0	10,0	13,2	13,9	15,0	14,8	15,0	15,7	15,1	15,0	14,0	12,0	10,7	10,4	10,4	10,0	9,0	8,9	
12	8,4	8,1	7,5	7,2	7,0	8,0	8,3	9,2	10,1	13,5	14,0	15,0	15,7	16,0	15,0	14,8	13,0	12,0	10,8	10,0	9,6	9,7	9,3	9,1	
13	8,9	8,2	8,0	8,3	9,0	8,9	8,4	8,8	11,5	12,8	13,4	14,2	15,0	14,0	13,8	13,2	12,0	11,0	10,0	10,0	10,4	9,9	9,8	9,5	
14	9,2	9,4	9,9	9,4	9,2	9,0	9,2	9,3	12,0	12,2	14,0	14,8	15,1	14,8	14,8	14,0	13,7	11,4	11,0	10,5	10,6	10,0	9,8	9,6	
15	9,4	9,2	9,4	9,3	9,4	9,4	9,5	11,0	11,1	14,0	15,8	15,7	16,0	15,4	15,0	14,4	11,2	10,9	10,9	10,7	11,0	10,5	10,7	10,0	
16	10,2	10,0	10,0	9,9	9,0	9,4	8,7	9,0	12,0	12,3	12,7	12,8	13,0	14,4	13,0	12,2	10,3	9,8	9,2	9,0	9,6	8,8	8,5	8,4	
17	8,4	8,4	8,4	8,7	8,6	8,4	8,6	9,0	11,0	12,4	13,5	13,3	14,0	15,0	13,3	13,0	11,0	10,2	9,3	9,3	9,6	9,0	8,0	8,2	
18	7,8	7,5	7,8	7,4	6,2	6,2	7,2	7,5	10,3	11,0	10,6	12,0	13,0	12,8	11,0	10,4	10,0	10,0	9,3	9,2	9,4	8,7	8,0	7,4	
19	6,3	6,5	6,8	6,9	6,8	6,9	7,0	7,0	8,2	9,0	10,0	9,2	9,7	9,7	9,7	9,7	9,8	9,0	8,6	8,0	8,3	8,0	8,1	8,5	
20	8,5	8,5	8,4	8,4	8,4	8,5	9,3	8,2	8,0	7,8	7,0	6,6	7,0	7,7	8,6	8,7	8,8	9,0	9,0	9,0	9,2	9,0	9,0	9,0	
21	8,6	8,3	8,3	8,5	8,0	8,1	7,6	6,8	7,0	7,0	6,6	6,6	6,8	6,8	7,0	7,0	7,0	7,0	6,0	7,0	7,0	6,8	6,4	6,4	
22	6,2	6,2	6,4	6,4	6,2	6,4	5,0	5,4	6,0	7,0	7,4	7,2	7,6	7,8	7,0	5,0	4,6	5,0	5,0	4,8	5,0	4,4	4,0	3,2	
23	3,4	3,2	3,0	3,0	2,0	2,8	2,0	3,0	2,0	3,0	5,0	5,4	6,0	6,0	6,0	6,0	5,0	4,2	4,4	4,2	4,3	4,5	4,3	4,1	
24	4,2	5,0	6,0	4,8	3,8	5,0	6,0	6,0	7,0	7,2	8,0	9,0	9,4	10,2	10,2	10,0	9,6	9,2	9,2	9,0	7,4	8,0	10,0	8,0	
25	8,6	8,8	9,2	9,0	8,4	8,4	8,6	12,0	13,0	13,8	13,2	14,0	14,0	13,8	13,0	12,0	11,8	12,0	12,2	12,0	11,0	11,0	10,2	10,6	
26	10,4	11,4	11,4	11,6	10,2	10,2	10,7	11,0	14,0	16,0	14,4	14,4	15,0	15,0	15,0	14,0	14,0	13,0	14,0	13,4	14,0	14,0	14,4	14,4	
27	12,2	13,0	14,2	13,0	12,0	14,8	14,8	14,0	16,0	15,4	17,0	18,0	17,6	18,0	18,6	17,0	15,0	15,4	16,0	16,0	16,7	18,0	17,0	17,0	
28	16,4	16,0	16,0	15,0	15,6	16,0	15,8	16,5	22,0	22,0	22,4	22,4	22,0	20,6	19,4	19,0	18,0	18,0	17,0	16,0	15,8	15,0	14,6	14,0	
29	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,4	15,0	16,0	17,3	17,5	19,6	18,0	18,0	16,3	16,0	16,0	15,7	15,4	15,0	15,3	14,2	14,3	14,2	
30	13,8	13,6	13,0	12,7	12,5	12,5	12,9	13,8	15,8	16,2	17,0	17,2	17,7	18,0	18,0	18,0	17,5	14,0	13,0	12,9	13,0	11,0	10,7	10,5	

Ek 1 Mardin için saatlik hava sıcaklıkları (DMİGM) [°C] (devam)

		ARALIK																							
		Saat																							
Gün	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
1	10,0	10,0	9,7	9,4	9,5	9,0	10,0	11,0	12,0	12,1	13,8	14,4	15,0	16,0	14,7	13,5	12,6	11,8	11,0	11,0	11,6	11,0	10,2	11,0	
2	9,2	9,2	8,9	9,3	11,0	10,5	11,2	11,0	13,0	14,4	16,1	16,3	17,2	18,0	17,5	16,5	16,0	16,0	15,8	15,2	15,2	15,0	14,8	15,1	
3	15,4	15,3	14,0	13,7	13,4	13,2	13,0	13,5	14,8	15,9	15,6	15,8	15,4	15,5	15,2	14,1	14,0	13,8	15,0	14,2	15,0	15,0	15,0	14,5	
4	14,1	14,4	14,0	14,1	14,1	14,2	14,3	15,2	17,0	18,2	19,0	19,7	20,0	20,2	19,6	18,5	16,6	15,8	15,0	15,0	14,8	14,8	14,6	14,6	
5	14,1	13,8	13,0	12,8	12,2	12,0	12,0	13,0	14,0	15,0	16,2	16,8	16,8	17,0	15,6	14,6	13,0	13,0	12,8	12,8	13,0	12,4	12,0	12,0	
6	12,0	12,0	12,8	12,8	12,6	11,6	11,8	12,6	14,0	15,0	16,6	18,0	18,0	18,4	18,4	16,4	14,0	14,0	13,8	13,4	13,6	13,0	13,0	12,4	
7	12,0	12,0	11,8	11,6	11,4	11,0	12,2	13,4	16,0	17,0	18,2	19,0	19,2	19,7	19,0	18,0	17,0	14,0	14,0	14,0	14,6	14,0	13,8	14,0	
8	13,4	13,4	13,4	13,6	13,6	14,0	15,0	14,4	15,0	16,0	18,0	19,4	19,6	19,8	19,0	18,0	15,0	14,4	14,0	14,0	14,8	14,2	13,8	13,4	
9	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	12,0	13,0	15,0	18,0	18,4	19,6	19,8	20,3	19,0	18,8	17,0	15,0	15,0	14,8	14,8	14,0	13,8	13,6	
10	14,0	14,0	14,0	14,2	14,0	14,0	13,5	14,0	16,0	18,0	19,2	19,4	19,4	19,1	18,0	17,4	16,4	15,4	15,6	15,6	15,5	15,0	15,0	14,8	
11	14,8	14,8	14,8	14,2	14,4	14,6	14,8	15,2	15,8	18,0	17,8	16,8	17,4	17,8	17,6	16,0	15,8	15,0	14,8	14,8	14,5	14,0	13,0	13,0	
12	12,4	12,0	12,0	11,4	11,2	11,4	11,8	10,0	11,0	12,0	14,0	15,0	16,3	16,8	14,0	12,2	10,4	10,4	11,8	11,0	11,0	11,5	10,5	10,3	
13	11,0	11,0	10,4	10,3	9,8	10,0	10,0	11,0	13,5	14,8	16,0	16,5	17,0	17,6	16,2	15,0	12,7	12,0	11,6	11,2	11,6	11,6	11,3	11,0	
14	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	12,5	15,0	15,5	16,2	17,0	17,2	17,2	16,0	15,0	13,0	12,5	12,3	12,2	12,0	11,5	11,1	10,5	
15	10,3	10,5	10,4	10,3	10,3	10,3	10,2	11,0	11,4	12,2	12,8	12,0	11,4	10,7	11,0	11,0	11,2	8,0	8,2	7,8	8,0	8,0	8,0	8,0	
16	8,2	8,0	7,7	7,3	7,0	7,0	7,0	6,9	6,2	6,2	6,5	6,5	7,9	8,2	7,8	7,4	7,0	6,3	6,2	6,2	6,4	6,3	6,4	6,5	
17	6,5	6,0	5,7	5,5	5,3	5,2	5,4	5,4	5,4	5,7	5,9	6,0	6,0	6,2	6,7	6,8	6,9	6,9	6,9	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	
18	6,8	6,8	6,6	6,3	6,2	6,2	6,3	6,2	6,5	6,8	9,5	10,0	10,0	10,8	10,0	9,0	8,3	8,2	8,2	8,0	8,0	7,3	7,2	7,0	
19	7,0	7,0	7,0	7,0	6,5	6,3	6,5	7,0	7,5	7,6	7,6	8,0	8,5	9,0	9,0	9,0	8,6	8,3	8,0	8,2	8,0	8,0	8,0	8,0	
20	8,0	8,0	7,4	7,8	7,9	7,5	7,0	6,4	6,4	6,4	7,0	7,0	7,8	8,0	7,5	7,3	7,3	7,0	6,8	6,4	6,4	6,2	6,5	7,0	
21	7,0	6,8	6,3	6,0	6,0	6,0	6,2	6,2	7,5	8,0	7,2	7,5	7,7	8,0	7,0	7,0	7,0	7,0	6,5	6,5	6,8	6,2	6,0	6,0	
22	5,4	5,8	5,1	5,2	6,0	5,8	5,8	5,5	6,5	7,3	7,9	7,0	6,8	6,8	6,9	7,0	6,4	6,0	5,8	5,8	6,2	6,0	5,9	5,7	
23	5,5	5,3	5,3	5,0	4,0	3,8	4,2	4,2	4,5	4,4	4,0	4,0	3,0	3,2	3,2	3,5	3,6	3,7	3,7	3,7	3,2	3,2	3,0	3,0	
24	2,8	2,0	1,9	1,0	0,8	0,4	0,4	0,5	1,0	1,0	1,4	1,7	1,5	1,5	1,9	1,7	2,0	2,0	2,2	2,3	2,5	2,5	2,0	1,8	
25	1,4	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,2	1,0	0,2	0,0	0,0	0,0	-0,2	0,0	0,5	0,7	0,8	0,7	0,6	0,5	0,2	0,0	0,0	-0,2	
26	-0,7	-1,0	-1,1	-1,3	-1,8	-1,8	-2,5	-2,8	-2,0	-1,0	-0,6	0,0	0,4	1,2	1,0	0,0	-1,0	-1,4	-1,7	-1,5	-1,0	-1,7	-1,6	-1,4	
27	-1,6	-1,9	-2,0	-2,0	-2,0	-2,0	-1,2	-1,0	0,0	1,1	2,2	1,2	1,0	1,4	1,5	1,0	0,0	-0,9	-1,2	-1,1	-1,0	-1,1	-2,0	-2,7	
28	-2,7	-2,7	-3,0	-2,7	-3,2	-3,0	-2,6	-2,4	-1,0	0,0	1,2	2,2	2,8	3,0	2,2	2,0	0,0	-0,4	-0,4	-0,6	0,0	-0,8	0,0	0,0	
29	0,0	0,0	0,1	1,0	0,6	1,0	1,8	2,8	3,0	3,2	4,0	4,0	4,0	4,3	4,1	3,6	2,2	1,8	2,6	3,8	3,8	2,8	2,8	2,4	
30	3,0	3,4	4,0	2,6	1,8	2,2	1,6	1,0	2,0	4,4	4,6	5,4	6,8	7,0	6,0	5,0	4,4	4,4	3,9	3,8	3,4	3,2	3,0	3,0	
31	3,0	4,0	5,0	5,4	6,0	6,0	6,3	5,8	6,0	7,0	6,4	7,0	6,7	7,5	6,6	6,2	5,0	5,0	6,0	6,0	5,7	5,8	5,8	5,5	

Ek 2 Diyarbakır için saatlik güneş ışıması değerleri (DMİGM) [cal/cm².h]

15 MAYIS - 14 HAZİRAN																								
Gün	Saat																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
15	0,0	0,0	0,0	0,0	6,6	22,8	41,4	55,8	66,6	65,4	70,8	78,0	53,4	57,0	35,4	9,0	7,2	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16	0,0	0,0	0,0	0,2	8,4	24,0	42,0	57,0	66,6	73,2	77,4	78,6	68,4	55,2	48,0	32,4	19,8	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17	0,0	0,0	0,0	0,0	4,2	18,0	24,6	28,8	57,0	64,2	51,0	16,2	49,8	58,2	42,6	19,2	19,2	14,4	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18	0,0	0,0	0,0	0,0	5,4	20,4	39,6	55,8	67,2	74,4	79,2	81,6	79,2	60,0	64,8	33,0	18,6	6,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19	0,0	0,0	0,0	0,1	6,6	22,2	40,8	55,8	66,0	73,8	79,2	80,4	77,4	63,6	59,4	45,0	22,8	5,4	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	16,2	34,2	50,4	61,8	71,4	76,8	79,2	78,0	72,0	61,2	47,4	31,8	13,8	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
21	0,0	0,0	0,0	0,0	5,4	19,2	36,6	52,2	63,0	70,2	75,6	74,4	70,8	61,8	41,4	33,0	22,8	4,8	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22	0,0	0,0	0,0	0,3	6,6	20,4	37,8	53,4	65,4	72,6	76,2	76,2	72,0	62,4	50,4	36,6	18,6	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	17,4	36,6	54,0	58,2	54,6	68,4	73,2	64,8	60,0	40,8	36,6	21,6	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
24	0,0	0,0	0,0	0,0	4,1	19,2	35,4	48,0	43,8	51,6	72,6	59,4	55,2	39,6	42,6	40,8	24,0	8,4	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
25	0,0	0,0	0,0	0,0	4,8	18,0	36,0	51,0	62,4	69,6	55,2	45,6	66,0	48,0	49,8	36,0	12,0	4,8	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
26	0,0	0,0	0,0	0,3	7,8	23,4	41,4	55,2	64,2	72,0	75,6	75,0	71,4	65,4	55,8	42,0	19,2	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
27	0,0	0,0	0,0	0,3	8,4	24,0	40,8	54,0	64,8	59,4	52,2	52,2	49,2	52,8	42,6	20,4	6,0	3,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
28	0,0	0,0	0,0	0,0	6,6	23,4	40,2	52,2	62,4	69,6	72,6	58,8	65,4	57,0	42,0	25,2	8,4	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
29	0,0	0,0	0,0	0,0	5,4	20,4	37,8	49,8	61,2	70,2	75,0	76,2	74,4	70,8	61,2	43,8	27,6	10,8	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30	0,0	0,0	0,0	0,3	4,8	16,8	27,0	7,8	11,4	20,4	38,4	56,4	75,0	41,4	9,0	10,8	18,6	13,2	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
31	0,0	0,0	0,0	0,6	8,4	23,4	39,6	54,6	66,6	73,8	76,8	57,0	53,4	54,6	45,6	30,6	20,4	6,6	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1	0,0	0,0	0,0	0,3	5,4	13,8	27,0	39,6	21,0	58,8	63,6	52,2	52,8	54,0	24,6	20,4	9,6	6,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,0	0,0	0,0	0,1	4,8	21,0	33,6	51,0	63,6	74,4	75,6	67,8	64,8	49,2	25,8	28,2	10,8	2,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	0,0	0,0	0,0	0,6	9,0	25,8	42,6	57,0	66,6	70,8	66,0	52,2	47,4	46,2	33,0	37,2	16,2	3,6	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	21,6	38,4	56,4	54,6	61,2	57,6	4,2	9,0	27,6	30,0	5,4	3,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	9,0	12,0	13,8	34,2	28,8	56,4	60,6	52,8	49,8	37,8	22,2	10,8	4,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	0,0	0,0	0,0	0,1	7,2	24,0	39,6	57,6	68,4	75,6	79,8	80,4	76,2	69,6	62,4	50,4	33,6	15,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	0,0	0,0	0,0	0,2	9,0	26,4	44,4	58,8	68,4	73,8	78,0	78,6	74,4	69,0	61,2	48,6	34,8	15,6	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	0,0	0,0	0,0	0,6	9,6	25,8	43,8	59,4	68,4	73,2	76,8	76,8	72,6	66,6	52,2	45,0	25,8	11,4	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0,0	0,0	0,0	0,3	10,8	27,6	45,0	58,2	67,2	73,2	76,2	75,0	70,8	64,8	55,8	43,2	23,4	6,6	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	0,0	0,0	0,0	0,0	4,8	21,0	38,4	58,2	63,0	70,8	75,0	76,2	72,0	63,6	57,0	45,6	18,0	12,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	0,0	0,0	0,0	0,3	7,8	24,0	40,2	52,8	63,0	69,6	70,2	73,8	70,2	64,8	57,6	45,6	28,8	10,8	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	0,0	0,0	0,0	0,2	8,4	24,6	42,6	57,6	67,2	72,6	76,2	75,6	71,4	50,4	47,4	41,4	23,4	5,4	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13	0,0	0,0	0,0	0,0	6,6	23,4	41,4	55,8	65,4	71,4	75,0	52,8	55,8	52,8	44,4	38,4	15,6	3,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	0,0	0,0	0,0	0,0	6,6	22,8	40,8	55,8	66,0	71,4	73,8	70,2	64,8	56,4	43,8	28,8	12,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Ek 2 Diyarbakır için saatlik güneş ışınlımı değerleri (DMİGM) [cal/cm².h] (devam)

15 HAZİRAN - 15 TEMMUZ																									
	Saat																								
Gün	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
15	0,0	0,0	0,0	0,1	6,0	19,2	35,4	50,4	62,4	68,4	66,0	70,8	52,8	50,4	51,0	39,0	23,4	9,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
16	0,0	0,0	0,0	0,2	8,4	24,6	40,8	55,8	67,2	73,8	77,4	76,8	72,0	66,0	58,8	46,8	30,0	12,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
17	0,0	0,0	0,0	0,0	7,2	23,4	42,0	57,6	67,8	73,8	76,8	78,0	75,0	69,6	48,0	39,0	34,2	13,8	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
18	0,0	0,0	0,0	0,1	6,6	22,8	42,0	57,6	68,4	73,8	76,8	77,4	74,4	69,6	62,4	51,0	36,0	18,0	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
19	0,0	0,0	0,0	0,2	9,0	27,0	45,6	61,2	72,6	79,2	82,2	83,4	80,4	73,8	56,4	45,6	30,6	12,6	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
20	0,0	0,0	0,0	0,1	4,8	19,8	42,6	55,8	55,8	60,6	60,6	70,8	74,4	63,0	48,6	40,2	26,4	15,6	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
21	0,0	0,0	0,0	0,1	9,6	28,2	46,2	60,6	72,0	79,8	84,6	85,2	81,0	72,6	60,6	46,2	30,0	12,6	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
22	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5	22,2	43,2	41,4	57,0	70,2	84,0	84,6	81,0	70,2	61,2	47,4	31,8	13,8	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
23	0,0	0,0	0,0	0,0	4,8	19,2	37,8	54,6	67,8	76,8	82,8	85,8	85,2	79,2	69,6	56,4	40,8	23,4	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
24	0,0	0,0	0,0	0,2	9,0	27,0	45,6	61,2	73,2	80,4	83,4	84,0	81,0	73,8	63,0	48,6	32,4	13,8	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
25	0,0	0,0	0,0	0,3	10,2	28,8	46,8	61,2	71,4	77,4	79,2	79,8	77,4	69,0	57,6	44,4	28,8	11,4	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
26	0,0	0,0	0,0	0,1	7,8	24,0	42,0	57,6	69,0	77,4	80,4	81,6	79,8	73,2	55,2	37,2	22,2	11,4	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
27	0,0	0,0	0,0	0,2	8,4	25,2	43,2	58,2	60,6	76,2	79,8	80,4	77,4	48,6	55,8	42,6	23,4	11,4	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
28	0,0	0,0	0,0	0,1	7,8	24,0	41,4	56,4	67,2	74,4	79,2	79,8	76,2	69,6	56,4	42,6	31,2	13,8	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
29	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	12,0	24,6	42,6	59,4	67,8	75,0	66,6	73,8	54,0	43,8	42,0	15,0	6,0	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
30	0,0	0,0	0,0	0,0	5,4	19,8	37,2	52,2	65,4	74,4	78,6	80,4	78,6	65,4	46,8	30,6	24,6	13,2	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
1	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	21,6	39,6	55,2	66,6	74,4	79,2	80,4	78,0	69,6	57,6	44,4	29,4	12,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
2	0,0	0,0	0,0	0,2	6,6	22,2	40,2	55,2	65,4	71,4	75,6	76,8	73,8	66,6	49,8	24,0	12,6	6,6	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
3	0,0	0,0	0,0	0,0	6,6	21,6	39,6	55,2	66,0	71,4	75,0	77,4	76,2	60,0	46,8	30,0	18,6	9,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
4	0,0	0,0	0,0	0,0	4,8	15,0	27,0	42,0	56,4	66,0	70,8	49,2	54,6	63,0	49,2	43,8	27,0	10,8	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
5	0,0	0,0	0,0	0,1	7,8	24,6	42,0	57,0	67,8	73,2	76,8	79,2	61,2	51,0	51,0	33,0	19,8	1,2	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
6	0,0	0,0	0,0	0,1	6,6	21,0	39,0	55,2	65,4	72,0	76,2	78,6	58,8	63,0	57,0	41,4	26,4	13,2	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
7	0,0	0,0	0,0	0,3	9,0	25,8	43,2	58,2	67,8	73,8	76,8	77,4	74,4	66,6	55,2	41,4	25,2	9,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
8	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	21,0	37,2	52,8	64,2	70,2	73,2	75,6	74,4	68,4	57,6	45,0	30,0	12,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
9	0,0	0,0	0,0	0,1	6,0	21,6	39,6	55,2	66,0	72,0	75,0	77,4	76,2	68,4	56,4	43,8	28,8	12,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
10	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5	20,4	38,4	54,6	64,8	70,2	73,8	76,2	74,4	67,8	56,4	43,2	28,2	9,6	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
11	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	20,4	37,8	57,0	67,8	70,8	74,4	76,8	75,6	70,2	60,0	45,6	31,2	13,8	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
12	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	22,2	40,8	56,4	67,8	73,8	77,4	79,2	77,4	73,8	63,0	46,8	30,0	10,8	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
13	0,0	0,0	0,0	0,2	7,8	24,0	42,0	57,6	67,8	73,8	78,0	80,4	78,0	70,8	59,4	45,6	29,4	11,4	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
14	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	12,6	29,4	45,6	58,2	67,2	72,6	75,6	76,8	73,8	64,8	51,6	36,6	12,0	3,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
15	0,0	0,0	0,0	0,0	4,1	19,2	36,6	52,2	64,2	70,8	76,2	79,2	77,4	70,2	58,2	45,0	28,8	10,8	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	

Ek 2 Diyarbakır için saatlik güneş ışınlımı değerleri (DMİGM) [cal/cm².h] (devam)

16 TEMMUZ - 15 AĞUSTOS																								
Gün	Saat																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
16	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	17,4	34,2	49,8	61,2	67,8	73,2	76,2	74,4	67,8	57,0	43,2	27,0	12,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17	0,0	0,0	0,0	0,0	4,4	18,6	36,0	51,0	62,4	69,0	73,2	75,0	58,8	46,2	43,2	27,6	19,2	10,8	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18	0,0	0,0	0,0	0,0	5,4	20,4	39,0	55,2	66,0	72,0	75,0	77,4	76,2	67,8	58,8	45,6	30,6	13,2	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19	0,0	0,0	0,0	0,0	4,1	21,0	39,6	28,8	39,6	72,6	76,2	77,4	76,2	69,6	58,2	43,8	27,6	10,8	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20	0,0	0,0	0,0	0,0	6,6	22,8	41,4	55,8	64,8	70,2	73,2	76,2	73,8	65,4	54,0	39,0	21,6	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
21	0,0	0,0	0,0	0,0	5,4	20,4	38,4	53,4	64,2	69,6	72,6	75,0	73,2	66,0	54,0	39,6	23,4	7,8	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22	0,0	0,0	0,0	0,0	4,2	16,8	33,6	49,2	60,0	66,6	70,8	74,4	73,2	66,6	55,8	42,0	25,2	9,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	17,4	35,4	51,0	61,8	67,8	71,4	74,4	73,2	66,0	54,6	40,2	21,0	6,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
24	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	10,8	27,0	43,2	55,8	63,0	68,4	72,0	73,2	68,4	59,4	46,8	30,6	12,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
25	0,0	0,0	0,0	0,0	3,4	17,4	35,4	49,8	59,4	67,2	71,4	74,4	75,0	68,4	56,4	43,8	26,4	39,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
26	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	16,8	33,0	48,0	59,4	67,8	72,6	74,4	73,2	66,6	55,2	40,8	25,2	9,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
27	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	15,6	32,4	48,0	59,4	66,6	72,0	75,0	73,2	64,8	52,2	37,8	22,2	7,8	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
28	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	13,8	26,4	48,0	57,6	64,2	69,0	72,0	70,8	62,4	49,8	36,0	20,4	6,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
29	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	16,2	34,2	49,2	58,8	64,8	69,0	72,0	70,8	63,6	52,8	39,0	22,8	7,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5	16,8	33,6	48,0	58,8	64,8	69,0	71,4	67,2	61,2	50,4	34,8	18,0	5,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
31	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	17,4	33,6	45,6	57,6	65,4	69,6	73,8	73,8	67,8	57,0	43,2	27,6	10,8	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	23,4	42,6	52,2	61,8	66,6	73,2	75,6	64,8	61,2	49,8	30,0	16,2	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	18,0	34,8	48,0	58,8	65,4	69,0	67,2	56,4	58,8	42,6	21,6	10,2	4,2	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	15,0	31,8	45,6	57,0	59,4	58,8	71,4	57,0	57,0	43,2	9,6	6,0	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	15,0	32,4	45,0	56,4	48,0	60,0	62,4	45,6	34,8	28,2	11,4	4,2	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5	16,2	32,4	46,2	56,4	63,0	67,8	73,2	54,0	40,8	31,2	10,2	12,6	3,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	13,2	30,0	44,4	55,2	61,2	66,6	70,8	72,0	65,4	53,4	33,0	17,4	3,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5	17,4	33,0	46,2	55,2	63,0	67,8	70,2	66,0	39,0	33,6	21,6	13,2	7,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	17,4	35,4	48,6	57,0	62,4	66,6	70,2	69,6	61,2	49,2	34,8	18,0	4,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	16,2	33,6	48,6	57,6	63,0	67,2	71,4	72,0	64,8	52,2	37,8	22,2	7,2	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	13,2	31,8	45,6	54,6	60,6	65,4	70,2	66,0	44,4	36,6	27,6	13,8	4,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	14,4	31,2	43,2	54,6	61,8	66,6	71,4	70,8	63,0	51,6	31,2	21,0	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	15,0	28,8	43,2	55,2	60,6	65,4	69,6	70,2	63,6	52,2	39,0	22,2	6,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	29,4	46,2	45,6	54,6	60,6	65,4	69,6	69,6	63,6	52,8	37,8	20,4	6,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	16,8	34,2	48,6	56,4	61,8	66,6	71,4	70,2	62,4	51,0	36,0	17,4	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	15,6	34,2	48,0	55,8	62,4	67,8	72,6	72,6	64,8	52,2	36,6	18,6	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Ek 2 Diyarbakır için saatlik güneş ışınlımı değerleri (DMİGM) [cal/cm².h] (devam)

16 AĞUSTOS - 15 EYLÜL																								
	Saat																							
Gün	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
16	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	18,0	33,6	46,2	55,8	64,2	71,4	75,0	70,8	61,2	49,2	34,2	16,8	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	15,0	33,0	46,2	54,6	61,2	67,2	73,2	73,8	65,4	51,6	37,2	19,8	5,4	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	13,8	31,8	45,6	54,0	60,6	66,6	71,4	71,4	63,0	51,0	35,4	18,6	4,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	13,8	30,0	42,6	52,2	60,0	66,0	71,4	72,0	64,8	52,2	37,2	20,4	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	13,8	30,6	44,4	54,0	61,2	66,6	71,4	72,0	64,2	51,6	36,6	19,2	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
21	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	9,0	25,8	39,6	48,6	55,8	61,8	67,8	70,8	65,4	53,4	38,4	22,2	7,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	13,8	31,8	45,6	54,6	60,6	66,0	71,4	71,4	63,6	51,6	36,6	19,8	4,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	13,8	31,8	45,6	54,0	60,6	67,2	72,6	71,4	64,2	53,4	37,8	21,0	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
24	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	13,2	30,0	42,6	48,0	55,2	65,4	71,4	70,8	63,0	50,4	31,2	14,4	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
25	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	15,6	33,6	46,2	54,0	61,2	67,8	72,0	70,2	62,4	49,8	33,0	15,6	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
26	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	16,2	33,0	45,0	52,8	60,6	67,2	70,8	70,8	63,0	50,4	34,8	15,6	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
27	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	13,2	32,4	45,6	52,2	60,6	68,4	73,8	72,6	63,0	49,8	33,0	15,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
28	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	14,4	31,2	43,8	52,8	61,2	67,2	71,4	70,2	62,4	49,2	32,4	14,4	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
29	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	13,8	31,2	42,0	51,0	60,6	66,6	70,2	59,4	53,4	49,8	33,6	16,2	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	13,8	31,8	44,4	52,8	60,6	67,2	72,0	70,2	61,8	49,8	34,8	16,8	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
31	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	11,4	26,4	43,2	52,2	56,4	65,4	68,4	66,6	58,2	37,2	31,2	14,4	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	3,6	15,0	38,4	49,8	58,2	63,6	60,6	52,8	43,2	15,0	10,2	6,6	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	9,0	24,6	37,8	48,0	57,0	51,0	50,4	57,0	61,2	49,2	33,6	13,8	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	12,0	29,4	42,6	52,2	60,0	49,8	54,6	36,6	37,2	40,8	16,8	4,8	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	10,2	27,0	37,8	52,8	61,2	68,4	67,8	52,2	50,4	37,2	16,8	13,8	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	9,6	28,2	43,2	52,8	61,2	67,8	73,2	72,6	65,4	53,4	37,8	19,8	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	13,2	31,8	46,2	56,4	64,2	69,6	75,0	73,8	63,0	50,4	35,4	17,4	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	13,8	31,8	45,6	54,0	61,2	66,6	70,2	67,8	59,4	47,4	31,2	12,6	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	10,8	29,4	43,2	53,4	61,2	66,6	70,2	67,8	60,0	48,6	33,0	15,6	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	12,0	28,8	43,2	51,0	60,0	64,2	61,2	59,4	42,6	45,0	24,0	6,6	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	7,8	23,4	37,8	48,6	58,2	63,6	66,6	66,0	58,2	46,2	34,8	16,8	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	12,0	29,4	43,8	54,0	61,8	66,6	69,6	67,2	58,2	45,0	29,4	12,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	11,4	28,8	43,8	54,0	61,8	67,2	69,6	66,6	57,6	45,6	30,0	12,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	12,6	30,0	43,8	54,0	62,4	67,2	68,4	64,2	55,2	43,2	28,2	10,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,0	27,0	40,8	51,0	58,8	63,0	75,6	72,0	54,0	43,2	31,8	12,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	12,6	28,2	41,4	52,2	60,6	66,0	67,2	63,0	52,8	39,6	20,4	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Ek 3 Mardin için günlük güneşlenme süreleri (DMİGM)

15 MAYIS - 14 HAZİRAN																									
	Saat																								
Gün	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
15	0	0	0	0	0,4	0,8	1	1	1	1	1	1	1	0,9	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
16	0	0	0	0	0,7	1	1	1	1	1	1	1	0,8	0,9	0,6	0,5	1	0,3	0	0	0	0	0	0	
17	0	0	0	0	0,8	1	1	1	1	1	0,9	0,9	0,6	0,7	0,2	0	0,2	0,1	0	0	0	0	0	0	
18	0	0	0	0	0,7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,1	0	0	0	0	0	0	
19	0	0	0	0	0,3	0,7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,7	0	0	0	0	0	0	
20	0	0	0	0	0,9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9	0	0	0	0	0	0	0	
21	0	0	0	0	0,7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	
22	0	0	0	0	0	0,8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,5	0	0	0	0	0	0	
23	0	0	0	0	0,2	0,8	1	1	1	1	1	1	1	1	0,7	0,6	1	0	0	0	0	0	0	0	
24	0	0	0	0	0	0,4	0,1	0,9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,5	0	0	0	0	0	0	
25	0	0	0	0	0,9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,4	0	0	0	0	0	0	
26	0	0	0	0	0,6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,7	0	0	0	0	0	0	
27	0	0	0	0	0,8	1	1	1	1	1	1	0,7	1	1	1	1	1	0,4	0	0	0	0	0	0	
28	0	0	0	0	0,7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,5	0	0	0	0	0	0	
29	0	0	0	0	0,7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,6	0	0	0	0	0	0	
30	0	0	0	0	0,6	1	0,1	0,6	0	0,3	1	1	0,4	0,2	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	
31	0	0	0	0	0,8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,6	0	0	0	0	0	0	
1	0	0	0	0	0,8	0,6	0,7	1	0,7	0,8	1	0,9	1	0,8	1	1	1	0,4	0	0	0	0	0	0	
2	0	0	0	0	0,8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,5	0,9	0,7	0	0	0	0	0	0	
3	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0,8	0,9	1	1	0,8	1	0,6	0,3	0,1	0	0	0	0	0	0	
4	0	0	0	0	1	1	0,8	0,4	0,4	0	0,3	0,9	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	0	0	0	0	0	0	0,1	0,4	1	1	1	1	1	1	0,6	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	0	0	0	0	0,8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,7	0	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0,8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,7	0	0	0	0	0	0	
8	0	0	0	0	0,7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,7	0	0	0	0	0	0	
9	0	0	0	0	0,7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,7	0	0	0	0	0	0	
10	0	0	0	0	0,9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,6	0	0	0	0	0	0	
11	0	0	0	0	0,8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,7	0	0	0	0	0	0	
12	0	0	0	0	0,8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,7	0	0	0	0	0	0	
13	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,6	0	0	0	0	0	0	
14	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,6	0	0	0	0	0	0	

Ek 3 Mardin için günlük güneşlenme süreleri (DMİGM) (devam)

15 HAZİRAN - 15 TEMMUZ																									
	Saat																								
Gün	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
15	0	0	0	0	0	0,3	0,7	0,8	0,9	1	1	0,4	0	0	0	0,3	0,9	0	0	0	0	0	0	0	
16	0	0	0	0	0,8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,7	0	0	0	0	0	0	
17	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,6	0	0	0	0	0	0	
18	0	0	0	0	0,9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,6	0	0	0	0	0	0	
19	0	0	0	0	0,9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9	0,9	0,9	0,7	0	0	0	0	0	0	
20	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,4	0	0	0	0	0	0	
21	0	0	0	0	0,9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,7	0	0	0	0	0	0	
22	0	0	0	0	0,4	0,8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,6	0	0	0	0	0	0	
23	0	0	0	0	0,8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,6	0	0	0	0	0	0	
24	0	0	0	0	0,8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,7	0	0	0	0	0	0	
25	0	0	0	0	0,7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,8	0	0	0	0	0	0	
26	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0,8	0,7	0,5	0,6	0,9	0,4	0	0	0	0	0	0	
27	0	0	0	0	0,8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,4	0	0	0	0	0	0	
28	0	0	0	0	0,7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,8	0,8	1	0,6	0	0	0	0	0	0	
29	0	0	0	0	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9	0,4	1	0,7	0	0	0	0	0	0	
30	0	0	0	0	0,9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,5	0	0	0	0	0	0	
1	0	0	0	0	0,8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,6	0	0	0	0	0	0	
2	0	0	0	0	0,9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,6	0	0	0	0	0	0	
3	0	0	0	0	0,9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,5	0	0	0	0	0	0	
4	0	0	0	0	0,8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,6	0	0	0	0	0	0	
5	0	0	0	0	0,8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,7	0	0	0	0	0	0	
6	0	0	0	0	0,7	1	1	1	1	1	1	0,8	0,6	0,7	1	0,8	0,5	0,6	0	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,5	0	0	0	0	0	0	
8	0	0	0	0	0,8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,7	0	0	0	0	0	0	
9	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,5	0	0	0	0	0	0	
10	0	0	0	0	0,9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,6	0	0	0	0	0	0	
11	0	0	0	0	0,8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,6	0	0	0	0	0	0	
12	0	0	0	0	0,9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,6	0	0	0	0	0	0	
13	0	0	0	0	0,8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,6	0	0	0	0	0	0	
14	0	0	0	0	0,9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,5	0	0	0	0	0	0	
15	0	0	0	0	0,8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,7	0	0	0	0	0	0	

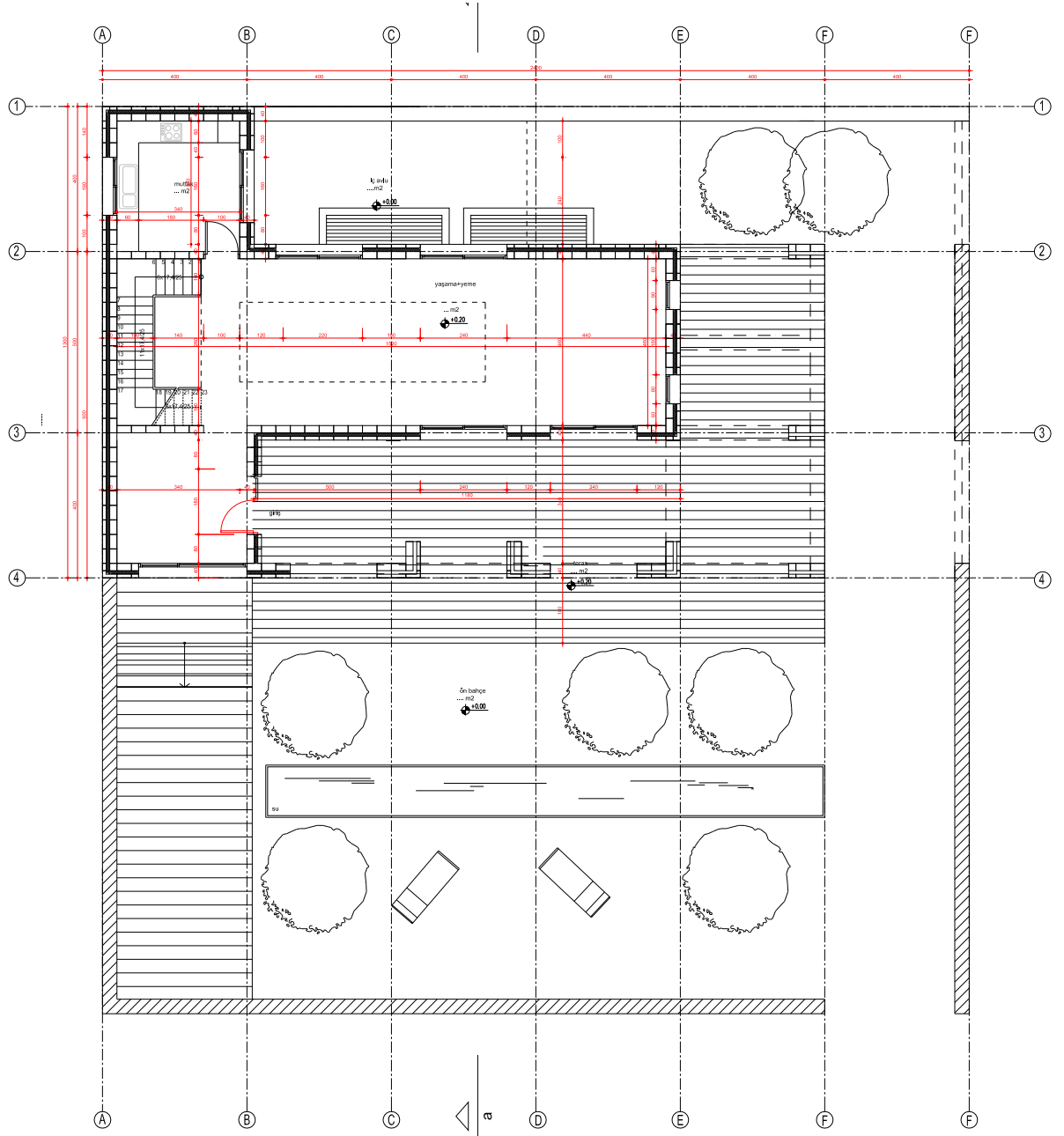
Ek 3 Mardin için günlük güneşlenme süreleri (DMİGM) (devam)

16 TEMMUZ - 15 AĞUSTOS																									
		Saat																							
Gün	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
16	0	0	0	0	0,8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,4	0	0	0	0	0	0	
17	0	0	0	0	0,3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,7	0	0	0	0	0	0	
18	0	0	0	0	0,8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,6	0	0	0	0	0	0	
19	0	0	0	0	0,8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,6	0	0	0	0	0	0	
20	0	0	0	0	0,8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,6	0	0	0	0	0	0	
21	0	0	0	0	0,8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,6	0	0	0	0	0	0	
22	0	0	0	0	0,8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,2	0	0	0	0	0	0	
23	0	0	0	0	0,6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,5	0	0	0	0	0	0	
24	0	0	0	0	0,6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,5	0	0	0	0	0	0	
25	0	0	0	0	0,6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,6	0	0	0	0	0	0	
26	0	0	0	0	0,7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,3	0	0	0	0	0	0	
27	0	0	0	0	0,2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,1	0	0	0	0	0	0	
28	0	0	0	0	0,3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,5	0	0	0	0	0	0	
29	0	0	0	0	0,3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,4	0	0	0	0	0	0	
30	0	0	0	0	0,4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,5	0	0	0	0	0	0	
31	0	0	0	0	0,6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,4	0	0	0	0	0	0	
1	0	0	0	0	0,4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,5	0	0	0	0	0	0	
2	0	0	0	0	0,2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,5	0,3	0	0	0	0	0	0	
3	0	0	0	0	0,2	1	1	1	1	1	1	0,7	0,4	0,3	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	0	0	0	0	0,3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,3	0	0	0	0	0	0	
5	0	0	0	0	0,3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,5	0,5	1	0,3	0	0	0	0	0	0	
6	0	0	0	0	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,2	0	0	0	0	0	0	
7	0	0	0	0	0,3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,3	0	0	0	0	0	0	
8	0	0	0	0	0,1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,5	0	0	0	0	0	0	
9	0	0	0	0	0,3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,3	0	0	0	0	0	0	
10	0	0	0	0	0	0,8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,8	0	0	0	0	0	0	0	
11	0	0	0	0	0	0,7	1	1	1	1	1	1	0,4	0	0	0,2	0,7	0	0	0	0	0	0	0	
12	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,3	0	0	0	0	0	0	
13	0	0	0	0	0,1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,3	0	0	0	0	0	0	
14	0	0	0	0	0,7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,5	0	0	0	0	0	0	0	
15	0	0	0	0	0,1	0,9	1	1	1	1	1	1	0,4	1	1	1	1	0,3	0	0	0	0	0	0	

Ek 3 Mardin için günlük güneşlenme süreleri (DMİGM) (devam)

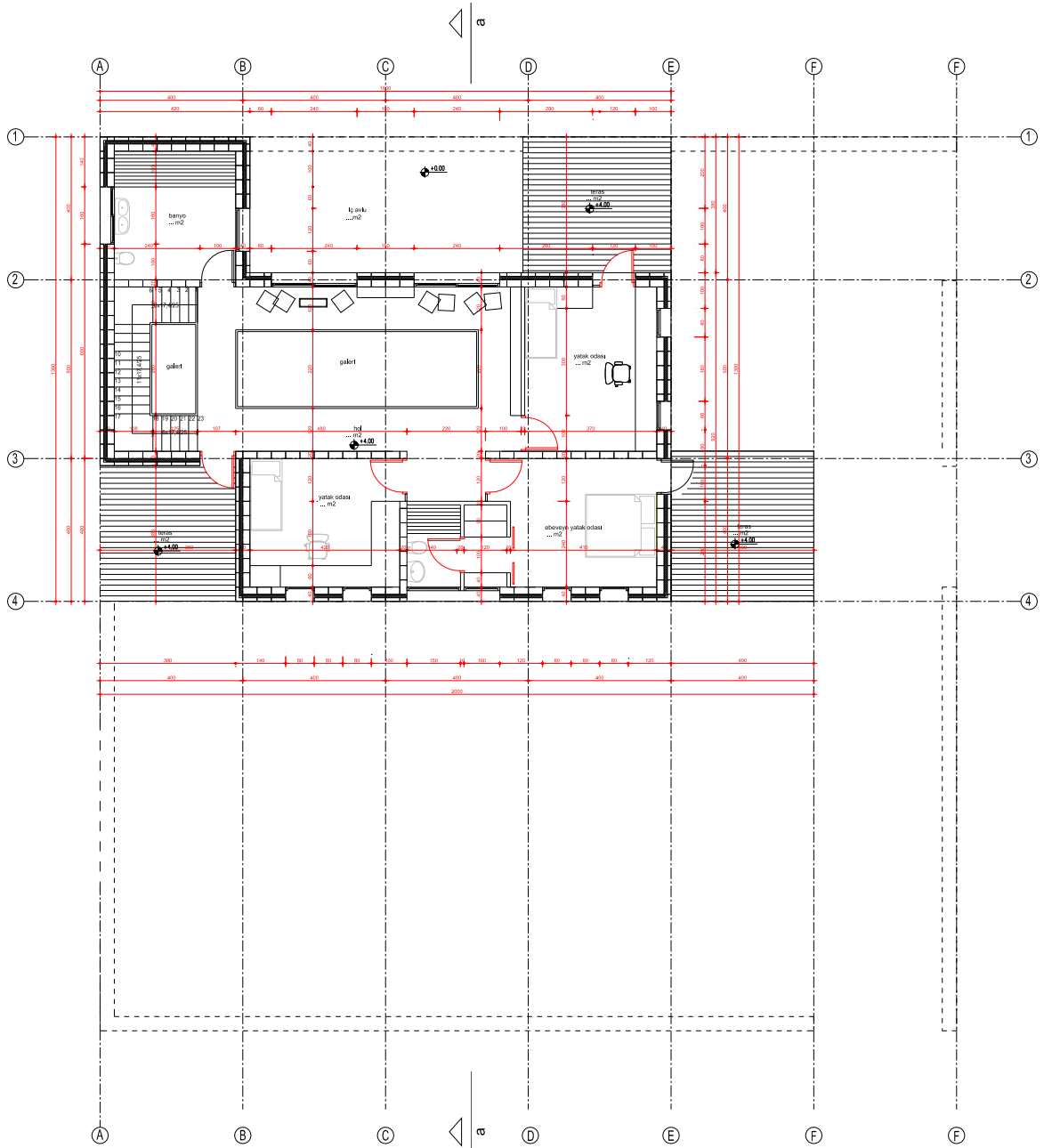
		16 AĞUSTOS - 15 EYLÜL																							
Gün	Saat																								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
16	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,3	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,3	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,3	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,3	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,3	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,2	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0,8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,4	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,2	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0,8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,4	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,2	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,2	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,2	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0,8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,3	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0,6	0,3	0,5	0,7	1	1	1	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0,8	0,6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,2	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,5	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0,6	1	1	1	1	1	1	1	0,8	0,9	1	0,5	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0,8	1	1	1	1	1	1	1	1	0,8	0,8	0,7	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0,8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,8	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0,7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0,8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,8	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,8	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0,9	1	1	1	1	1	0,5	0,1	0,2	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0,4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,5	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0,7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,8	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0,6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,7	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0,8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,5	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,7	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,5	0	0	0	0	0	0	0

Ek 4 Isıtma ve soğutma uygulaması yapılan konutun mimarî çizimi



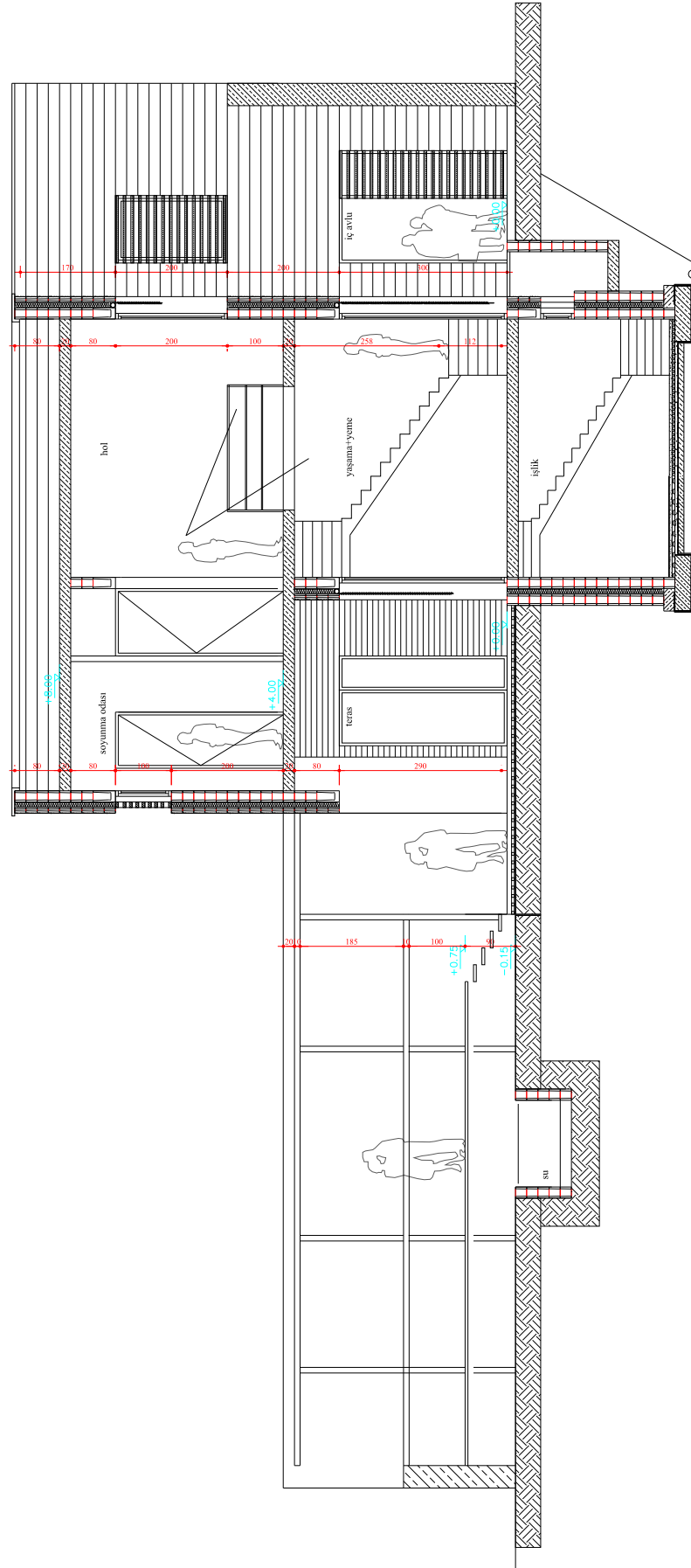
Zemin Kat

Ek 4 Isıtma ve soğutma uygulaması yapılan konutun mimarî çizimi (devam)



1. Kat

Ek 4 Isıtma ve soğutma uygulaması yapılan konutun mimarî çizimi (devam)



a - a kesiti

Ek 5 Binanın özgül ısı kaybı hesabı

BİNADAKİ YAPI ELEMANLARI			Yapı elemanının kalınlığı d (m)	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_h (W/mK)	$d/\lambda, 1/\alpha$ (m ² K/W)	Isı iletkenlik katsayısı U (W/m ² K)	Isı kaybedilen yüzey A m ²	Isı kaybı A x U (W/K)
DUVAR (dış havaya açık) DUVAR /	1/ α_i	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0.13			
		Blok tuğla	0,090	1,064	0,085			
	10.2.2.2	Yüzeyi düzgün (ciltli) levhalar	0,050	0,028	1,786			
		Blok tuğla	0,190	1,064	0,179			
	6.5	Alçı karton plâkalar (TS 452'ye uygun)	0,015	0,210	0,071			
	1/ α_d	Yüzeysel ısı iletim katsayısı dış)			0.04			
TOPLAM					2.29	0,436	383,06	167.01
DUVAR (toprağa temas eden) DUVAR /	1/ α_i	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0.17			
		Blok tuğla	0,090	1,064	0,085			
	10.2.2.2	Yüzeyi düzgün (ciltli) levhalar	0,050	0,028	1,786			
		Blok tuğla	0,190	1,064	0,179			
	6.5	Alçı karton plâkalar (TS 452'ye uygun)	0,015	0,210	0,071			
	1/ α_d	Yüzeysel ısı iletim katsayısı dış)						
TOPLAM					2.25	0,5 x 0,436	124,56	27.15
TAVAN (üzeri açık) TAVAN /	1/ α_i	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0.13			
	4.2	Çimento harcı	0,030	1,400	0,021			
	10.2.2.2	Yüzeyi düzgün (ciltli) levhalar	0,060	0,028	2,143			
	5.1.1	Normal beton, (TS 500'e uygun), doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar (Donatılı)	0,120	2,100	0,057			
	4.1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,020	0,870	0,023			
	1/ α_d	Yüzeysel ısı iletim katsayısı dış)			0.04			
TOPLAM					2.41	0,414	148,64	61.54

Ek 5 Binanın özgül ısı kaybı hesabı (devam)

BİNADAKİ YAPI ELEMANLARI			Yapı elemanının kalınlığı d (m)	Isıl iletkenlik hesap değeri λ_h (W/mK)	$d/\lambda, 1/\alpha$ (m ² K/W)	Isı iletkenlik katsayısı U (W/m ² K)	Isı kaybedilen yüzey A m ²	Isı kaybı A x U (W/K)
TABAN (toprağa oturan/iç ortam) TABAN /	1/ α_i	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,17			
	8.1.2	Kayın, meşe, dişbudak	0,030	0,200	0,150			
	5.3.1	Gözeneksiz agregalar kullanılarak yapılmış betonlar	0,030	1,400	0,021			
	10.2.2.2	Yüzeyi düzgün (ciltli) levhalar	0,100	0,028	3,571			
	5.1.1	Normal beton, (TS 500'e uygun), doğal agregaya veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar (Donatılı)	0,120	2,100	0,057			
	4.2	Çimento harcı	0,030	1,400	0,021			
	1/ α_d	Yüzeysel ısı iletim katsayısı dış)						
TOPLAM					3,95	0,5 x 0,250	118,08	14,76
TABAN(açıl geçit üzeri) TABAN /	1/ α_i	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,17			
	8.1.2	Kayın, meşe, dişbudak	0,030	0,200	0,150			
	5.3.1	Gözeneksiz agregalar kullanılarak yapılmış betonlar	0,030	1,400	0,021			
	5.1.1	Normal beton, (TS 500'e uygun), doğal agregaya veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar (Donatılı)	0,120	2,100	0,057			
	10.2.2.2	Yüzeyi düzgün (ciltli) levhalar	0,050	0,028	1,786			
	4.2	Çimento harcı	0,030	1,400	0,021			
	1/ α_d	Yüzeysel ısı iletim katsayısı dış)			0,04			
TOPLAM					2,21	0,445	48,00	21,36
PENCERE						2,600	74,62	194,01
KAPI						3,500	13,96	48,86
Yapı elemanlarından iletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı toplamı :							594,48	W/K

$$H = H_i + H_h$$

$$H_i = 594,48 \quad W/K$$

$$H_h = 365,9 \quad W/K$$

$$H = 960,36 \quad W/K$$

Ek 6 Yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı

Aylar	Isı kaybı			Isı kazançları			KKO	Kazanç kullanım faktörü	Isıtma enerjisi ihtiyacı
	Özgül ısı kaybı	Sıcaklık farkı	Isı kayıpları	İç ısı kazancı	Güneş enerjisi kazancı	Toplam			
	$H = H_i + H_h$ (W/K)	$T_i - T_d$ (K,C)	$H(T_i - T_d)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_g (W)	$\phi_T = \phi_i + \phi_g$ (W)			
OCAK	960.36	15,7	15.077	2.218	1 756	3.974	0,26	0.98	28.984.988
ŞUBAT		14,5	13.925		2 191	4.409	0,32	0.96	25.122.597
MART		11,8	11.332		2 712	4.930	0,44	0.90	17.871.840
NİSAN		6,4	6.146		2 822	5.040	0,82	0.70	6.785.856
MAYIS		1,2	1.152		3 324	5.542	4,81	0.00	0
HAZİRAN		0,0	0		3 487	5.705	0,00	0.00	0
TEMMUZ		0,0	0		3 398	5.616	0,00	0.00	0
AĞUSTOS		0,0	0		3 195	5.413	0,00	0.00	0
EYLÜL		0,0	0		2 721	4.939	0,00	0.00	0
EKİM		4,9	4.705		2 216	4.434	0,94	0.65	4.724.956
KASIM		9,9	9.507		1 677	3.895	0,41	0.91	15.454.929
ARALIK		14,1	13.541		1 536	3.754	0,28	0.97	25.659.815
							$Q_{yıl} = \Sigma Q_{ay} =$ 124.604.981		

$$Q_{yıl} = 0,278 \times 1/1000 \times 124.604.981 = 34.640 \text{ kWh}$$

Bu bina için sınırlandırılan enerji ihtiyacı $Q' = 25.02 \text{ kWh/m}^3$

Bu bina için hesaplanmış olan ısı ihtiyacı $Q = 24.99 \text{ kWh/m}^3$

$Q < Q'$ olduğundan bu bina için yapılmış olan ısı yalıtım projesi standarda uygundur

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 21.05.1983

Doğum yeri İstanbul

Lise 1997-2001 Yakacık YDA Lisesi

Lisans 2001-2005 Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Fak.
Makine Mühendisliği Bölümü

Çalıştığı kurum(lar)

2005-Devam ediyor YTÜ Makine Mühendisliği Bölümü Araştırma
Görevlisi