

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ
KULLANIMI
VE SERA ISITMASINA UYGULANMASI**

Makine Mühendisi Barlas TOKGÖZ

**FBE Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı Isı Proses Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Ahmet KOYUN

İSTANBUL, 2006

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ	iv
KISALTIMA LİSTESİ	viii
ŞEKİL LİSTESİ	ix
ÇİZELGE LİSTESİ	xi
ÖNSÖZ	xii
ÖZET	xiii
ABSTRACT	xiv
1 GİRİŞ	1
1.1 Seracılıkta Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımı	1
2 ISI POMPASI SİSTEMLERİ	5
2.1 Isı Pompası	6
3 TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPASI SİSTEMLERİ	11
3.1 Toprak Kaynaklı Isı Pompası Sisteminin Çalışma Şekli ve Elemanları	12
3.1.1 Toprak Isı Değiştiricisi	12
3.1.1.1 Kapalı Çevrimli Sistemler	14
3.1.1.2 Açık Çevrimli Sistemler	19
3.1.1.3 Doğrudan Genleşmeli Sistemler	20
3.1.2 Toprak Kaynaklı Isı Pompası	21
3.1.3 Dağıtım Sistemi	23
3.2 Toprak Kaynaklı Isı Pompasının Avantaj ve Dezavantajları	25
3.3 Toprak Sıcaklığı ve Toprak Isı Değiştiricisindeki Isı Geçişi	26
3.3.1 Toprak Isı Değiştiricisindeki Isı Geçişi İle İlgili Temel Esaslar	26
3.3.2 Toprak Sıcaklığı Salınımının Hesaplanması	30
3.3.3 Topraktaki Isı Geçişi İle İlgili Temel Kabuller	33
4 GÜNEŞ ENERJİSİ	36
4.1 Güneş Enerjisinin Kullanım Alanları	36
4.2 Güneş Enerjisinin Toplanması ve Depolanması	37
4.3 Güneş Enerjisinin Sera Isıtmasında Kullanımı	39
4.3.1 Güneş Seraları	41
4.3.1.1 Güneş Seralarında Isı Depolama	42
4.3.1.1.1 Isı Depolama Ortamı Olarak Su Kullanılan Güneş Seraları	42
4.3.1.1.2 Isı Depolama Ortamı Olarak Faz Değiştiren Malzeme Kullanılan Güneş Seraları	46
4.3.1.1.3 Isı Depolama Ortamı Olarak Toprağın Kullanıldığı Güneş Seraları	47
4.3.1.1.4 Isı Depolama Ortamı Olarak Kaya Yatağı Kullanılan Güneş Seraları	49

5	ISIL ENERJİ DEPOLAMA SİSTEMLERİ	51
5.1	Isıl Depo Malzemeleri ve Teknikleri	52
5.1.1	Duyulur Isı Depolama Sistemleri	53
5.1.2	Gizli Isı Depolama Sistemleri	55
5.1.2.1	Faz Değişim Malzemeleri	58
5.1.2.1.1	Faz Değişim Malzemelerinin Uygulamaları	66
6	UYGULAMA	69
6.1	Uygulamanın Amaç ve Kapsamı	69
6.2	Sistem Tasarım Değişkenleri Seçimi	71
6.2.1	Sera Isı Kaybının Hesaplanması	71
6.2.2	Isı Pompası Tasarımı	72
6.2.3	Toprak Isı Değiştiricisinde Suya Aktarılan Isı Miktarının Hesaplanması	75
6.2.4	Güneşten Elde Edilen Faydalı Isının Hesaplanması	77
6.2.5	Sistemde Isıl Enerji Deposu Kullanılması	80
6.2.6	Sistem Debilerinin Bulunması	84
6.2.7	Kompresör İşinin ve Isı Pompası Etkinlik Katsayısının Bulunması	87
6.3	Sistem Yatırım ve İşletme Maliyetlerinin Hesaplanması	89
6.3.1	Toprak Isı Değiştiricisi Boru Yatırım Maliyeti	89
6.3.2	Toprak Isı Değiştiricisi Hafriyat Yatırım Maliyeti	91
6.3.3	Toprak Isı Değiştiricisi Pompa İşletme Maliyeti	93
6.3.4	Isıl Enerji Deposu Yatırım Maliyeti	99
6.3.5	Güneş Toplaç Yatırım Maliyeti	101
6.3.6	Isı Pompası Yatırım ve İşletme Maliyeti	102
6.4	Sistem Geri Ödeme Süresinin Bulunması	105
6.5	Saatlik Değer Tablosunun Hazırlanması	110
6.6	Hesaplamaların MATLAB Ortamında Farklı Sistem Tasarımları İçin Yapılması	119
7	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	137
	KAYNAKLAR	139
	EKLER	142
	Ek 1 İstanbul/Göztepe için Meteoroloji Müdürlüğü'nce Ölçülen Saatlik Hava Sıcaklıkları	143
	Ek 2 İstanbul/Göztepe için Meteoroloji Müdürlüğü'nce Ölçülen Saatlik Güneşlenme Degerleri	150
	Ek 3 Saatlik Değer Tablosunun Bir Kısmı	157
	Ek 4 Değişken Sistem Tasarımları İçin Bulunan Sonuçlar	164
	ÖZGEÇMİŞ	191

SİMGE LİSTESİ

a	Boru birim boy maliyeti (YTL/m)
a_t	Toprak ısı yayılım katsayısı (cgs)
A	Birim alan (m^2)
A_1	Sera yanal alanı (m^2)
A_2	Sera çatı alanı (m^2)
$A_{\text{modülboru}}$	Toprak ısı değiştiricisi modül boru yüzey alanı (m^2)
$A_{\text{boruhafriyat}}$	Toprak ısı değiştiricisi hafriyat derinlik kesit alanı (m^2)
A_{deposac}	Depo sac yüzey alanı (m^2)
A_k	Güneş toplaç adet yüzey alanı (m^2/adet)
A_{kb}	Dağıtım borusu akış kesit alanı (m^2)
A_{kt}	Güneş toplaç toplam yüzey alanı (m^2)
A_{mb}	Modül boru akış kesit alanı (m^2)
b	İki paralel boru arasındaki yatay mesafe (m)
b	Toprak ısı değiştiricisi özel elemanları birim boy maliyeti (YTL/m)
B	Yakıt alt ısı değeri (kJ/kg)
BHM	Boru birim hacim hafriyat maliyeti (YTL/ m^3)
c	Boru birim boy işçilik maliyeti (YTL/m)
c_p	Suyun özgül ısısı ($J/kg^\circ C$)
$C_{i\text{-ısıpompa}}$	Isı pompası aylık işletme bedelleri toplamının şimdiki zaman değeri (YTL)
$C_{i\text{-kazan}}$	Kazan aylık işletme bedelleri toplamının şimdiki zaman değeri (YTL)
$C_{i\text{-pompa}}$	Pompa aylık işletme bedelleri toplamının şimdiki zaman değeri (YTL)
$C_{t\text{-kazan}}$	Kazan yatırım ve aylık işletme maliyetleri toplamı şimdiki zaman değeri (YTL)
$C_{t\text{-sistem}}$	Sistem yatırım ve aylık işletme maliyetleri toplamı şimdiki zaman değeri (YTL)
$C_y\text{-boru}$	Toprak ısı değiştiricisi boru toplam yatırım maliyeti (YTL)
$C_y\text{-boruhafriyat}$	Toprak ısı değiştiricisi hafriyat yatırım maliyeti (YTL)
$C_y\text{-depo}$	Isıl enerji depo toplam yatırım maliyeti (YTL)
$C_y\text{-depohafriyat}$	Isıl enerji depo hafriyat yatırım maliyeti (YTL)
$C_y\text{-deposac}$	Isıl enerji depo sac yatırım maliyeti (YTL)
$C_y\text{-FDM}$	Faz değişim malzeme yatırım maliyeti (YTL)
$C_y\text{-ısıpompa}$	Isı pompası yatırım maliyeti (YTL)
$C_y\text{-kazan}$	Kazan yatırım maliyeti (YTL)
$C_y\text{-güneştoplaç}$	Güneş toplaç yatırım maliyeti (YTL)
$C_y\text{-dağıtımborusu}$	Toprak ısı değiştiricisi dağıtım borusu yatırım maliyeti (YTL)
$C_y\text{-modülboru}$	Toprak ısı değiştiricisi modül boru yatırım maliyeti (YTL)
$C_y\text{-sistem}$	Sistem toplam yatırım maliyeti (YTL)
COP_{IP}	Isı pompası etkinlik katsayısı
COP_{SM}	Soğutma makinesi etkinlik katsayısı
d_d	Modül boru dış çapı (m)
d_i	Modül boru iç çapı (m)
d_{dk}	Dağıtım borusu dış çapı (m)
d_{ik}	Dağıtım borusu iç çapı (m)
D_d	Isıl enerji depo çapı (m)
DKO	Isıl enerji deposunun yapılması gereken ek kompresör işini karşılama oranı (%)
f	Isıl enerji depo sac birim alan maliyeti (YTL/ m^2)
f_c	Yapı faktörü
f_s	Sistem faktörü

f_w	Rüzgar faktörü
$F(z)$	İntegral işlemi sonuçları yerine kullanılan değer
g	Isıl enerji depo sac iççilik birim alan maliyeti (YTL/m ²)
g	Yerçekimi ivmesi (m/s ²)
G_v	Hafriyat (kepçe ağız) genişliği (m)
h	Boylar tipi ısı eşanjörü yüksekliği (m)
h_d	Isıl enerji depo hafriyat derinliği (m)
H_{FDM}	Faz değişim malzeme gizli ısısı (kJ/kg)
H_g	Pompa geometrik basma yüksekliği (m)
h_j	j halinin entalpisi (kJ/kg)
H_m	Pompa manometrik basma yüksekliği (m)
i	Aylık faiz oranı
k_t	Toprak ısı iletim katsayısı (W/m°C)
l	Güneş toplaç adedi
L	Toprak ısı değiştiricisi modül boru boyu (m)
L_A	Boru birim boru dış yüzey alan uzunluğu (m)
L_d	Isıl enerji depo uzunluğu (m)
L_k	Dağıtım borusu toplam uzunluğu (m)
m	Toprak ısı değiştiricisi modül su debisi (kg/s)
$M_{\text{modülboru}}$	Toprak ısı değiştiricisi modül boru birim alan maliyeti (YTL/m ²)
$M_{\text{boruhafriyat}}$	Toprak ısı değiştiricisi derinlik ve boy birim kesit alan maliyeti (YTL/m ²)
$M_{\text{depo hafriyat}}$	Isıl enerji depo hafriyat birim hacim maliyeti (YTL/m ³)
M_{deposac}	Isıl enerji depo sac birim alan maliyeti (YTL/m ²)
M_{elektrik}	Elektrik birim maliyeti (YTL/kWsaat)
m_{FDM}	Faz değişim malzeme kütlesi (kg)
M_{FDM}	Faz değişim malzeme birim kütle maliyeti (YTL/kg)
m_{ips}	Isı pompasıyla sera arasında dolaşan su debisi (kg/s)
m_{kb}	Güneş toplacı ile buharlaştırıcı arasında dolaşan su debisi (kg/s)
m_{kd}	Güneş toplacı ile ısı enerji deposu arasında dolaşan su debisi (kg/s)
$M_{\text{güneştoplacı}}$	Güneş toplaç birim yatırım maliyeti (YTL/adet)
m_{sa}	Isı pompası çevriminde dolaşan soğutucu akışkan debisi (kg/s)
m_t	Toprak ısı değiştiricisi toplam su debisi (kg/s)
$M_{\text{yakıt}}$	Yakıt birim maliyeti (YTL/kg)
n	Modül sayısı
N_e	Pompa efektif gücü (kW)
N_m	Pompa motor gücü (kW)
P	Periyot (s)
Q_{bi}	Buharlaştırıcı ısı ihtiyacı (kWsaat)
Q_{bg}	Buharlaştırıcıya aktarılan ısı miktarı (kWsaat)
Q_d	Isıl enerji deposu enerji miktarı (kWsaat)
Q_{db}	Isıl enerji deposundan buharlaştırıcıya aktarılan ısı miktarı (kWsaat)
$Q_{d\text{-harcanan}}$	Deponun karşıladığı saatlik ek kompresör işi miktarı (kWsaat)
$Q_{d\text{-harcanan-yıl}}$	Deponun karşıladığı yıllık ek kompresör işi miktarı (kWsaat)
$Q_{d\text{-maks}}$	Isıl enerji deposu maksimum enerji miktarı (kWsaat)
Q_f	Güneşten elde edilen güneş toplaç birim alan faydalı ısı miktarı (kWsaat/m ²)
Q_{ft}	Güneşten elde edilen toplam faydalı ısı miktarı (kWsaat)
Q_k	Güneş toplaç düzlem birim alanına dik olarak gelen güneş ışınım miktarı (kWsaat/m ²)
Q_{ka}	Kazan ısı kapasitesi (kcal/saat)
Q_{kb}	Güneş toplacından buharlaştırıcıya aktarılan ısı miktarı (kWsaat)
Q_{kd}	Güneş toplacından ısı enerji deposuna aktarılan ısı miktarı (kWsaat)

Q_s	Sera ısı kaybı (kWsaat)
Q_t	Topraktan alınan ısı miktarı (kWsaat)
Q_{tb}	Topraktan buharlaştırıcıya aktarılan ısı miktarı (kWsaat)
Q_y	Yatay düzlem birim alanına dik olarak gelen güneş ışınım miktarı (W/m^2)
r	Modül boru yarıçapı (m)
r_d	Isıl enerji depo yarıçapı (m)
R	Düzeltilme faktörü
R_j	j malzemesinin ısı direnci (m^2K/W)
R_{PE}	Çift katlı polietilen malzemesinin ısı direnci (m^2K/W)
Re	Modül boru akışı için Reynolds sayısı
Re_k	Dağıtım boru akışı için Reynolds sayısı
s	Güneş toplaç düzleminin yatayla yaptığı açı ($^\circ$)
t	Periyot başlangıcından itibaren süre (s)
t	Zaman (saat)
$t_{ç-ort}$	Pompa aylık ortalama çalışma süresi (saat/ay)
T_0	Yüzeydeki toprak sıcaklığının mevsimlik salınım genliği ($^\circ C$)
T_{buh}	Buharlaştırıcı sıcaklığı ($^\circ C$)
T_d	Dış hava sıcaklığı ($^\circ C$)
T_{FDM}	Faz değişim malzeme erime sıcaklığı ($^\circ C$)
T_i	Sera iç sıcaklık değeri ($^\circ C$)
T_m	Yıllık ortalama toprak sıcaklığı ($^\circ C$)
T_{maks}	Tüm zaman aralığı boyunca maksimum toprak sıcaklığı ($^\circ C$)
T_{min}	Tüm zaman aralığı boyunca minimum toprak sıcaklığı ($^\circ C$)
T_{s1}	Suyun toprak ısı değiştiricisine giriş sıcaklığı ($^\circ C$)
T_{s2}	Suyun toprak ısı değiştiricisinden çıkış sıcaklığı ($^\circ C$)
T_{s-ort}	Toprak ısı değiştiricisindeki suyun ısıtma dönemi için kabul edilen ortalama sıcaklığı ($^\circ C$)
T_{top}	Toprak sıcaklığı ($^\circ C$)
$T_{yoğ}$	Yoğuşturucu sıcaklığı ($^\circ C$)
u	Modül boru su akış hızı (m/s)
u_k	Dağıtım borusu su akış hızı (m/s)
v	İşletme dönem sayısı (ay)
V_d	Isıl enerji depo hacmi (m^3)
$V_{depo hafriyat}$	Isıl enerji depo hafriyat hacmi (m^3)
x	Toprak ısı değiştiricisi gömme derinliği (m)
W_k	Kompresör işi (kWsaat)
$W_{k-ek-gereken}$	Kompresörün yapması gereken saatlik ek iş miktarı (kWsaat)
$W_{k-ek-gereken-yıl}$	Kompresörün yapması gereken yıllık ek iş miktarı (kWsaat/yıl)
$W_{k-ek-harcanan}$	Kompresörün yaptığı saatlik ek iş miktarı (kWsaat)
$W_{k-ek-harcanan-yıl}$	Kompresörün yaptığı yıllık ek iş miktarı (kWsaat/yıl)
$W_{k-harcanan}$	Kompresörün yaptığı saatlik iş miktarı (kWsaat)
$W_{k-harcanan-ay}$	Kompresörün yaptığı aylık ortalama iş miktarı (kWsaat/ay)
$W_{k-harcanan-yıl}$	Kompresörün yaptığı yıllık iş miktarı (kWsaat/yıl)
W_{k-min}	Kompresörün yaptığı saatlik minimum iş miktarı (kWsaat)
$W_{k-min-yıl}$	Kompresörün yaptığı yıllık minimum iş miktarı (kWsaat/yıl)
y	Güneş toplaç birim maliyeti (YTL/adet)
Y	Harcanan saatlik yakıt miktarı (kg/saat)
Y_{ay}	Harcanan aylık ortalama yakıt miktarı (kg/ay)
$Y_{yıl}$	Harcanan yıllık yakıt miktarı (kg/saat)
z	Güneş toplaç işçilik birim maliyeti (YTL/adet)

z	İntegral sabiti
α_{emn}	Emniyet katsayısı
η_e	Eşanjör verimi
η_k	Güneş toplaç verimi
η_{ka}	Kazan verimi
η_m	Depolama ve boru tesisatı verimi
η_p	Pompa verimi
λ	Modül boru lineer yük kayıp katsayısı
λ_k	Dağıtım borusu lineer yük kayıp katsayısı
μ_s	Suyun dinamik viskozitesi (kg/ms)
θ	Güneş ışınının başucu eksenine yaptığı açı (°)
ρ_{FDM}	Faz değişim malzeme sıvı faz yoğunluğu (kg/m ³)
ρ_s	Suyun yoğunluğu (kg/m ³)
ω	Açısal hız (rad)
ΔH_{lin}	Kritik devre lineer basınç kaybı (m)
ΔH_{lin-k}	Dağıtım borusu lineer basınç kaybı (m)
ΔH_{lin-m}	Modül boru lineer basınç kaybı (m)
ΔH_{lok}	Kritik devre yerel basınç kaybı (m)
ΔT	Sıcaklık farkı (°C)

KISALTMA LİSTESİ

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (Amerikan Isıtma, Soğutma ve Havalandırma Mühendisleri Derneği)
CFC	Chlorofluorocarbon (Kloroflorokarbon)
COP	Coefficient of Performance (Etkinlik Katsayısı)
FDM	Faz Değişim Malzemesi
FDM – IED	Faz Değişim Malzemesi - Isıl Enerji Deposu
GID	Gizli Isı Deposu
PE	Polietilen
PPRC	Poly Propilen Random Co-Polymer

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Soğutma makinesi ve ısı pompasının genel çizimleri	7
Şekil 2.2 İdeal buhar sıkıştırırmalı soğutma çevriminin genel çizimi ve T – s diyagramı	9
Şekil 2.3 İdeal buhar sıkıştırırmalı soğutma çevriminin P – h diyagramı	9
Şekil 3.1 Yatay ve dikey toprak ısı değiştiricileri	11
Şekil 3.2 Kapalı ve açık çevrim.....	13
Şekil 3.3 Isı taşıyıcı akışkanın akış şekline göre toprak ısı değiştiricileri.....	13
Şekil 3.4 Kapalı çevrimli sistemler.....	15
Şekil 3.5 Seri ve paralel akışlı yatay toprak ısı değiştiricileri	15
Şekil 3.6 Seri ve paralel akışlı dikey toprak ısı değiştiricileri.....	18
Şekil 3.7 Paket tip toprak kaynaklı ısı pompası	21
Şekil 3.8 Soğutma kulesi ilave edilmiş sistem	22
Şekil 3.9 Güneş toplaç destekli sistem	23
Şekil 3.10 Toprak kaynaklı ısı pompasının işleyişi ve ısı dağıtım seçenekleri	24
Şekil 3.11 Çoklu ısı pompası sistemi ile ısı dağıtımı	24
Şekil 3.12 Kartezyen eksenlerde iletim çözümlenmesi için diferansiyel kontrol hacmi.....	27
Şekil 3.13 Matematiksel olarak öngörülen toprak sıcaklığı değişimi	29
Şekil 3.14 Yılın günlerinin periyot içindeki konumları.....	32
Şekil 4.1 Düz yüzeyli güneş toplacı	37
Şekil 4.2 Odaklı güneş toplacı.....	38
Şekil 4.3 Vakum borulu güneş toplacı.....	39
Şekil 5.1 Faz değişim malzemelerinde sıcaklık – ısı enerjisi bağıntısı	56
Şekil 5.2 FDM'nin sınıflandırılması.....	59
Şekil 6.1 Sistem şeması	70
Şekil 6.2 Seranın şematik görünümü	71
Şekil 6.3 Toprak kaynaklı ısı pompası çalışma ilkesi, P-h ve T-s diyagramları	73
Şekil 6.4 Buharlaştırıcı saatlik ısı ihtiyacının zamana bağlı değişim eğrisi.....	75
Şekil 6.5 Toprakta saatlik olarak alınan ısı miktarının zamana bağlı değişim eğrisi	77
Şekil 6.6 Güneşten elde edilen toplam faydalı ısının zamana bağlı değişim eğrisi.....	80
Şekil 6.7 Saatlik ısı miktarlarının zamana bağlı değişim eğrilerinin karşılaştırılması	81
Şekil 6.8 Isıl enerji depo enerjisinin zamana bağlı değişim eğrisi	83
Şekil 6.9 Yatay tip toprak ısı değiştiricisi hafriyat değişkenleri.....	92
Şekil 6.10 Toprak ısı değiştiricisi devresi şeması.....	94
Şekil 6.11 Kazan veriminin ısıl yüke bağlı değişim eğrisi.....	107
Şekil 6.12 Sistem ve kazan yatırım ve işletme maliyetleri toplamalarının karşılaştırılması....	109
Şekil 6.13 MATLAB ortamında geliştirilen programın ekran görüntüsü	121
Şekil 6.14 Buharlaştırıcı ısı ihtiyacı ve topraktan alınan ısı miktarının zamana bağlı değişimi (L = 100 m, n = 21, x = 100 cm).....	124
Şekil 6.15 Karşılama oranının güneş toplaç alanı ve depo hacmine bağlı değişimi (L = 100 m, n = 21, x = 100 cm).....	124
Şekil 6.16 Buharlaştırıcı ısı ihtiyacı ve topraktan alınan ısı miktarının zamana bağlı değişimi (L = 100 m, n = 21, x = 150 cm).....	125
Şekil 6.17 Karşılama oranının güneş toplaç alanı ve depo hacmine bağlı değişimi (L = 100 m, n = 21, x = 150 cm).....	125
Şekil 6.18 Buharlaştırıcı ısı ihtiyacı ve topraktan alınan ısı miktarının zamana bağlı değişimi (L = 100 m, n = 21, x = 200 cm).....	126
Şekil 6.19 Karşılama oranının güneş toplaç alanı ve depo hacmine bağlı değişimi (L = 100 m, n = 21, x = 200 cm).....	126
Şekil 6.20 Buharlaştırıcı ısı ihtiyacı ve topraktan alınan ısı miktarının zamana bağlı değişimi	

(L = 100 m, n = 21, x = 250 cm).....	127
Şekil 6.21 Karşılama oranının güneş toplaç alanı ve depo hacmine bağlı değişimi (L = 100 m, n = 21, x = 250 cm).....	127
Şekil 6.22 Buharlaştırıcı ısı ihtiyacı ve topraktan alınan ısı miktarının zamana bağlı değişimi (L = 100 m, n = 21, x = 300 cm).....	128
Şekil 6.23 Karşılama oranının güneş toplaç alanı ve depo hacmine bağlı değişimi (L = 100 m, n = 21, x = 300 cm).....	128
Şekil 6.24 Buharlaştırıcı ısı ihtiyacı ve topraktan alınan ısı miktarının zamana bağlı değişimi (L = 75 m, n = 21, x = 220 cm).....	129
Şekil 6.25 Karşılama oranının güneş toplaç alanı ve depo hacmine bağlı değişimi (L = 75 m, n = 21, x = 220 cm).....	129
Şekil 6.26 Buharlaştırıcı ısı ihtiyacı ve topraktan alınan ısı miktarının zamana bağlı değişimi (L = 100 m, n = 21, x = 220 cm).....	130
Şekil 6.27 Karşılama oranının güneş toplaç alanı ve depo hacmine bağlı değişimi (L = 100 m, n = 21, x = 220 cm).....	130
Şekil 6.28 Buharlaştırıcı ısı ihtiyacı ve topraktan alınan ısı miktarının zamana bağlı değişimi (L = 125 m, n = 21, x = 220 cm).....	131
Şekil 6.29 Karşılama oranının güneş toplaç alanı ve depo hacmine bağlı değişimi (L = 125 m, n = 21, x = 220 cm).....	131
Şekil 6.30 Karşılama oranının modül boru boyu ve gömme derinliğine bağlı değişimi (n = 20, A = 50 m ²).....	132
Şekil 6.31 Karşılama oranının modül boru boyu ve modül sayısına bağlı değişimi (x = 200 cm, A = 20 m ²).....	132
Şekil 6.32 Karşılama oranının güneş toplaç alanı ve modül sayısına bağlı değişimi (L = 120 m, V = 25 m ³).....	133
Şekil 6.33 Karşılama oranının depo hacmi ve modül sayısına bağlı değişimi (L = 120 m, A = 25 m ²).....	133
Şekil 6.34 Karşılama oranının güneş toplaç alanı ve gömme derinliğine bağlı değişimi (L = 120 m, n = 21).....	134
Şekil 6.35 Karşılama oranının güneş toplaç alanı ve modül boru boyuna bağlı değişimi (n = 21, V = 25 m ³ , x = 220 cm).....	134
Şekil 6.36 Karşılama oranının depo hacmi ve modül boru boyuna bağlı değişimi (n = 21, A = 25 m ² , x = 200 cm).....	135
Şekil 6.37 Karşılama oranının depo hacmi ve gömme derinliğine bağlı değişimi (L = 115 m, n = 20, A = 25 m ²).....	135
Şekil 6.38 Karşılama oranının gömme derinliği ve modül sayısına bağlı değişimi (L = 100 m, A = 35 m ²).....	136

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 Pratikte kullanılan boru çaplarının boru uzunluğuna bağlı değişimi	16
Çizelge 3.2 Toprak kaynaklı ısı pompalarının yararları ve sakıncaları.....	26
Çizelge 3.3 Değişik toprak tipleri ve fiziksel özellikleri.....	30
Çizelge 3.4 SULAMA 2000 programından elde edilen aylık toprak yüzeyi sıcaklıkları.....	31
Çizelge 4.1 Su depolarının kullanıldığı güneş seraları	45
Çizelge 4.2 Faz değiştiren malzeme kullanılan güneş seraları	47
Çizelge 4.3 Toprak altı boru sistemine sahip güneş seraları	48
Çizelge 4.4 Kaya yatağı şeklinde depolama sistemine sahip güneş seraları	49
Çizelge 5.1 Çeşitli ısı depolama araçlarının karşılaştırılması (depolanan enerji = $10^6 = 300$ kWh; $\Delta T = 15K$).....	53
Çizelge 5.2 Gizli ısı depolama malzemeleri ve bunların sıcaklık aralıkları.....	58
Çizelge 5.3 Bazı tuz hidratlarının termofiziksel özellikleri.....	61
Çizelge 5.4 Bazı parafin bileşiklerinin termofiziksel özellikleri.....	62
Çizelge 5.5 Bazı yağ asitlerinin termofiziksel özellikleri.....	64
Çizelge 5.6 Bazı organik ötektiklerin termofiziksel özellikleri.....	65
Çizelge 5.7 Bazı inorganik ötektiklerin termofiziksel özellikleri.....	65
Çizelge 6.1 Düzeltme faktörü değerleri.....	78
Çizelge 6.2 Farklı boru çapları için boru birim yüzey alanlarına ait boru boyları ve fiyatları.....	90
Çizelge 6.3 Yatırım ve işletme maliyetleri dönem toplamları şimdiki zaman değerleri.....	108
Çizelge 6.4 Yaptığımız çalışmanın özeti niteliğindeki tablo.....	118
Çizelge 6.5 Farklı güneş toplaç alanları için sisteme ait sonuçları gösteren tablo ($L = 100$ m, $n = 21$, $x = 100$ cm, $V = 10$ m ³).....	122

ÖNSÖZ

Bu tezde, toprak kaynaklı ısı pompaları, güneş enerjisinin sera ısıtmasında kullanım şekilleri ve ısı enerji depolama sistemleri tanıtılmaya çalışılmış, güneş enerjisi ve ısı enerji depo destekli toprak kaynaklı ısı pompası sera ısıtma sisteminin enerji ve maliyet açısından uygulanabilir olup olmadığı incelenmeye çalışılmıştır. Farklı sistem tasarımları için sistem yatırım maliyetleri ve geri ödeme süreleri ile ısı enerji deposunun ek kompresör işini karşılama oranları hesaplanmış ve sonuçlar grafikler ve tablolar halinde gösterilmiştir.

Çalışmam boyunca bilgi, yardım ve desteklerini esirgemeyen tez danışmanım sayın Doç. Dr. Ahmet KOYUN'a, değerli hocalarım sayın Y. Doç. Dr. Derya B. TÜMER ÖZKAN'a ve sayın Arş. Gör. Dr. Hakan DEMİR'e teşekkür ederim.

Ayrıca, arkadaşlarım Arş. Gör. Bahadır BİRECİKLİ'ye ve Alphan KARACAER'e yardım ve desteklerinden dolayı teşekkür ederim. Çalışmamın konuyla ilgilenen meslektaşlarıma faydalı olmasını dilerim.

Barlas TOKGÖZ

ÖZET

Bu çalışmada yenilenebilir enerji kaynaklarının sera ısıtmasında kullanımından bahsedilmiştir. Bu, genellikle ısı pompası uygulaması yapmayı gerektirir. Toprağın yıl boyunca hemen hemen değişmeyen özellikleri nedeniyle ısı kaynağı olarak kullanımı, hava ve soğuk iklimler için suya göre daha caziptir. Bu yüzden tezimizde öncelikle toprak kaynaklı ısı pompaları ve toprak ısı değiştiricilerinden bahsedilmiştir. Tezimizde ayrıca güneş enerjisinin sera ısıtmasında kullanım uygulamalarına da yer verilmiştir. Ancak güneş enerjisinin elde edildiği zamanlar ile yüksek ısı yüklerinin mevcut olduğu zamanlar genellikle birbirine uymadığından güneş enerjisinin depolanıp ihtiyaç duyulduğunda kullanılmasına imkan tanıyan ısı enerjisi depolama sistemlerinden bahsedilmiştir.

Toprak özellikleri zamanla değişmektedir. Ayrıca topraktan toprak ısı değiştiricisinde dolaşan suya ısı geçişi de toprak özelliklerini değiştirmektedir. Bu sebeplerden dolayı toprağın ısı performansı zamanla azalmaktadır. Bu nedenle seranın toprak kaynaklı ısı pompası sistemiyle ısıtılması, ısı yüklerinin çok arttığı dönemde özellikle geceleri sisteme büyük elektrik yükleri getirecektir. Bu büyük yükleri azaltmak için, güneş ve ısı enerjisi depo destekli toprak kaynaklı ısı pompası sistemi tasarlanmıştır.

Yeterince hassas sonuçlar elde etmek için seranın saatlik ısı kayıpları, topraktan ve güneşten saatlik olarak alınan ısı miktarları ve ısı enerjisi deposunda depolanmış halde bulunan enerjinin saatlik değerleri hesaplanmış ve tablolarda verilmiştir. Farklı toprak ısı değiştirici modül boru boyları, modül sayıları ve gömme derinlikleri, farklı güneş toplaç alanları ve ısı enerjisi depo hacimleri için deponun ek kompresör işini karşılama oranları ve sistem yatırım ve işletme maliyetleri hesaplanmıştır. Sistem yatırım ve işletme maliyetleri toplamı, klasik bir ısıtma sisteminin yatırım ve işletme maliyetleri toplamıyla karşılaştırılarak sistem geri ödeme süreleri hesaplanmış, sonuçlar grafikler ve tablolar halinde gösterilmiştir.

Anahtar kelimeler: Sera ısıtması, ısı pompası, toprak ısı değiştiricisi, güneş enerjisi, ısı enerjisi deposu

ABSTRACT

In this study the usage of renewable energy sources in greenhouse heating is mentioned. Generally, it requires a heat pump application. The usage of the ground as an energy source is more attractive than air and water in cold climates as well because of its almost permanent properties during year. Consequently, ground source heat pumps and ground heat exchangers are mentioned primarily in our thesis. In addition, the usage of solar energy in greenhouse heating applications are included in our thesis. However, the times of obtaining the solar energy and the time that the high thermal loads exist do not coincide, because of that the thermal energy storages which allow solar energy to be stored and used when it is needed are mentioned.

The properties of the ground change in time. In addition the heat transfer from the ground to the water which circulates in the ground heat exchanger changes the properties of the ground. Because of these reasons thermal performance of the ground decreases in time. Therefore heating the greenhouse with ground source heat pump system causes high electricity loads especially during nights when thermal loads increases so high. To decrease these high loads, solar and thermal energy storage assisted ground source heat pump system was projected.

In order to obtain sufficiently precise results, hourly heat losses of the greenhouse, hourly heat gains from ground and solar energy and hourly energy quantity stored in thermal energy storage were calculated and given in the tables. The investment costs and operational costs of the system and the storage's additional compressor work supply ratios were calculated for different ground heat exchanger module pipe lengths, module quantities and burying depths, different solar collector surface areas and thermal energy storage volumes. The pay-back periods were calculated comparing the total of the investment and operational costs of the system with the total of the investment and operational costs of a conventional heating system and the results were shown as charts and tables.

Keywords: Greenhouse heating, heat pump, ground heat exchanger, solar energy, thermal energy storage

1 GİRİŞ

1.1 Seracılıkta Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımı

Seracılık ülkemiz tarımında önemli bir potansiyel oluşturmaktadır. Seracılık potansiyelinin daha da geliştirilmesi ancak seralarda enerji tasarruf önlemleri alınmasının yanısıra yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına yönelik araştırmalara önem verilmesi ile mümkündür. Seracılıkta, yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisi önemli bir paya sahiptir. Güneş enerjisinden yararlanmak amacıyla geliştirilen sistemler aktif ve pasif olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Ancak enerji depolama hacminin çok büyük olması ve ilk yatırım harcamalarının çok yüksek olması, güneş enerjisinden aktif olarak yararlanma oranını düşürmektedir. Bu nedendir ki, genel olarak mevcut ısıtma sistemlerine ilaveten veya bitkileri dondan korumak amacıyla güneş enerjisinden pasif olarak yararlanılmaktadır.

Özellikle son yıllarda, fosil yakıtlar yerine yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisinin sera ısıtması amacıyla kullanımı gittikçe artan bir yaygınlık kazanmaktadır. Geleneksel enerji üretim yöntemleri bugün çevre kirliliğinin önemli nedenlerinden biridir ve bu yöntemlerde kullanılan fosil yakıtların tüketiminin, çevre konusundaki uluslararası taahhütler nedeni ile azaltılması gündemde olan bir konudur. Ayrıca, fosil yakıtların bir süre sonra tükeneceği gerçeği de bilinmektedir.

Günümüzde seraların ısıtma ve soğutma ihtiyacını karşılamak için çeşitli ısıtma sistemleri kullanılmaktadır. Örnek olarak, serada dolaştırılan boru şebekelerine ve sıcak hava ünite ısıtıcılarına sıcak su veya buhar tedarik eden sıcak su veya buhar sistemleri gösterilebilir. Bu sistemler genellikle seranın ısı ihtiyaçlarını karşılayabilmekte, ancak bu sistemlerle ısıtılan sera içindeki sıcaklık dağılım diyagramları dış hava şartlarından kolayca etkilenebilmektedir. Buna ek olarak bu tür sistemler; ürünlerin yetişmesi için gerekli olan sera havası nem seviyelerini kontrol edememekte ve ihtiyaç duyulan değerlerde tutamamaktadır. Sera havası şartlandırması için; ısıtma, soğutma ve nem alma gibi işlevleri yerine getirebilmek suretiyle çok fonksiyonlu çalışabilen ısı pompası sistemlerinin büyük bir kullanım potansiyeli mevcuttur. Birçok ısı operasyonda ısı pompalarının kullanılması % 20'lerden % 50'lere varan oranlarda enerji tasarrufu sağlamaktadır ve konvansiyonel ısıtma sistemleriyle karşılaştırıldığında gereksiz enerji kullanımından kayda değer bir sakınma potansiyeline sahiptir.

Sera ısıtma uygulamalarının, ürün hasılatlarının yanısıra ürün kalitesi ve yetiştirme zamanı üzerinde de büyük bir etkisi vardır.

Pasif zirai güneş seraları ve seraların aktif ısıtması için klasik yakıt olarak güneş enerjisinin kullanılması çok caziptir.

Güneş seraları, ısı kayıplarını azaltmak ve günlük ve sezonluk yararlı güneş kazançlarını artırmak için tasarlanırlar. Güneş ısı enerjisi; duyulur ısı, gizli ısı ve reaksiyon ısı olarak depolanabilmesinin yanında bunların kombinasyonu olarak da depolanabilir. Birçok depolama sisteminde, güneş enerjisi su ve kaya gibi maddelerde duyulur ısı olarak depolanır. Gizli ısı depolama sistemlerinde, bir maddenin faz değiştirmesini sağlayan gizli ısı, ısı enerjisi depolama için kullanılır. Seranın ısı ihtiyacının büyük bir kısmı gizli ısı depolama sistemleri tarafından karşılanabilir. Güneş enerjisi, zirai güneş seralarında parafin gibi faz değiştiren maddeler kullanılarak gizli ısı tekniğiyle depolanmaktadır. Güneş enerjisi kazancına ek olarak, seralar geceleri ve soğuk günlerde de ısıtılmalıdır. Seralarda optimum yetiştirme şartlarını yerleştirmek için yenilenebilir enerji kaynaklarından mümkün olduğunca fazla yararlanılmalıdır. Isı pompalarının uygun teknolojiyle modern seralarda etkin olarak kullanımı Türkiye’de şimdiden görülebilir gelecek için bir kılavuz rolü oynamaktadır. Seralarda sadece ısıtma imkanı değil, aynı zamanda da soğutma ve nem alma yeteneklerinin farkedilmiş olmasına rağmen sadece sınırlı sayıda pratik uygulamalar gerçekleştirilmiştir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının sera ısıtmasında kullanılması üzerine kaynaklarda birçok çalışma mevcuttur.

Andrew Chiasson (2006), ABD’de yaptığı çalışmada, jeotermal ısı pompalarıyla sera ısıtmasının uygulanabilirliğini incelemiştir. Çalışmasında ABD’nin 4 yerinde kapalı ve açık çevrimli sistemlerin her ikisini de incelemiş ve değişik jeotermal ısı pompası esas yük kesirleri için 20 yıllık bir zaman dilimi için kesintisiz şimdiki zaman değer analizi yapmıştır. Sonuçlar; bu sistemin, sadece toprak çevrimi tesisatı maliyetinin nispeten düşük olduğu ve/veya doğal gaz maliyetlerinin yüksek olduğu durumlarda seranın bir kısmının kapalı çevrimli jeotermal ısı pompası sistemiyle ekonomik olarak ısıtılabileceğini göstermiştir.

T. Boulard (1990), E. Razafinjohany (1990), A. Baille (1990), A. Jaffrin ve B. Fabre (1990); ötektik karışım içeren bir faz değişim malzeme ısı depolama ünitesine sahip bir serayı test etmişlerdir. İki ısıtma sezonu boyunca, sera iklimi ve ısı depolama performansı değerlendirmesi, buharlaşma ve yoğunlaşma proseslerine özel bir önem verilerek gerçekleştirilmiştir. Sonuçta, böyle bir ısı depolama sisteminin, Fransa’nın güneyinde kullanıldığında, serayı Mart ve Nisan aylarında geceyin dış sıcaklıktan yaklaşık 10 °C yüksek sıcaklıkta tutabildiği görülmüştür. Bununla beraber, 22 °C’lık faz değişim sıcaklığına

sahip mevcut faz değişim depolama aracı, düşük güneş enerjisi kazancı olan Ocak ve Şubat aylarında yeterli değildir.

H. H. Öztürk (2003) ve A. Başçetinçelik (2003); sera ısıtması için doldurulmuş yatak ısı depolama ünitesinin enerji ve ekserji verimini araştırmıştır. Bu araştırmada, güneş enerjisi 120 m²'lik bir tünel serayı ısıtmak için duyulur ısı tekniğiyle bir volkanik malzeme kullanılarak günlük olarak depolanmıştır. Sonuç olarak, şarj etme esnasındaki net enerji ve ekserji verimlerinin sırasıyla % 39,7 ve % 2.03 oldukları ve ısı depolama ünitesiyle tünel seranın toplam ısıtma ihtiyacının % 18,9'unun karşılanabildiği gözlenmiştir.

A. Başçetinçelik (1999), H. H. Öztürk (1999), H. Ö. Paksoy (1999) ve Y. Demirel (1999); 180 m²'lik plastik bir serayı ısıtmak için, güneş enerjisini parafinde gizli ısı tekniğiyle depolamışlardır. Sistemin veriminin değerlendirilmesi için enerji ve ekserji analizi yapmışlar ve sistemin net enerji ve ekserji verimleri ortalamasının sırasıyla % 41,9 ve % 3,3 olduğunu saptamışlardır.

R. D. Singh (2000) ve G. N. Tiwari (2000); ısı depolama kuzey duvarıyla bir yer hava toplayıcısının birleşiminden oluşan bir sistem kullanarak, kontrol edilen çevre seranın hava sıcaklığının ve bitki sıcaklığının belli değerler arasında tutulabilmesi için bir girişim yapmışlardır. Bitki ve hava sıcaklığı için, iklim ve tasarım değişkenlerine bağlı olarak her bir bileşenin enerji dengesine dayanan analitik bir ifade türetilmiştir. Delhi'nin tipik bir soğuk günü için, değişik sıcaklıklar ve ısı yük seviyelerinde nümerik bir hesaplama yapılmıştır. Isıl depolama kuzey duvarının ve yer hava toplayıcısının bitki ve sera sıcaklığı üzerinde kayda değer bir etkisinin olduğu gözlemlenmiştir. İzotermal kütlelerin ısıtma ve soğutma durumunda artışıyla, ısı yük dalgalanmaları azalmaktadır. Hareketli yalıtımlı benzer bir sera için deneysel tasdik yapılmıştır.

H. Hüseyin Öztürk (2005); sera ısıtması için bir sezonluk gizli ısı depolama sistemi için enerji ve ekserji veriminin deneysel olarak değerlendirmesini yapmıştır. Bu çalışmada 180 m²'lik bir serayı gizli ısı depolama tekniğiyle ısıtmak için faz değişim malzemesi olarak parafin mumunun kullanıldığı sezonluk bir ısı enerji depolama sistemi denenmiştir. Deney sürecinde, ortalama net enerji ve ekserji verimlerinin sırasıyla % 40,4 ve % 4,2 olduğu saptanmıştır. Isı geçiş akışkanının gizli ısı depolama ünitesinin giriş ve çıkış sıcaklıkları arasındaki farkın, depoyu şarj etme esnasında hesaplanan enerji ve ekserji verimleri üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir.

Önder Özgener (2005) ve Arif Hepbaşı (2005); güneş destekli yer kaynaklı ısı pompası sera

ısıtma sisteminin performans karakteristiklerini; 50 m'lik dikey, 1 ¼ inç nominal çaplı U-şekilli yer ısı değiştiricisi deney düzeneğini ve ekserji analiz metodunu kullanmak suretiyle araştırmışlardır. Sonuç olarak, toprak kaynaklı ısı pompasının ve tüm sistemin ısıtma performans katsayısı sırasıyla 2,64 ve 2,38 olarak, tüm sistemin ekserji verimi de % 67,7 olarak saptanmıştır.

Toprak enerjisi, güneş enerjisi ve ısıl enerji depolama sistemlerinde depolanan enerji; sera ısıtmasında kullanıma elverişli enerji kaynakları olarak görünmektedir. Bu enerji kaynaklarının ısıtmada kullanımı çoğu zaman ısı pompası sistemleriyle birlikte kullanılmalarını gerektirmektedir. Bundan dolayı bir sonraki bölümde ısı pompası sistemlerinden bahsedilmiştir. Daha sonraki bölümlerde ise toprak kaynaklı ısı pompası sistemlerinin çalışma şekli ve elemanları ile toprak ısı değiştiricisindeki ısı geçişi, güneş enerjisinin sera ısıtmasında kullanımı ve ısıl enerji depolama sistemleriyle ilgili bilgi verilmiştir.

2 ISI POMPASI SİSTEMLERİ

Fosil yakıt rezervlerinin azalması ve bu yakıtların yarattığı çevre kirliliği gibi sorunlar nedeniyle, tüm dünyada alternatif enerji kaynağı arayışları başlamıştır. Bu arayışlar jeotermal enerji, dalga enerjisi, rüzgar enerjisi, güneş enerjisi, ısı pompaları gibi farklı sonuçlara ulaşmıştır. Bulunan sonuçlar arasında ısı pompaları, düşük enerji tüketimleri, yüksek performans katsayıları ve çevreye zarar vermemeleri gibi özellikleri ile dikkat çekmektedir.

Isı pompalarının satınalma ve kurma bedelleri, diğer ısıtma sistemlerine oranla genellikle daha yüksektir, fakat uzun dönemde ısıtma faturalarının daha düşük olması, bu sistemlerin bazı bölgelerde kazançlı olmasını sağlar. Isı pompaları için en çok kullanılan enerji kaynağı çevre havadır. Bu tür sistemler, hava kaynaklı ısı pompası sistemleri diye adlandırılır. Isı kaynağı olarak bazen su ve toprak da kullanılır. Kaynak olarak çevre havayı kullanan sistemlerde en büyük sorun, özellikle nemli yörelerde sıcaklık 2 ile 5 °C'ın altına düştüğü zaman ortaya çıkan karlanmadır. Buharlaştırıcı boruları üzerinde karlanma istenmeyen bir olgudur, çünkü ısı geçişini önemli ölçüde engeller. Su kaynaklı sistemler, genellikle 80 m'ye kadar inebilen derinliklerde bulunan 5 ile 18 °C sıcaklık aralığındaki yeraltı veya kuyu sularından yararlanırlar. Bu sistemlerde karlanma sorunu yoktur ve etkinlik katsayıları daha yüksektir. Fakat sistem olarak daha karmaşık olup, yeraltı suyu gibi büyük miktarda bir su kütesine kolay erişim gerektirirler. Toprak kaynaklı sistemler de karmaşıktır, çünkü yer altında toprak sıcaklığının sabit kaldığı derinliklerde uzun boruların yerleştirilmesini gerektirirler. Isı pompalarının etkinlik katsayıları, ısı kaynağına ve kullanılan sisteme bağlı olarak genellikle 1,5 ile 4 arasındadır. Hız kontrollü elektrik motorları kullanan yeni kuşak ısı pompalarının, eskilerine oranla en az iki kat daha etkin olduğu bildirilmektedir.

Hava kaynaklı ısı pompalarının ısıtma kapasitesi ve etkinliği, çevre sıcaklığının düşmesiyle hızla azalır. Bu bakımdan, bu tür ısı pompalarının kullanıldığı ısıtma sistemlerinde elektrikli ısıtıcı veya doğalgaz ısıtıcısı gibi ek bir sisteme gerek duyulur. Su ve toprak sıcaklıkları çok fazla değişmediği için, su kaynaklı veya toprak kaynaklı ısı pompası sistemlerinde ek bir ısıtıcıya gerek yoktur. Fakat bu durumda ısı pompası, en yüksek ısı gereksinimini karşılayacak büyüklükte tasarlanmalıdır.

Bunların dışında yeraltı suları, artık sıvılar, artık gazlar, artık ısılar, güneş ve kaya gibi kaynaklardan da faydalanmak mümkündür. Birbirleriyle kolayca karşılaştırma imkanı vermesi açısından tüm bu kaynakların avantaj ve dezavantajlarına aşağıda kısaca değinilmiştir.

Çevre havası : Bolca bulunur ve ısı pompaları için en çok kullanılan ısı kaynağıdır. Hava kaynaklı ısı pompalarının mevsimlik performans faktörü toprak kaynaklı ısı pompalarından %10–30 daha düşüktür. Bunun nedeni olarak, dış hava sıcaklığının düşmesi ile buharlaştırıcıda yüksek sıcaklık farkı oluşması ve bu durumda buharlaştırıcının buzlanmaması ve fanların çalıştırılması için gerekli enerjinin kapasite ve performansta hızlı bir şekilde düşüşe yol açması gösterilebilir. Hava kirliliği de bir dezavantajdır.

Toprak : İyi bir kaynaktır fakat ısı değiştiricisini toprağa gömmek, korozyonu önlemek için de iyi malzeme kullanmak gerekir. Bu da ilk yatırım masrafını artırır.

Deniz, nehir, göl suyu : Isı pompaları için iyi birer kaynaktırlar. Nehir ve göl sularının kışın donma sorunu vardır. Bu sorun deniz için çok önemli değildir. Bu sularda kirlilik sorunu vardır. Coğrafi şartlardan da çabuk etkilenirler.

Yeraltı suları : Yıl boyunca sıcaklığın değişmesi azdır. Taşınması için pompa kullanılıyorsa ek bir enerji kullanılıyor demektir. İçine pis suların karışması tehlikelidir. Isı değiştiricilerinin yer altına gömülmesi korozyona neden olabilir ve maliyeti artırır.

Artık gazlar : Ev ve ticari binalardaki ısı pompaları için önemli bir ısı kaynağıdır. Isı pompası, havalandırmadan aldığı ısıyı hacim ve su ısıtmak için kullanır.

Artık ısılar : Prosesle ilgili olarak bazı avantajları veya dezavantajları olabilir.

Güneş : İyi bir kaynaktır fakat ilk yatırım masrafı çok, bakım masrafı az ve temizdir.

Isı pompası için çok önemli olan bu kaynakların ısı pompası ile uyum sağlayabilmesi, aşağıda belirtilen şartlara bağlıdır :

- Kaynak sıcaklığının fazla değişmemesi
- Kaynak sıcaklığının mümkün olduğu kadar büyük olması
- Kaynağın bol bulunabilir olması ve coğrafi koşullardan mümkün olduğunca az etkilenmesi
- Kaynağın kirli olmaması
- Korozyona sebep olmaması

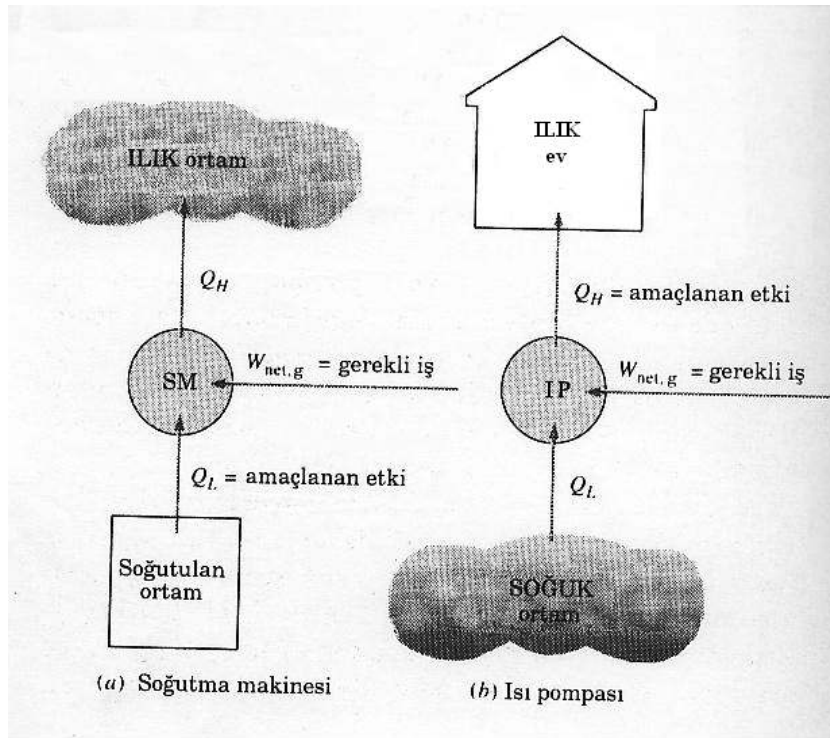
2.1 Isı Pompası

Isı pompası, bir soğutma çevrimine dayanan ve düşük sıcaklıktaki bir ortamdaki yüksek sıcaklıktaki bir ortama ısı aktaran makinedir. Bu aşamada soğutma makineleri ve ısı pompaları hakkında bilgi verilmesi uygun görülmüştür.

Soğutma makineleri bir çevrime göre çalışır, soğutma çevrimlerinde dolaşan akışkanlara da soğutucu akışkan adı verilir. Bir soğutma makinesinin genel çizimi Şekil 2.1(a)'da gösterilmiştir. Burada Q_L soğutulan ortamdan çekilen ısı, Q_H ise daha sıcak ortama verilen ısıdır. T_L , soğutulan ortamın sıcaklığı, T_H ısı verilen ortamın sıcaklığı ve $W_{net,g}$, çevrimde dolaşan akışkan üzerinde yapılması gereken sıkıştırma işini göstermektedir.

$$W_{net,g} = Q_H - Q_L \quad (2.1)$$

Soğutma makineleri ve ısı pompaları aynı çevrime göre çalışırlar, fakat kullanım amaçları farklıdır. Soğutma makinesinin amacı çevre sıcaklığından daha düşük sıcaklıkta olan bir ortamdan ısı çekerek, ortamı düşük sıcaklıkta tutmaktır. Daha yüksek sıcaklıktaki ortama ısı verilmesi sadece çevrimin tamamlanabilmesi için gerekli olan bir işlemdir. Isı pompasının amacı ise, ısıtılan bir ortamı istenen sıcaklıkta tutmaktır. Bunun için düşük sıcaklıktaki bir kaynaktan çekilen ısı, daha yüksek sıcaklıktaki ortama verilir. Örneğin, ısı çekilen kaynak, kuyu suyu veya soğuk dış hava, sıcak ortam ise bir evin içi olabilir (Şekil 2.1(b)).



Şekil 2.1 Soğutma makinesi ve ısı pompasının genel çizimleri

Bir soğutma makinesi veya ısı pompasının ısıl değerlendirme, etkinlik katsayısı (COP) ile yapılır. Etkinlik katsayısı aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$COP_{SM} = \text{elde edilmek istenen} / \text{harcanan} = \text{soğutma etkisi} / \text{iş girişi} = \frac{Q_L}{W_{net,g}} \quad (2.2)$$

$$COP_{IP} = \text{elde edilmek istenen} / \text{harcanan} = \text{ısıtma etkisi} / \text{iş girişi} = \frac{Q_H}{W_{net,g}} \quad (2.3)$$

(2.1), (2.2) ve (2.3) numaralı denklemler karşılaştırılırsa, belirli Q_L ve Q_H değerleri için,

$$COP_{IP} = COP_{SM} + 1 \quad (2.4)$$

olduğu görülür. Bu bağıntı ısı pompasının etkinlik katsayısının 1'den büyük olduğunu göstermektedir, çünkü COP_{SM} her zaman sıfırdan büyüktür. Başka bir deyişle, bir ısı pompası en kötü durumda bir elektrikli ısıtıcının etkinliğinde olacak, tükettiği elektrik kadar ısıl enerji sağlayacaktır (Çengel ve Boles, 1996).

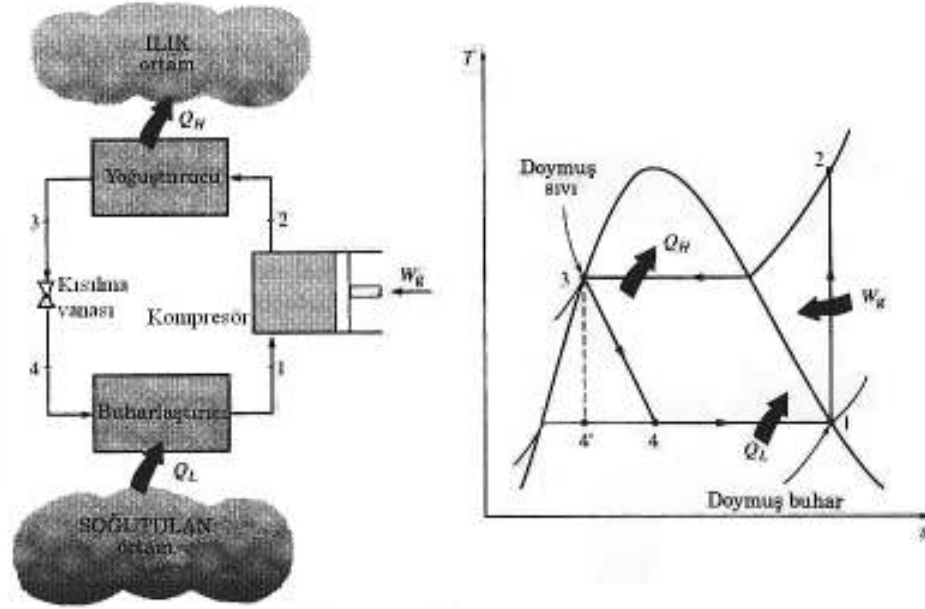
Buhar sıkıştırımlı çevrim; soğutma makinelerinde, iklimlendirme sistemlerinde ve ısı pompalarında en çok kullanılan çevrimdir. İdeal buhar sıkıştırımlı soğutma çevriminin genel çizimi ve T - s diyagramı Şekil 2.2'de gösterilmiştir. Bu çevrimi oluşturan hal değişimleri şöyledir :

- 1 – 2 Kompresörde izantropik sıkıştırma
- 2 – 3 Yoğuşturucuda çevreye sabit basınçta ($P = \text{sabit}$) ısı geçişi
- 3 – 4 Kısılma (genişleme ve basıncın düşmesi)
- 4 – 1 Buharlaştırıcıda akışkana sabit basınçta ($P = \text{sabit}$) ısı geçişi

İdeal buhar sıkıştırımlı soğutma çevriminde, soğutucu akışkan kompresöre 1 halinde doymuş buhar olarak girer ve izantropik olarak yoğuşturucu basıncına sıkıştırılır. Sıkıştırma işlemi sırasında, soğutucu akışkanın sıcaklığı çevre ortam sıcaklığının üzerine çıkar. Soğutucu akışkan daha sonra 2 halinde kızgın buhar olarak yoğuşturucuya girer ve yoğuşturucudan 3 halinde doymuş sıvı olarak ayrılır. Yoğuşma sırasında akışkandan çevreye ısı geçişi olur. Soğutucu akışkanın sıcaklığı 3 halinde de çevre sıcaklığının üzerindedir (Çengel ve Boles, 1996).

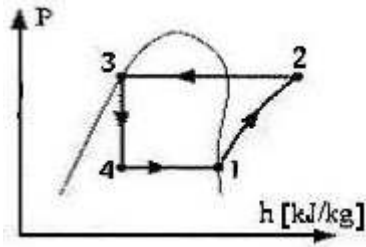
Doymuş sıvı halindeki akışkan daha sonra bir genişleme vanası veya kılcal borulardan geçirilerek buharlaştırıcı basıncına kısıılır. Bu hal değişimi sırasında soğutucu akışkanın sıcaklığı, soğutulan ortamın sıcaklığının altına düşer. Soğutucu akışkan buharlaştırıcıya 4 halinde, kuruluk derecesi düşük bir doymuş sıvı buhar karışımı olarak girer ve soğutulan

ortamdan ısı olarak tümüyle buharlaşır. Soğutucu akışkan buharlaştırıcıdan doymuş buhar halinde çıkar ve kompresöre girerek çevrimi tamamlar.



Şekil 2.2 İdeal buhar sıkıştırımlı soğutma çevriminin genel çizimi ve T – s diyagramı

Buhar sıkıştırımlı soğutma çevrimlerinin çözümlemesinde kullanılan bir başka diyagram da Şekil 2.3'te gösterilen P - h diyagramıdır. Bu diyagramda dört hal değişiminden üçü birer doğru olarak görünmektedir. Ayrıca buharlaştırıcıda ve yoğuşturucuda olan ısı geçişleri, bu hal değişimlerini gösteren doğruların uzunluklarıyla orantılıdır.



Şekil 2.3 İdeal buhar sıkıştırımlı soğutma çevriminin P – h diyagramı

Yoğuşturucu ve buharlaştırıcıda iş etkileşimi yoktur. Kompresör adyabatik kabul edilebilir. Bu durumda, buhar sıkıştırımlı soğutma çevrimine göre çalışan bir soğutma makinesi ve ısı pompasının etkinlik katsayıları aşağıdaki gibi yazılır :

$$COP_{SM} = \frac{Q_L}{W_{net,g}} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \quad (2.5)$$

$$COP_{IP} = \frac{Q_H}{W_{net,g}} = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1} \quad (2.6)$$

İdeal çevrimde, h_1 buharlaştırıcı basıncında doymuş buharın entalpisi, h_3 ise yoğuşturucu basıncında doymuş sıvının entalpisi olur.

Doğru soğutucu akışkanın seçimi : Bir soğutma sistemini tasarlarken kullanılabilir birçok aracı akışkan vardır. Bunlar arasında freonlar veya kloroflorokarbonlar (CFC), amonyak, propan, etan, etilen gibi hidrokarbonlar, karbondioksit, uçakların iklimlendirmesinde kullanılan hava ve donma noktasının üzerindeki bazı uygulamalarda kullanılan su sayılabilir.

Soğutucu akışkan seçiminde etkili olan iki etken, soğutucu akışkanın ısı alışverişinde bulunduğu iki ortamın, başka bir deyişle soğutulan ortamın ve çevrenin, sıcaklıklarıdır.

Birim zamanda yeterli ısı geçişi sağlayabilmek için, soğutucu akışkanla, ısı alışverişinde bulunduğu ortam arasında 5 ile 10 °C kadar bir sıcaklık farkının bulunması gerekir. Bir soğutma çevriminde en düşük basınç buharlaştırıcıda gerçekleşir ve çevrime hava sızmasını önlemek için bu basıncın atmosfer basıncının üzerinde olması gerekir.

Yoğuşturucuda, soğutucu akışkan sıcaklığı (ve böylece basıncı) ısı verilen ortamın sıcaklığıyla belirlenir. Yoğuşturucuda soğutma, hava yerine suyla yapılırsa daha düşük yoğuşma sıcaklıkları ve buna bağlı olarak daha yüksek etkinlik katsayıları elde edilebilir (Çengel ve Boles, 1996).

Soğutucu akışkanın zehirleyici olmaması, pas yapmaması, yanıcı olmaması, kimyasal bileşiminin sabit olması, buharlaşma entalpisinin yüksek olması ve doğal olarak ucuz ve kolaylıkla bulunabilir olması, gözönüne alınması gereken diğer etkenlerdir.

Isı pompalarında, soğutucu akışkanın en düşük sıcaklığı (ve basıncı) çok daha yüksek olabilir, çünkü ısı çekilen ortamın sıcaklığı genellikle soğutma sistemlerinde karşılaşılan sıcaklıklardan daha yüksektir.

3 TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPASI SİSTEMLERİ

Güneş enerjisinin yeryüzüne çarpmasıyla jeokütlede depolanan ısı enerjisini yaşam alanlarına aktarmak amacıyla, toprak kaynaklı ısı pompaları tasarlanmıştır. Toprak kaynaklı ısı pompasının diğer ısı pompası sistemlerinden farkı, toprak kaynaklı sistemlerde, ısı taşıyan akışkan ile jeokütlenin bir toprak ısı değiştiricisi kullanılarak birleştirilmesidir. Yalnız, doğrudan genleşmeli sistemlerde ısı taşıyan akışkan jeokütle ile doğrudan temas etmektedir. Toprak ısı değiştiricileri, jeokütle içine Şekil 3.1’de görüldüğü gibi yatay veya dikey olarak yerleştirilebilirler (www.utpb.edu/ceed). Dikey ısı değiştiricileri yerlerine delme makineleriyle yapılan sondaj sonucu yerleştirilirken, yatay sistemi kurmak için ise bir veya birkaç hendek açılmalıdır.



(a) Yatay



(b) Dikey

Şekil 3.1 Yatay ve dikey toprak ısı değiştiricileri

Yatay ısı değiştiriciler genellikle 1 – 3 m, düşey ısı değiştiricileri ise 20 – 100 m. derinliğe yerleştirilirler.

Isı kaynağı olarak toprağın kullanılması hava ve su kaynaklı sistemlere göre daha pahalıdır. Toprağın altına gömülen borulardan oluşan sisteme toprak ısı değiştiricisi denir. Bu borular yardımıyla, toprağın ısı ısı taşıyıcı akışkana veya çevrimin atık ısısı, ısı taşıyıcı akışkandan toprağa aktarılır. Toprağın bileşimi, yoğunluğu, içerdiği nem miktarı ve gömme derinliği toprak ısı değiştiricisi seçimini ve boyutlandırılmasını etkiler. Toprak özelliklerinin zamana bağlı olarak değişmesi ve ayrıca ısı pompası sisteminin çalışması sırasında boruların etrafında belirli bir bölgede ısı alışverişinden dolayı toprak özelliklerinin değişmesi, ısı pompası kapasitesini ve ısıtma tesir katsayısını etkiler.

Toprağın sıcaklık değişimlerinin havaya göre daha kararlı olması ve salamura – soğutucu

akışkan ısı değiştircilerinin hava – soğutucu akışkan ısı değiştircilerine göre daha az sıcaklık farkında çalışması toprak kaynaklı sistemlerin avantajlı yanlarıdır.

Toprak kaynaklı ısı pompası toprak ısı değiştircisinin uygun derinliğe gömülmesi belirli miktarda hafriyat ve delme gideri gerektirerek ilk yatırım maliyetinin artmasına sebep olur.

3.1 Toprak Kaynaklı Isı Pompası Sisteminin Çalışma Şekli ve Elemanları

Toprak kaynaklı ısı pompaları konutlarda ısıtma, soğutma ve nem kontrolü sağlar. Ayrıca ilave ısıtma sağlayarak veya alışıl gelmiş sıcak su üreticilerinin yerine geçerek sıcak su temininde de kullanılabilir. Toprak kaynaklı ısı pompası sistemlerinde mevcut olan üç ana kısım veya alt sistem şunlardır:

- **Toprak ısı değiştircileri** : Isı taşıyıcı akışkan ile jeokütlenin temasını sağlayarak ısı alışverişine imkan sağlayan boru düzenleri
- **Isı pompası** : Jeokütleden alınan ısıyı binaya aktaran sistem
- **Isı dağıtım sistemi** : Bina içindeki mahalleri ısıtmak veya soğutmak için kullanılan sistem

3.1.1 Toprak Isı Değiştircisi

Toprak ısı değiştircileri, gömülerek ya da daldırılarak jeokütle ile teması sağlayan boru düzenleridir. Toprak ısı değiştircileri içerilerinde dolaştırdıkları akışkanın akış şekline göre kapalı ve açık çevrim olmak üzere ikiye ayrılır (Şekil3.2 - www.utpb.edu/ceed). Kapalı çevrim esasına göre çalışan toprak ısı değiştircilerinde ısı taşıyıcı akışkanın yenilenmesine gerek yoktur. Dolayısıyla bu sistemlerde kullanılan ısı taşıyıcı akışkan miktarı değişmez. Açık çevrim esasına göre çalışan toprak ısı değiştircilerinde ise ısı pompası çevriminde kullanılan akışkan ısı kaynağına atılarak çevrime yine ısı kaynağından sağlanan fakat kaynak özelliklerini bünyesinde barındıran yeni akışkanla devam edilir.

Boru düzenleri düşey veya yatay olabildiğı gibi spiral, helisel ve benzeri geometrilerde de olabilir. Bu geometrileri belirlerken boruların birbirleriyle olan ısı etkileşimleri göz önünde bulundurulmalıdır.

Toprak kaynaklı ısı değiştircilerinde toprağı gömülen veya suya daldırılan borular polietilen malzemeden yapılmaktadır ve genellikle içlerinden su ve antifriz karışımı veya yeraltı suyunun kendisi dolaştırılmaktadır. Yalnızca doğrudan genleşmeli sistemlerde su ve antifriz karışımı yerine ısı pompasının soğutucu akışkanı dolaştırılır. Bu durumda salamurayı dolaştırmak için ilave pompa ve ısı değiştircisi ihtiyacı ortadan kalkar. Bu sistemlerde bakırdan yapılmış boru düzenleri kullanılır ve ara ısı değiştirci olmadığı için bu sistemler

daha verimlidir (Demir, 2005).



(a) Kapalı çevrim



(b) Açık çevrim

Şekil 3.2 Kapalı ve açık çevrim

Toprak ısı değiştiricileri, içerisindeki ısı taşıyıcı akışkanın akış şekline göre seri veya paralel olarak tasarlanabilirler (Şekil 3.3). Sistemin seri veya paralel olarak seçilmesi, sistem etkinliğini, pompalama ihtiyaını ve maliyetini etkiler. Seri tipte tek bir akış yolu mevcuttur. Paralel tipte ise birkaç akış yolu mevcuttur.

Seri sistemin avantajları arasında; tek bir akış yolu bulunmasından dolayı tek tip ve boyutta boru kullanılabilmesi, sistemden hava almanın paralel sistemden daha kolay olması, boru çapının daha büyük olması nedeniyle birim boydaki borunun ısıl etkinliğinin daha iyi olması sayılabilir.

Seri sistemin dezavantajları ise; boru çaplarının daha büyük olması nedeniyle sistem içerisinde daha fazla ısı taşıyıcı akışkan dolaştırılması ve dolayısıyla daha fazla antifriz gerektirmesi, boru ve işçilik maliyetinin daha fazla olması, akışkan basınç kaybının boru çapına ve boyuna bağlı olması nedeniyle pompalama giderlerinin artması ve bundan dolayı toprak ısı değiştiricisinin boru boyunun sınırlı olmasıdır (Diz, 2001).



(a) Seri akış



(b) Paralel akış

Şekil 3.3 Isı taşıyıcı akışkanın akış şekline göre toprak ısı değiştiricileri

Paralel sistemin avantajları arasında; kullanılan boru çapının daha küçük olması nedeniyle boru maliyetinin daha az olması, dolaştırılan ısı taşıyıcı akışkan miktarının ve gerekli antifriz miktarının daha az olması, basınç kayıplarının daha az olması ve buna bağlı olarak pompalama giderlerinin ve dolayısıyla işletme maliyetinin daha az olması sayılabilir.

Paralel sistemin dezavantajları ise; sistemin havasının alınmasının zor olması ve dengeli bir akış ve sistem boyu elde edilebilmesi için boru güzergahındaki akış dengesinin sağlanması gerekliliğidir.

Toprak kaynaklı ısı pompası sistemlerinde kullanılan ısı değiştiricileri üç ana grup altında toplanır:

- Kapalı çevrimli toprak ısı değiştiricileri,
- Açık çevrimli toprak ısı değiştiricileri,
- Doğrudan genişmeli toprak ısı değiştiricileri.

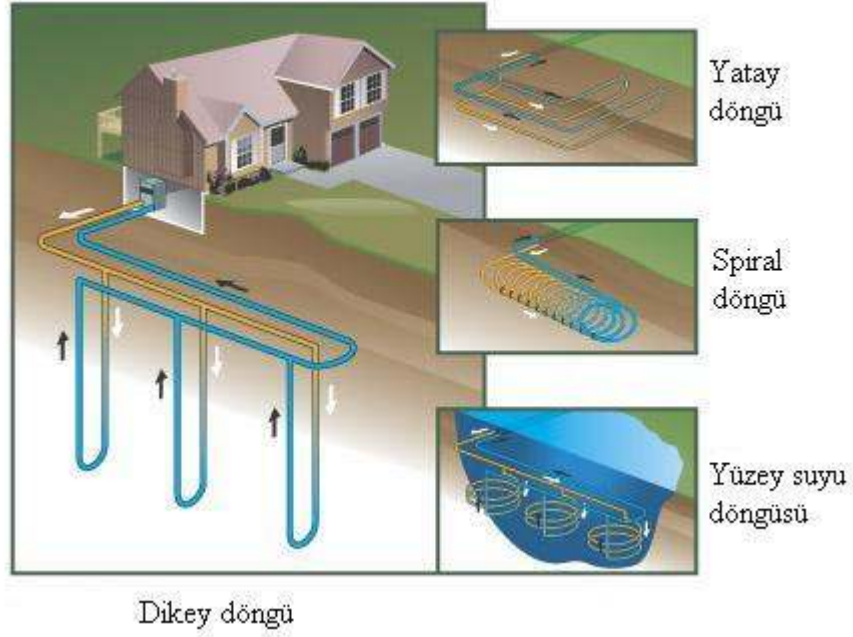
Kullanılan toprak ısı değiştiricileri ısı pompası sisteminin etkinliğini, işletme giderlerini ve ilk yatırım maliyetini etkiler. En verimli toprak ısı değiştiricisi türünün seçiminde coğrafi özelliklerin, arsa alanının ve sistem ekonomikliğinin göz önünde bulundurulması gerekir (Demir, 2005).

3.1.1.1 Kapalı Çevrimli Sistemler

Kapalı çevrimli sistemler yeraltına gömülü bir boru şebekesinden oluşur (Şekil 3.2-a) ve bu şebekeyi oluşturan yüksek güçlü plastik borular ısı değiştiricisi vazifesi görürler. Boru şebekesi ısı taşıyıcı akışkanla doldurulur ve genellikle ısı taşıyıcı akışkan olarak su veya su – antifriz karışımı kullanılır.

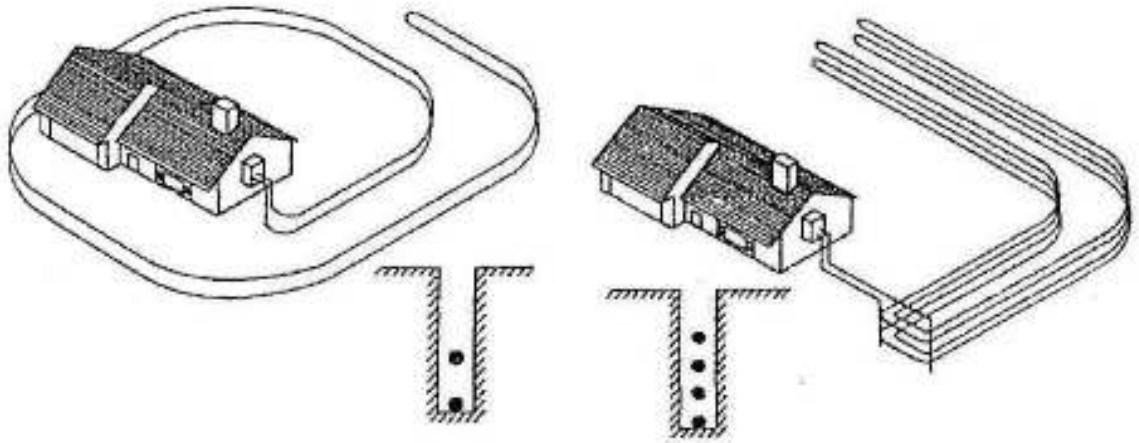
Kapalı çevrimli sistemlerde toprak ısı değiştiricilerinin yatay, spiral, dikey ve yüzey suyuna daldırılmış değişik kurulumları vardır (Şekil 3.4 - www.daviddarling.info). Bu sistemlerde, ısı taşıyıcı akışkanın borular içerisinde dolaşımını sağlamak üzere bir pompa bulunur.

Yatay toprak ısı değiştiricileri : Şekil 3.4'de gösterilen yatay toprak ısı değiştiricileri genellikle arsa alanının uygun olması durumunda kullanılır. Yatay sistemler tek bir hendek veya birbirine yakın hendekler içerisine bir veya daha fazla borunun yerleştirilmesiyle oluşur. Bu ısı değiştiricilerinin iyilik derecesi borular arasındaki mesafeye bağlıdır. Uygulamalarda her bir hendek içine 1 – 6 boru yerleştirilmesi mümkündür. Hendek uzunluklarına, toprak koşullarına ve bir hendekteki boru sayısına bağlı olarak bu sistemlerde birim soğutma yükü için boru boyları 8,7 – 34,6 m/kW arasında değişir (Diz, 2001).



Şekil 3.4 Kapalı çevrimli sistemler

Yatay toprak ısı değiştiricileri ısı taşıyıcı akışkanın akış tipine göre seri veya paralel olarak sınıflandırılabilirler (Şekil 3.5). Bununla beraber toplam hendek uzunluğunu kısaltmak amacıyla tek bir hendek içerisine birkaç boru yerleştirilebilir. Hendeklerin genişliği 0,6 – 0,9 m mertebesindedir. Borular yüzey şartlarından en az etkilenmeleri amacıyla, genelde



Şekil 3.5 Seri ve paralel akışlı yatay toprak ısı değiştiricileri

1,2 – 3,0 m derinlikte döşenirler. Bu mesafe arttıkça gerek toprak sıcaklıklarının daha uygun

olması gerekse boruların yüzey şartlarından daha az etkilenmesi nedeniyle toprak ısı değiştiricilerinin iyilik derecesi artar. Ancak bu durumda hafriyat masrafları da artacağından gömme derinliğine ekonomik analiz sonucu karar verilir. şayet tek bir hendek içerisine birkaç kat boru döşenecekse borular arası kot farkı 0,3 – 0,5 m civarında olmalıdır. Hendekler genellikle 1,8 – 3,7 m aralıklarla kazılır (Miles, 1994). Yatay sistemler çoğunlukla yeraltı su tabakasının ve geniş arazi alanlarının bulunduğu yerlerde kullanılırlar.

Borular döşendikten sonra toprak ve boru arasındaki ısı geçişini iyileştirmek amacıyla hendekten çıkarılan toprağın, yerine tekrar yerleştirilirken, yoğunluğunu artırmak için sıkıştırılması gerekir.

Çizelge 3.1 Pratikte kullanılan boru çaplarının boru uzunluğuna bağlı değişimi

Boru apı (in)	Boru Boyu (m)
$\frac{3}{4}$	≤ 150
1	≤ 230
$1 \frac{1}{4}$	≤ 900
$1 \frac{1}{2}$	≤ 1200
2	≤ 2500

Toprak ısı değiştiricilerinin seri yerleştirilmesi, basınç dūřmesi ve ekonomik değerler incelenerek ele alınmalıdır. Çizelge 3.1'de boru çaplarına göre pratikte uygulanan uzunluk sınırları verilmiştir (Ataman, 1985).

Avantajları : Hendek açma maliyetlerinin kuyu açma maliyetlerinden daha ucuz olması ve yatay sistemlerin daha esnek kurulum seçeneklerine sahip olması.

Dezavantajları : Geniř arazi alanları gerektirmesi, sistemin, toprak sıcaklıklarının sığ derinliklerde mevsimlik değişiminin etkisi altında kalması, toprağın ısıl özelliklerinin mevsimlik değişimlere bağlı olarak dūzensiz olması, yağış miktarının, gömme derinliğinin ve toprağın kuruluğunun dūzensiz olması sebebiyle boru boyu hesaplanmasının zor olması, antifriz karışımlarının pompalama enerjisi ihtiyacını artırması ve bununla birlikte geçen ısı miktarını azaltması sonucu toprak ısı değiştiricisinin etkinliğini dūřürerek sistemin genel verimliliğini azaltması.

Spiral toprak ısı değiştiricileri : Çok borulu yatay toprak ısı değiştiricilerinin bir diğer çeşidi de spiral toprak ısı değiştiricileridir. şekil 3.4'de gösterildiği gibi spiral toprak ısı

değiştiricileri yatay dizilişe sahip, hendeklerin içine yerleştirilmiş sarmal yapıda borulardan oluşmaktadır. Spiral toprak ısı değiştiricilerinin bir başka kurulum şekli de, dar dikey hendeklerin içerisine dik olarak sarmal boruların yerleştirilmesi ile elde edilir.

Spiral toprak ısı değiştiricileri kurulum aşamasında genellikle daha fazla boru gerektirirler. Tipik olarak birim soğutma yükünün sağlandığı boru boyları 43,3 – 86,6 m/kW arasında değişir. Fakat bu sistemlerin hafriyat masrafları yukarıda açıklanan yatay toprak ısı değiştiricileri için gereken hafriyat masraflarından daha azdır.

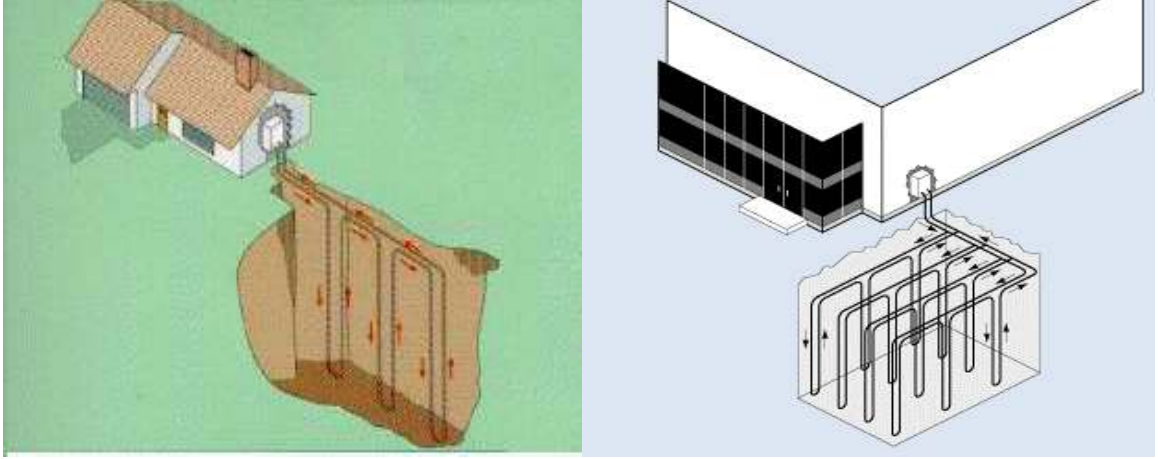
Yatay düzende ki spiral toprak ısı değiştiricileri için genellikle 0,9 – 1,8 m genişlikte hendek kazılır. Çoklu düzende ise hendekler arası mesafe 3,7 m olmalıdır. Dikey düzende ki spiral toprak ısı değiştiricilerindeki hendekler 15,2 cm genişliğindedir ve borular dikey olarak dar hendeklerin içinde bulunmaktadır. Hafriyat maliyeti sistemin ilk yatırım maliyetinin önemli bir kısmını oluşturduğundan, spiral toprak ısı değiştiricileri kullanarak sistemin ilk yatırım maliyetini düşürmek mümkündür. Yatay düzende ki spiral toprak ısı değiştiricileri genellikle düşük kapasiteli sistemlerle beraber ve arsa alanının yeterince geniş olduğu durumlarda kullanılırlar.

Avantajları : Diğer yatay sistemlerden daha az hafriyat gerektirmesi ve bazen ilk yatırım maliyetlerinin diğer yatay sistemlerden daha az olması.

Dezavantajları : Diğer ısı değiştirici tasarımlarından daha fazla boru gerektirmesi, diğer ısı değiştiricisi tasarımlarına göre daha fazla arsa alanı gerektirmesi, toprak sıcaklığının mevsimlik değişimlerin etkisinde kalması, diğer yatay sistemlere göre daha fazla pompalama enerjisi gerektirmesi ve kazım sonrası toprağın geri doldurulması işlemi boyunca boru sisteminin zarar görebilmesi.

Dikey toprak ısı değiştiricileri : şekil 3.4'de gösterilen dikey toprak ısı değiştiricileri genellikle arsa alanının kısıtlı olduğu durumlarda kullanılır. Kuyuların derinlikleri genellikle 22,9 – 91,4 m arasındadır (Demir, 2005).

Kapalı evrimli toprak ısı değiştiricisinde ki borular dikey kuyunun içerisinden geirilirlir. Toprak ve sıcaklık şartlarına göre birim soğutma yükünü sağlayan tipik boru boyu 17,4 – 52,2 m/kW arasında değişir.



(a) Seri

(b) Paralel

Şekil 3.6 Seri ve paralel akışlı dikey toprak ısı değiştiricileri

Toprak ısı değiştiricili ısı pompası sistemlerinin tasarımında ısı değiştiricisinin döşenmesi gereken alanın azaltılmasının bir amaç olduğu düşünülürse, dikey toprak ısı değiştiricili ısı pompası sistemlerinin diğer sistemlere üstünlüğü ortaya çıkar.

Genellikle çoklu kuyu sistemlerine ihtiyaç duyulur ve kuyular birbirlerinden 3,0 – 4,9 m aralıklarla yerleştirilir. Toplam ısı ihtiyacını karşılamak için borular seri veya paralel olarak yerleştirilebilirler (Şekil 3.6a - www.energyenv.co.uk ve Şekil 3.6b - www.eere.energy.gov).

Arsa alanlarının sınırlı olduğu, su tabakasının yüzeyden çok derinde olduğu durumlarda ve zeminin kayalık olduğu durumlarda bu sistemler yaygın olarak kullanılır.

Avantajları : Kapalı çevrimli sistemler içerisinde, bu sistemlerin en az boruya ihtiyaç duyması, pompalama enerji ihtiyacının diğer kapalı çevrimli sistemlerden daha az olması, tüm sistemler içerisinde en az yüzey alanına ihtiyaç duyan sistem olması ve toprak sıcaklığının mevsimlik değişimlerinden etkilenmemesi.

Dezavantajları : Delme makineleri ve donanımları gerektirmesi ve delme işleminin hendek açma işleminden daha pahalı olması.

Yüzey suyuna daldırılmış ısı değiştiricileri : Eğer ortalama boyutlarda göl veya gölet mevcutsa Şekil 3.4’de gösterildiği gibi toprak ısı değiştiricisi su kaynaklarına daldırılarak tesis edilebilir. Bu tip sistemlerde, hava şartlarına bağlı olarak, ısıtma ve soğutma ihtiyaçlarını karşılamak için uygun alan ve derinliğe ihtiyaç duyulur.

Genellikle birim soğutma yükü başına ihtiyaç duyulan boru boyu yaklaşık 26 m/kW’tır ve bu

sistemlerde birim soğutma yükü başına yaklaşık 79,2 m²/kW su birikintisi alanı gerekir (Diz, 2001).

Genellikle bu sistemlerde borular beton desteklere tutturularak yerüstü suyuna daldırılır. Bu beton destekler boruların akıntılara karşı hareketlerini kısıtlayarak sistemi korurlar. Ayrıca boruları su birikintisinin tabanından 22,9 – 45,7 cm yüksekte tutarak ısı geçiş yüzeyi etrafındaki suyun akışının normal olmasını sağlarlar. Isı değiştirici borularının su birikintisi yüzeyinden 1,8 – 2,4 m aşağıda olması önerilir, hatta boruları daha derine yerleştirme imkanı varsa bu imkan değerlendirilmelidir. Bu derinlikler boruları aşırı kuraklık ve diğer şartlarda dahi koruyacak şekilde seçilmelidir.

Isı kaynağı olarak nehir genellikle kullanılmaz, çünkü nehirler sel ve kuraklıktan etkilenerek sistemin zarar görmesine neden olabilirler.

Avantajları : Diğer kapalı sistem tasarımlarına göre daha az boru gerektirmesi ve eğer kaynakta yeterli miktarda su varsa, diğer toprak ısı değiştiricisi tasarımlarıyla karşılaştırıldığında, bu sistemin daha ucuz olması.

Dezavantajları : Çok fazla miktarda su gerektirmeleridir.

3.1.1.2 Açık Çevrimli Sistemler

Açık sistemlerde, kapalı sistemlerdeki ısı taşıyıcı akışkan yerine, ısı kaynağı olarak kullanılan yerüstü ve yeraltı suyu doğrudan ısı taşıyıcı akışkan olarak kullanılır (Şekil 3.2-b). Açık sistemler öncelikle suyun çekildiği ana kuyulardan, ana ve enjeksiyon kuyularından veya yüzey su sistemlerinden oluşurlar.

Açık sistemleri tasarlarken birkaç özel faktör göz önünde bulundurulmalıdır. Birinci önemli faktör kullanılan suyun kalitesidir. Açık çevrimli sistemlerde soğutucu akışkan ile yerüstü veya yeraltı suyu arasındaki ısı değiştiricisi kirlenme, korozyon veya tıkanma tehlikesi ile karşı karşıyadır. İkinci önemli faktör ısı kaynağı veya kuyusu olarak kullanılan su kütlesinin yeterliliğidir. Soğutucu akışkan ile yerüstü veya yeraltı suyu arasındaki ısı değiştiricisinde birim soğutma yükü başına ihtiyaç duyulan su debisi genellikle 0,027 – 0,054 l/s-kW arasındadır. Üçüncü önemli faktör dönüş suyunun ne yapılacağına belirlenmesidir. Dönüş yeraltı veya yerüstü suyu enjeksiyon kuyuları ile toprağa geri verilebildiği gibi göl, ırmak gibi yüzey sistemlerine aktarılabilir. Kuyu tasarımına bağlı olarak açık sistemler, tüm toprak kaynaklı ısı değiştiricileri kurulumlarından daha fazla pompalama yüküne ihtiyaç duyarlar. Bununla birlikte, ideal şartlarda, açık çevrim uygulaması toprak ısı değiştiricisi sistemleri

içerisinde en ekonomik olanıdır (Demir, 2005).

Avantajları : Basit tasarım olanakları sağlaması, kapalı çevrimli sistemlere nazaran daha az delme masrafı gerektirmesi, bu sistemlerin genellikle maliyetinin düşük olması, içilebilir su temin eden kuyular ile kombine kullanılabilmesi ve termodinamik performansının kapalı çevrimli sistemlerden daha iyi olmasıdır. Çünkü açık sistemli kuyularda ısı doğrudan kaynaktan ve kaynak sıcaklığında sağlanırken, kapalı çevrimlerde ısı taşıyıcı akışkan vasıtasıyla kaynak sıcaklığından daha farklı bir değerde ve daha az miktarda taşınır.

Dezavantajları : Her yerde yeraltı veya yerüstü su kaynaklarının bulunmaması, çok fazla su gerektirmesi, suyun her zaman bulunamaması veya sınırlı miktarda bulunabilmesi, genellikle yüksek pompalama gücü gerektirmesi, hatta pompanın gereken kapasitenin üzerinde seçilmesi veya zayıf kontrol edilmesi durumunda aşırı miktarda pompalama gücü gerektirmesi, kaynak suyunun tasarrufu için enjeksiyon kuyusunun kullanılmasının gerektiği durumlarda maliyetinin fazla olması, ısı pompası ısı değiştirici malzemesinin korozyon etkileri ve bakteriyel içerik nedeniyle etkilenmesi.

3.1.1.3 Doğrudan Genleşmeli Sistemler

Yukarıda bahsedilen tüm toprak ısı değiştiricisi sistemlerinde toprakla soğutucu akışkan arasında ısı geçişi sağlamak için ikisi arasında bir ısı taşıyıcı akışkandan faydalanılır. Soğutucu akışkanla toprak arasındaki ısı geçişi döngüsünde ısı taşıyıcı akışkan kullanılması ısı pompası sisteminde sıkıştırma oranlarını yükseltir. Doğrudan genleşmeli sistemlerde aradaki ısı taşıyıcı akışkana, ısı taşıyıcı akışkanla soğutucu akışkan arasındaki ısı değiştiricisine ve dolaşım pompasına gerek yoktur. Bakır borular soğutucu akışkan ile toprak arasındaki ısı geçişini doğrudan sağlamak için toprağın altına yerleştirilirler. Sonuç olarak, ısı geçişi özellikleri ve termodinamik performans artar. Borular, derin düşey çukurlara veya geniş yatay çukurlara gömülebilirler. Düşey tipler genellikle, birim soğutma yükü için 2,6 – 4,0 m²/kW arsa alanı gerektirirler ve genellikle 2,7 – 3,7 m derinliğe yerleştirilirler. Yatay kurulum düzenleri de genellikle birim soğutma yükü için 11,9 – 14,5 m²/kW arsa alanı gerektirirler ve genellikle 1,5 – 3,0 m derinliğe yerleştirilirler. Düşey yerleşimler kumlu, killi veya kuru topraklar için önerilmezler. Toprak ısı değiştiricisi metal olduğu için korozyona sebep olabilir. Toprağın pH değeri 5,5 – 10 arasında olduğunda normalde bu sorunla karşılaşılmaz (Diz, 2001).

Avantajları : Daha yüksek sistem verimliliğine sahip olması ve dolaşım pompası gerektirmemesi.

Dezavantajları : Sistemin efektif ısı geçiş yüzeyi için geniş bir alana ihtiyaç duyması, toprak ısı değiştiricisi etrafında donma tehlikesinin mevcut olması, kompresör yağı dönüşünün daha karmaşık yapıda olması, sistemin daha fazla soğutucu akışkan gerektirmesi, genellikle ilk yatırım maliyetlerinin daha yüksek olması, özellikle düşey ısı değiştiricilerinde veya sistemin hem ısıtma hem de soğutma amaçlı kullanımında oluşabilecek sızıntıların, çevre için son derece tehlikeli olması.

3.1.2 Toprak Kaynaklı Isı Pompası

Toprak kaynaklı ısı pompaları paket tip olup, klasik ısı pompası elemanları ile kontrol elemanlarını ve sıcak su üretimini sağlayan bir sistem içerir. Aynı zamanda, hava kanalı kullanarak ısı dağıtan sistemlerde, hava yönlendiricileri, fan, filtre ve iklimlendirme sistemi için yoğuşma suyu boşaltma sistemi bulunur. şekil 3.7’de paket tip toprak kaynaklı ısı pompası görölmektedir (www.utpb.edu/ceed/ - Mid-American Energy and SchwenBob Productions).

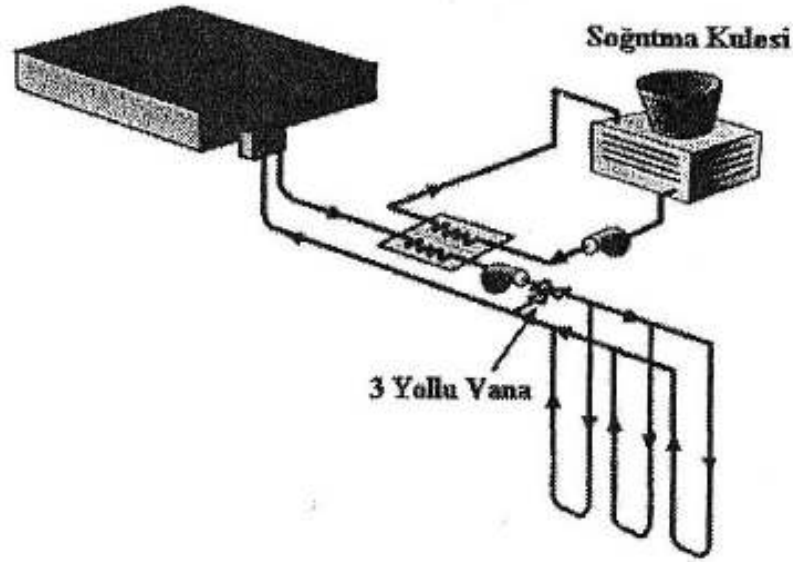


şekil 3.7 Paket tip toprak kaynaklı ısı pompası

Toprak kaynaklı ısı pompası sistemlerinde yatırım maliyeti açısından en önemli bölüm toprak ısı değiştiricileridir. Dolayısıyla, hem toprak kaynaklı ısı pompalarında sistem verimini artırmak hem de toprak ısı değiştiricisinin boyutunu azaltabilmek için güneş enerjisinden ve soğutma kulesinden faydalanmak mümkündür (Demir, 2005).

Güney iklim bölgelerinde veya ısı yükü fazla olan ticari uygulamalarda soğutma yükünün

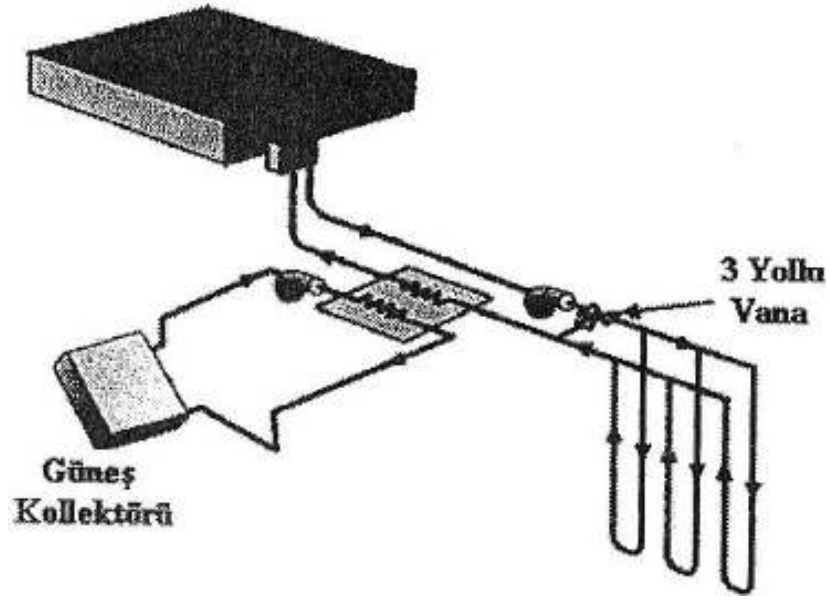
sistem tasarımını zorlaştırıcı bir faktör olarak ortaya çıktığı durumlarda, ihtiyaç duyulan toprak ısı değiştiricisinin uzunluğu, soğutma kulesinin sisteme yardımcı olarak ilave edilmesi ile azaltılabilir. Şekil 3.8’de görüldüğü gibi, soğutma kulesi çevrimi, toprak ısı değiştiricisinin dönüş kısmına bir ısı değiştirici vasıtasıyla bağlanır. Soğutma kulesi çevriminin akış yönü toprak ısı değiştiricisinin içindeki ısı taşıyıcı akışkanın akış yönüne ters olacak Şekilde tasarlanarak ısı taşıyıcı akışkana ön soğutma yapar. Dolayısıyla toprak ısı değiştiricisinin içindeki ısı taşıyıcı akışkanın toprağa atması gereken ısı miktarı azalır. Böylece soğutma kulesi kullanılarak ihtiyaç duyulan toprak ısı değiştiricisi boyutları azaltılabilir. Dolayısıyla sistemin toplam ilk yatırım maliyetinin de azaltılması mümkündür. Bu sistem günümüzde birçok ticari yapılarda başarılı bir Şekilde uygulanmaktadır.



Şekil 3.8 Soğutma kulesi ilave edilmiş sistem

Kuzey iklim bölgelerinde, ısıtma yükünün sistem tasarımını zorlaştırıcı bir faktör olarak ortaya çıktığı durumlarda, ihtiyaç duyulan toprak ısı değiştiricisinin boyutları sisteme güneş toplaçlarının ilave edilmesi ile azaltılabilir. Şekil 3.9’da görüldüğü gibi güneş panelleri toprak ısı değiştiricisinin binaya giriş kısmına bir ısı değiştirici vasıtasıyla bağlanır. Paneller, ısı taşıyıcı akışkana ilave ısı sağlarlar. Bu tür bir sistemle ihtiyaç duyulan toprak ısı değiştiricisi boyutları küçültüleceği gibi ısı taşıyıcı akışkan sıcaklığı artırılarak ısı pompası sisteminin verimliliği artırılabilir (Diz, 2001).

Toprak kaynaklı ısı pompaları yaşam mahallerinin ısıtma, soğutma ve sıcak su ihtiyacının üçünü birden sağlamaktadır. Özellikle sulu ısıtma ve kullanım sıcak suyunun sağlanması kazan ve donanımlarına ihtiyaç ortadan kalkmaktadır.



Şekil 3.9 Güneş toplaç destekli sistem

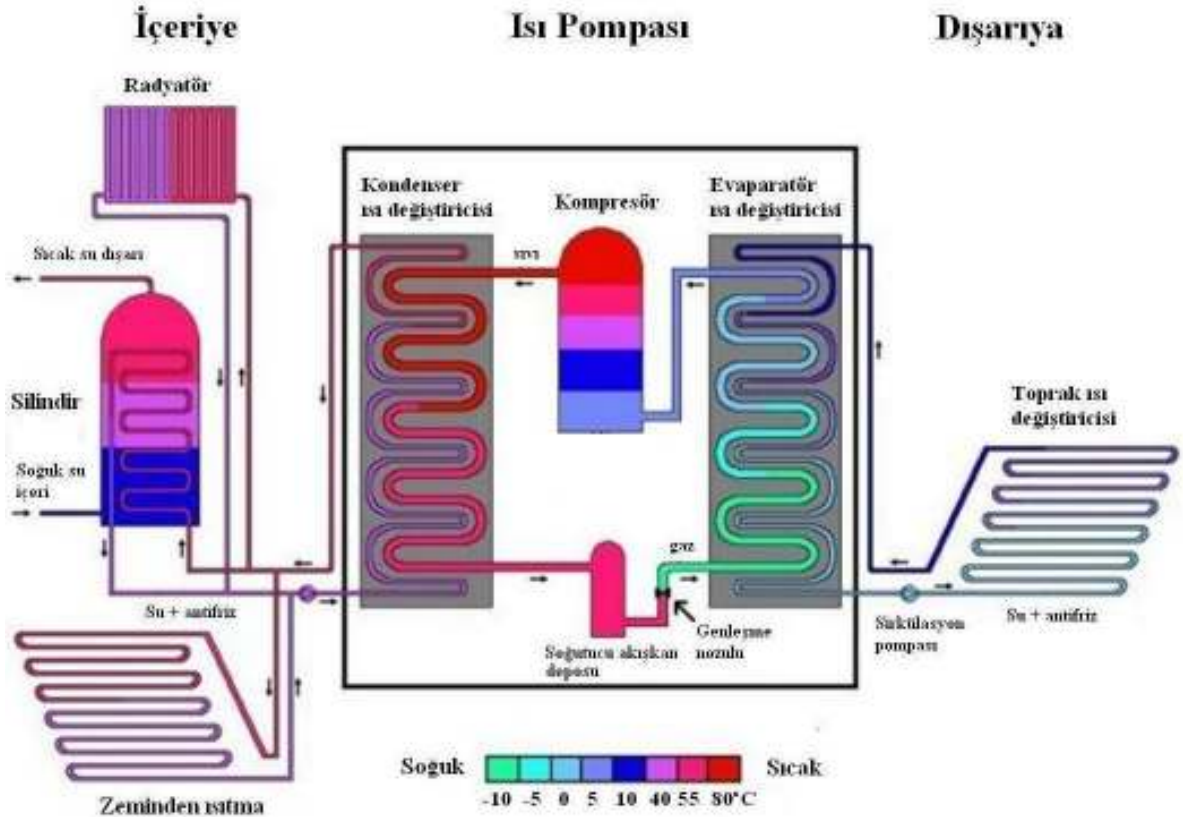
Ayrıca bu sistemlerde yakıtların yakılmasıyla kimyasal enerjinin ısı enerjisine dönüştürülmesi yerine ısının topraktan taşınarak elde edilmesi esas alındığından yakıt temini, depolanması ve maliyeti ortadan kalktığı gibi fosil kaynaklı yakıtların yakılmasıyla ortaya çıkan çevre kirliliğinin de önüne geçilmiş olur. Tüm bunların yanısıra toprak kaynaklı ısı pompalarının kullanımı için özel bir elemana gerek yoktur.

3.1.3 Dağıtım Sistemi

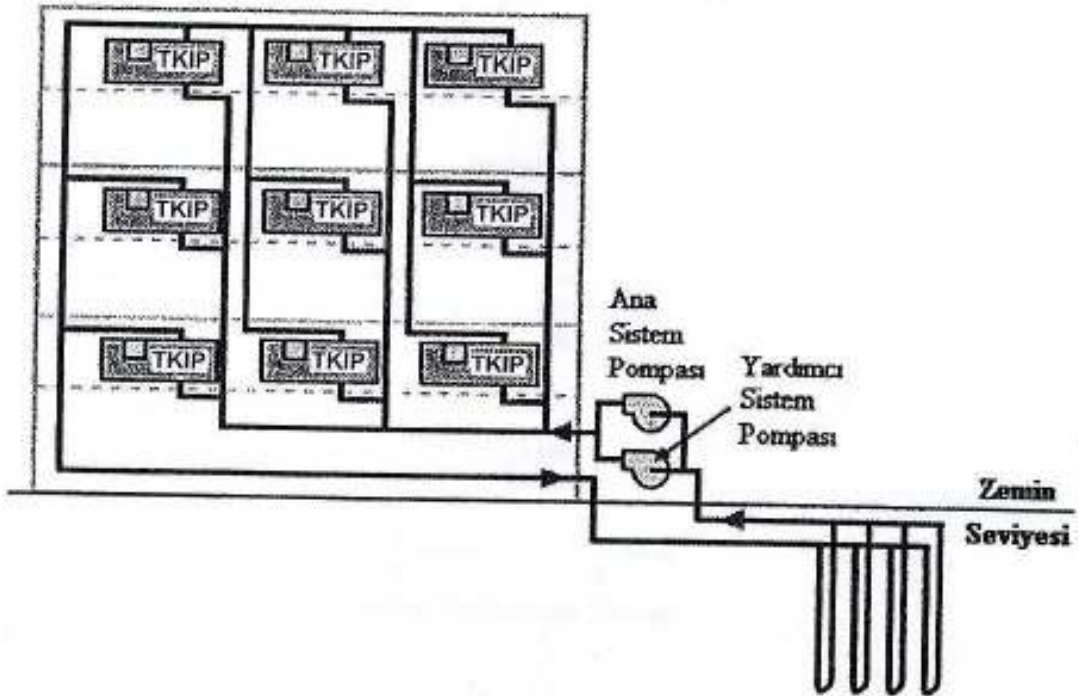
Dağıtım sistemi, ısı pompasının yaşam mahaline ısıyı aktarırken kullandığı, ısı taşıyıcı akışkana göre tesis edilir.

Burada ısı taşıyıcı akışkan hava veya su olabilir. Havalı sistemlerde sıcak veya soğuk havayı dağıtmak için alışlagelmiş hava dağıtım kanalları kullanılır. Sulu sistemlerde ise ısıtmada radyatör sistemleri ile döşemeden ısıtma sistemleri kullanılır. Isıtmanın yanısıra binanın soğutma ihtiyacı mevcut ise fan-coil sistemi tercih edilmelidir. Şekil 3.10'da toprak kaynaklı ısı pompasının işleyişi ve ısı dağıtım seçenekleri görülmektedir (www.earthwisescotland.co.uk).

Okullar ve ofisler gibi büyük ticari yapılardaki sistemlerde bölgelere göre, belki her bir sınıf veya ofis için bir adet olmak üzere çoklu ısı pompaları kullanılarak, yapının içindeki bir çevrimle aynı toprak ısı değiştiricisine bağlamak mümkün olabilir. Isı dağıtımını her mahal için bağımsız olarak yaparak her bir alanın ayrı ayrı kontrol edilmesi mümkündür (Şekil 3.11).



Şekil 3.10 Toprak kaynaklı ısı pompasının işleyişi ve ısı dağıtım seçenekleri



Şekil 3.11 Çoklu ısı pompası sistemi ile ısı dağıtımı

3.2 Toprak Kaynaklı Isı Pompasının Avantaj ve Dezavantajları

Toprak kaynaklı ısı pompalarının alışlagelmiş ısıtma ve soğutma yöntemlerine seçenек oluşturma, yerel hava kalitesine katkı sağlama, enerji temin sorunlarını çözmeye yardımcı olma, enerji giderlerini azaltma, tasarım esnekliği sağlama gibi bir dizi yararları vardır. Bunun yanısıra toprak kaynaklı ısı pompalarının ilk yatırımının daha yüksek olması, performansının toprak ısı değiştiricisine ve donanımlarına bağlı olması gibi sakıncaları da mevcuttur.

Toprak kaynaklı ısı pompaları uygun şekilde tasarlandığında, ısı dağıtım sistemi çevrimlerindeki ısı taşıyıcı akışkan sıcaklığı, donanımın alışlagelmiş hava kaynaklı ısı pompaları ve fosil yakıtlı düzeneklerden daha yüksek bir etki katsayısıyla ve ekonomik olarak işletilmesini sağlar (Demir, 2005).

Isı dağıtımını sonunda tekrar ısınmak veya soğumak için yoğunlaştırıcıya giren ısı taşıyıcı akışkan sıcaklığı, hava kaynaklı ısı pompalarındaki dönüş havasının sıcaklığından daha düşük olduğu için kompresör daha düşük güç ihtiyacı gerektirir ve düşük soğutucu akışkan basınç farklarında çalışırılır.

Bu durum (P - h) diyagramında yoğunlaştırıcı basıncının buharlaştırıcı basıncına yaklaşmasıyla kendini gösterir. Isı dağıtım sisteminin çevrim sıcaklıkları dış hava sıcaklıklarının değişimiyle çok az değişir. Bu yüzden sağlanan ısıtma ve soğutma kapasitesi, daha kararlı bir yapıdadır. Toprak kaynaklı ısı pompaları aynı zamanda, büyük yapılarda yaygın olarak kullanılan merkezi ve değişken hava debili sistemlere kıyasla çok daha küçük fan ve pompa enerjisi gerektirir.

Toprak kaynaklı ısı pompaları, ilk yatırım maliyetlerinin yüksek olmasına rağmen, enerji ve bakım giderlerinin düşük olması ve donanım ömrünün uzun olması nedeniyle, yapım ve kullanım ömrü boyunca meydana gelen işletme giderleri göz önüne alındığında diğer sistemlerden daha avantajlıdır. Buna rağmen toprak kaynaklı ısı pompasının kullanımını kısıtlayan en önemli faktörler bu sistemlerin ilk yatırım maliyetlerinin diğerlerine göre daha yüksek olması, jeotermal ısı kaynaklarına olan ilgisizlik ve gerek sistemi tasarlayacak gerekse sistemi kuracak yeterli sayıda nitelikli elemanların bulunmasında karşılaşılan güçlüklerdir. Çizelge 3.2'de toprak ısı değiştiricisi türüne göre toprak kaynaklı ısı pompalarının faydaları ve sakıncaları görülmektedir.

Çizelge 3.2 Toprak kaynaklı ısı pompalarının yararları ve sakıncaları

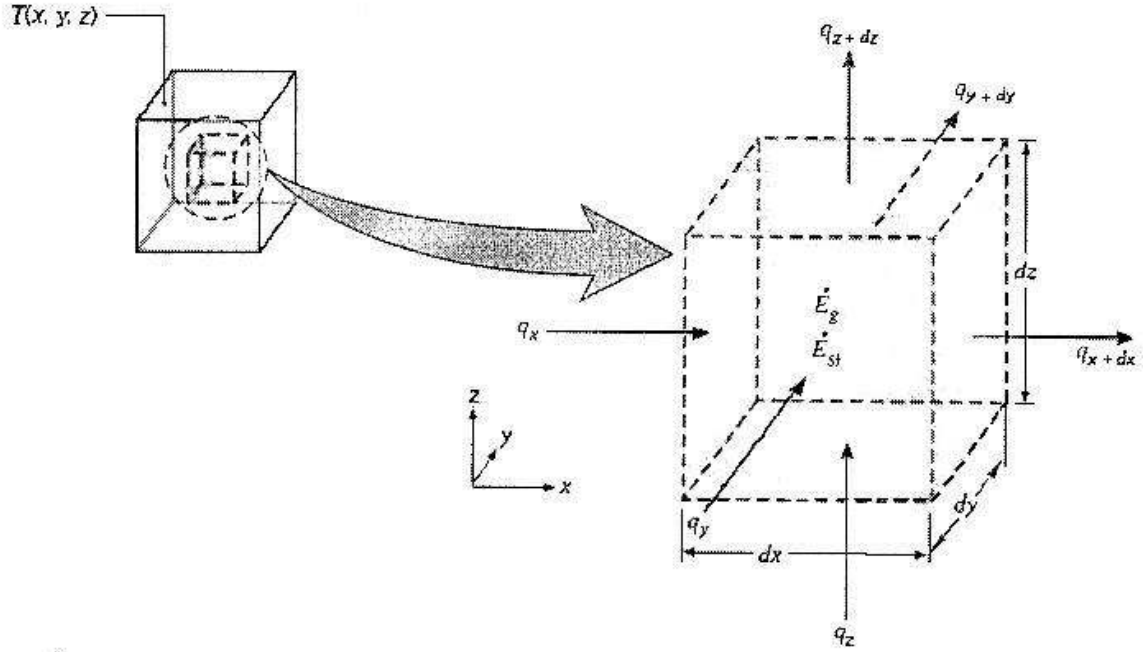
SİSTEMLER	YARARLARI	SAKINICALARI
Yatay toprak ısı değiştircili ısı pompası	<ul style="list-style-type: none"> Enerji tüketiminin düşük olması İşletme giderlerinin orta düzeyde olması Performansının hava kaynaklı ısı pompası sistemlerinden daha iyi olması 	<ul style="list-style-type: none"> Kuru toprağın sudan daha kötü ısı kaynağı ve kuyusu olması İlk yatırım masraflarının yüksek olması İlave pompalama giderlerinin olması Çok fazla açık alan gerektirmeleri
Düşey toprak ısı değiştircili ısı pompası	<ul style="list-style-type: none"> Enerji tüketiminin düşük olması İşletme giderlerinin orta düzeyde olması Performansının hava kaynaklı ısı pompası sistemlerinden daha iyi olması 	<ul style="list-style-type: none"> Kuru toprağın sudan daha kötü ısı kaynağı ve kuyusu olması İlk yatırım masraflarının yüksek olması İlave pompalama giderlerinin olması Derin kuyuların çukur kazmaktan daha pahalı olması
Yüzey suyuna daldırılmış ısı pompası	<ul style="list-style-type: none"> Enerji kaynağının verimli olması İşletme giderlerinin orta düzeyde olması Hava kaynaklı ısı pompalarında olduğu gibi buz çözme çevrimi gerektirmemesi 	<ul style="list-style-type: none"> Uygun su yerlerinin bulunabilirliğinin sınırlı olması Sistemin tıkanma, kirlenme veya korozyon etkilerine maruz kalması Akıntı veya dalga etkisinin cihaza zarar verebilme olasılığı İlk yatırım masraflarının yüksek olması İlave pompalama giderlerinin olması

3.3 Toprak Sıcaklığı ve Toprak ısı Değiştircisindeki ısı Geçişi

3.3.1 Toprak ısı Değiştircisindeki ısı Geçişi İle İlgili Temel Esaslar

Bu bölümde toprak ile toprak ısı değiştircisindeki ısı taşıyıcı akışkan arasında meydana gelen zamana bağlı geçici rejimdeki ısı geçişini ve toprak sıcaklığının zamana ve derinliğe bağlı değişimini hesaplamamızı sağlayan denklemler verilecektir.

şekil 3.12’de görülen kontrol hacmi için enerjinin korunumu an denklemi olarak denklem (3.1)’de, bu denklemin kontrol hacmine uygulanmasıyla elde edilen ısı yayılım denkleminin kartezyen koordinatlardaki en genel ifadesi de denklem (3.2)’de verilmiştir (Dewitt ve Incropera, 2001). Denklem (3.2) ısı iletim çözümlemesinin temel aracıdır ve bir boyutlu periyodik ısı iletim denkleminin çözümlüne de temel oluşturmaktadır.



Şekil 3.12 Kartezyen eksenlerde iletim çözümlemesi için diferansiyel kontrol hacmi

$$\dot{E}_i + \dot{E}_g - \dot{E}_o = \dot{E}_{st} \quad (3.1)$$

- \dot{E}_i : Kontrol hacmine giren ısı miktarı
- \dot{E}_g : Kontrol hacminde üretilen ısı miktarı
- \dot{E}_o : Kontrol hacminden çıkan ısı miktarı
- \dot{E}_{st} : Kontrol hacminde depolanan ısı miktarı

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \frac{\dot{q}}{k} = \frac{1}{\alpha} \frac{\partial T}{\partial t} \quad (3.2)$$

Bir ortamda sıcaklık dağılımını belirlemek için, ortamın sınırlarında var olan fiziksel koşullara ve olay zamana bağlı ise, ortamın bir başlangıç anındaki haline bağlı olarak ısı denklemini çözmek gerekir (Dewitt ve Incropera, 2001).

Isı denklemini zamana göre birinci mertebeden olduğundan başlangıç koşulu tektir.

En genel halde sıcaklık $T=T(x,y,z,t)$ olmak üzere 4 değişkene bağlıdır. Matematiksel olarak $t = 0$ tanında $T(x,y,z,t) = T(x,y,z,0)$ olacağından başlangıç şartı,

$$T(x, y, z, 0) = T_i(x, y, z) \quad (3.3)$$

olarak yazılabilir. Başlangıç şartı $t = 0$ anında sistemin her noktasında sağlanmalıdır. Şayet

yüzeyin her noktasında sıcaklık aynı değeri muhafaza etmekteyse izotermik durum sözkonusudur (Dağsöz, 1990).

Isı denklemi uzamsal eksenlerde ikinci mertebeden olduğundan sistemin çözümünde kullanılan eksenlerin herbiri için iki sınır koşulu yazılmalıdır.

Isı geçişinde, genellikle karşılaşılan 3 çeşit sınır koşulu vardır. Koşullar $x = 0$ yüzeyinde bir boyutlu sistem için belirtilmektedir. Isı geçişi artı x yönündedir ve zamana bağlı olabilen sıcaklık dağılımı $T(x,t)$ ile gösterilmiştir (Dewitt ve Incropera, 1990).

1) Yüzeyin sabit bir T_s sıcaklığında olduğu durum:

$$T(0,t) = T_s \quad (3.4)$$

2) Yüzeyde sabit veya değişmeyen bir ısı akısı (q_s)nın var olma durumu:

a) Sonlu ısı akısı

$$-k \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=0} = q_s \quad (3.5)$$

b) Adyabatik veya yalıtılmış yüzey

$$\frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=0} = 0 \quad (3.6)$$

3) Yüzeyde taşınım olması durumu:

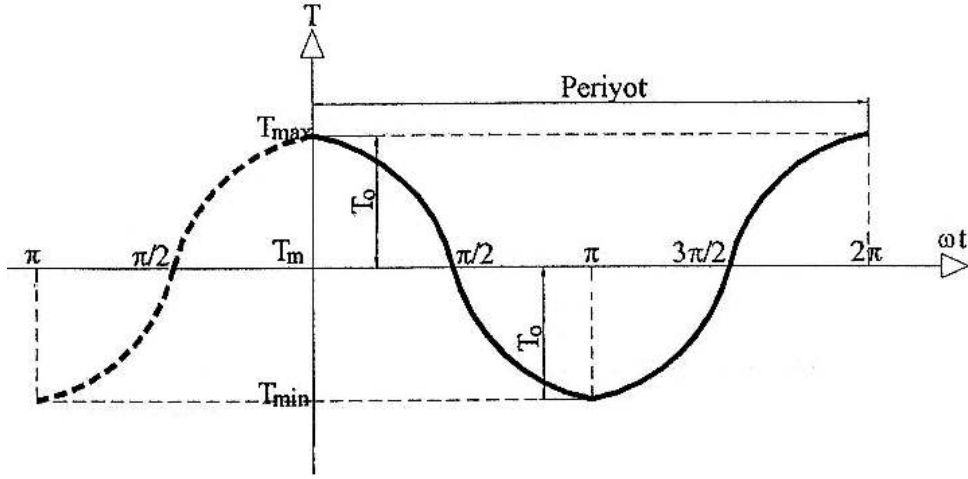
$$-k \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=0} = h[T_\infty - T(0,t)] \quad (3.7)$$

Zamana bağlı rejim halinde $t = 0$ başlangıç anındaki sıcaklıklar verilerek sıcaklığın zamana göre değişiminin bilinmesi arzu edilir (Dağsöz, 1990).

Toprağın sıcaklığının zamana ve derinliğe bağlı değişiminin belirlenebilmesi için; toprağın yüzeyindeki yıllık veya aylık sıcaklık değişimlerinin bilinmesi gerekir. Toprak sıcaklığı yaz ortasında maksimum, kış ortasında minimum değere sahiptir ve zamana bağlı sıcaklık değişimi sinüs veya kosinüs dalgalanmalarına çok yakın bir seyir izlemektedir. Dolayısı ile toprağın sıcaklığının belirli bir derinlikte zamanla periyodik olarak değiştiği kabulü yapılarak toprağın sıcaklığının zamana ve derinliğe bağlı değişimini matematiksel olarak ifade etmek için yüzeydeki toprak sıcaklığı değişimi;

$$T(0,t) = T_m + T_0 \cdot \cos(\omega \cdot t) \quad (3.8)$$

olarak yazılabilir. (Diz, 2001). Burada; T_m yıllık ortalama sıcaklık, T_0 mevsimlik sıcaklık değişiminin genliği, ω açısal hız ve t zamandır. Denklem (3.8)'de t yerine “sıfır” değeri girildiğinde yüzeydeki toprak sıcaklığının maksimum değeri elde edilir (Şekil 3.13).



Şekil 3.13 Matematiksel olarak öngörülen toprak sıcaklığı değişimi

Toprak sıcaklığının derinliğe ve zamana bağlı değişimi denklem (3.9) ile ifade edilmiştir (Diz, 2001).

$$T(x,t) = T_m + T_0 e^{-x\sqrt{\omega/2a_t}} \cdot \cos\left(\omega \cdot t - x\sqrt{\frac{\omega}{2a_t}}\right) \quad (3.9)$$

Denklem (3.9) ile, sadece yüzeydeki toprak sıcaklığının zamana bağlı olarak değişiminin bilinmesi ile toprağın, herhangi bir derinlikte ve herhangi bir zamandaki sıcaklığını hesaplamak mümkündür. Bu denklemde yer alan açısal hız (ω) ifadesi açık olarak yazılırsa yani $\omega = 2\pi / P$ dönüşümü yapılırsa;

$$T(x,t) = T_m + T_0 e^{-x\sqrt{\pi/a_t P}} \cdot \cos\left(2\pi \cdot \frac{t}{P} - x\sqrt{\frac{\pi}{a_t P}}\right) \quad (3.10)$$

ifadesi elde edilir. Denklemde ısı yayılım katsayısı (ısı difüzivite) “ a_t ” cgs biriminde ifade ediliyorsa, asal birimler olan uzunluğun “cm”, kütle için “gr” ve zamanın da “s” biriminde kullanılması gerektiği unutulmamalıdır. Denklem (3.10)'da yer alan kosinüslü ifadenin solundaki “ t / P ” terimini oluşturan zaman “ t ” ve periyot “ P ” terimlerinin birimleri aynı olup birbirlerini götürdüğüne göre denklemin daha kullanışlı olması için söz konusu ifadenin elemanlarının “gün” biriminde yazılması mümkündür. Herhangi bir karışıklığa sebep vermemek için birimi “gün” olan ifadeler değişik bir simge ile gösterilirse ifade aşağıdaki

halini alır.

$$T(x,t) = T_m + T_0 e^{-x\sqrt{\pi/a_t P}} \cdot \cos\left(2\pi \cdot \frac{t^*}{P} - x\sqrt{\frac{\pi}{a_t P}}\right) \quad (3.11)$$

Denklem (3.11)'de “t^{*}” terimi gün biriminde zamanı temsil ederken, “t” terimi saniye biriminde zamanı temsil etmektedir. Aynı şekilde “P^{*}” terimi gün biriminde periyodu temsil ederken, “P” terimi de saniye biriminde periyodu temsil etmektedir. Denklemde “x” terimi ise toprağın yüzeyden derinliğini ifade etmektedir.

Denklemde yer alan toprağın yüzeydeki ortalama sıcaklığı “T_m” ve toprak yüzeyindeki sıcaklığın değişim miktarı “T₀” terimlerinin belirlenmesinde; toprağın uzun dönemde kaydedilen yüzey sıcaklıklarına göre hareket edilmelidir ve bu kaydedilen değerlerin ortalamasına göre yüzeydeki, maksimum ve minimum sıcaklıklar ve dolayısıyla sıcaklık değişim miktarı tespit edilmelidir (Diz, 2001).

Denklemlerde toprağın fiziksel özellikleri ısı yayılım katsayısı “a_t” terimi ile ele alınmıştır. Değişik toprak cinslerinin fiziksel özellikleri birbirinden farklı olduğuna göre; hesaplamaların yapıldığı yerin toprak cinsi deneysel olarak belirlenmelidir.

Değişik toprak cinsleri ve fiziksel özellikleri Çizelge 3.3’de gösterilmiştir (Ingersoll ve Plass, 1955).

Çizelge 3.3 Değişik toprak tipleri ve fiziksel özellikleri

Toprak Tipi	k _t	a _t
	W/m°C	m ² /gün
% 43 sulu kalkerli toprak	0,71	0,015
Kuartzlı, orta derecede iyi, kuru kum	0,26	0,018
Kuartzlı kum (% 8,3 nemli)	0,588	0,029
% 15 nemli kumlu kil	0,92	0,031
Kuru toprak	0,17-0,35	0,018-0,027
Nemli toprak	1,38-3,46	0,045-0,089
Çamur	0,86	0,020

3.3.2 Toprak Sıcaklığı Salınımının Hesaplanması

Bir önceki bölümde toprak sıcaklığının derinliğe ve zamana bağlı değişiminin denklem (3.11)

ile ifade edildiğinden bahsedilmiştir. Bu denklem vasıtasıyla, toprak sıcaklığının zamana ve derinliğe bağlı değişimi belirlenecektir.

$$T(x,t) = T_m + T_0 e^{-x\sqrt{\pi/a_t P}} \cdot \cos\left(2\pi \cdot \frac{t^*}{P^*} - x\sqrt{\frac{\pi}{a_t P}}\right) \quad (3.11)$$

Toprağın sıcaklığının zamana ve derinliğe bağlı değişiminin hesaplanması için, belirlenmesi gereken üç önemli husus vardır. Bunlar; toprağın yüzeydeki ortalama sıcaklığı T_m , toprak yüzeyindeki sıcaklığın değişim miktarı T_0 ve periyodun başlangıç noktası ($t = 0$ değeri) nin yılın hangi gününü ifade ettiğidir.

Yüzeydeki toprak sıcaklığının maksimum olduğu zamana; denklem (3.11)'deki “ t^* ” değişkeninin sıfır olması ile ulaşılabilir. Dolayısıyla yüzeydeki toprak sıcaklığının maksimum olduğu gün, periyodik hareketin başlangıç ve aynı zamanda bitiş noktasını belirtmektedir.

Çizelge 3.4 SULAMA 2000 programından elde edilen aylık toprak yüzeyi sıcaklıkları

Aylar	Ortalama Maks. Sıcaklık (°)	Ortalama Min. Sıcaklık (°)
Ocak	8,7	3,8
Subat	9,1	3,1
Mart	11,3	4,7
Nisan	16,5	8,6
Mayıs	20,8	12,5
Haziran	25,9	17
Temmuz	28,2	19,6
Ağustos	28,6	19,9
Eylül	24,7	16
Ekim	19,8	12,7
Kasım	14,1	8,1
Aralık	10	5,2

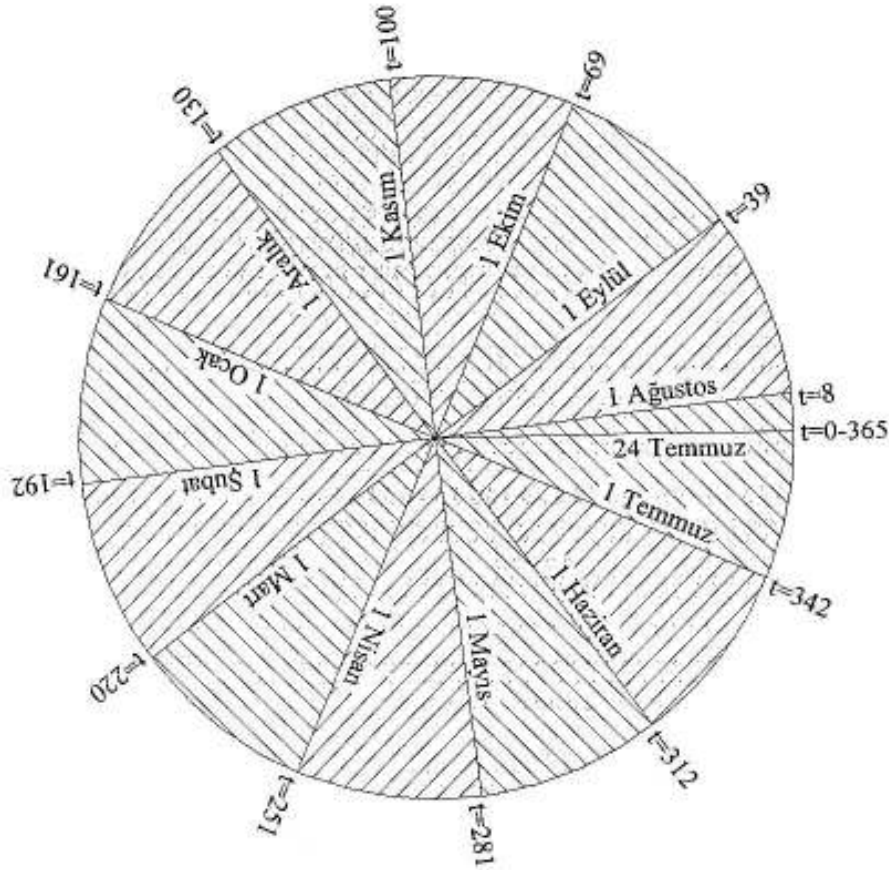
Denklemden yer alan toprağın yüzeydeki ortalama sıcaklığı “ T_m ”, toprak yüzeyindeki sıcaklığın değişim miktarı “ T_0 ” terimlerinin belirlenmesinde ve yüzeydeki toprak sıcaklığının maksimum olduğu günün tespit edilmesinde; toprağın uzun dönemde kaydedilen yüzey sıcaklıklarına göre hareket edilmesi gerektiği daha önce söylenmişti. Meteoroloji verileri kısa zaman aralıkları için elde edilebildiğinden Sulama 2000 programından (Çizelge 3.4) elde edilen son on yıllık değerlerin aylık ortalaması esas alınarak ve bu değerler söz konusu yıllardaki meteoroloji verileri ile desteklenerek toprağın yüzeydeki ortalama

sıcaklığı,

$$T_m = \frac{T_{maks} + T_{min}}{2} = \frac{28,6 + 3,1}{2} = 15,85 \text{ } ^\circ\text{C}$$

olarak bulunur (Diz, 2001).

Yüzeydeki toprak sıcaklığının değişim miktarı; $T_0 = 10,4^\circ\text{C}$ olarak kabul edilmiştir (Diz, 2001). İstanbul Göztepe için toprağın ısı yayılma katsayısı, nemli toprak için Çizelge 3.3'e uygun olarak $a_t = 0,0588 \text{ m}^2/\text{gün} = 0,00245 \text{ m}^2/\text{saat} = 0,0068 \text{ cm}^2/\text{sn}$ olarak alınmıştır.



Şekil 3.14 Yılın günlerinin periyot içindeki konumları

Belirlenmesi gereken son önemli husus, periyodun başlangıcının yılın hangi gününe denk geldiğidir. Yüzeydeki toprak sıcaklıklarının değişim trendine göre temmuz ayının son haftasında; yüzeydeki zamana bağlı sıcaklık eğrilerinin tepe noktasına ulaştığı gözlenmiştir. Dolayısıyla periyodun başlangıç anı, 24 Temmuz olarak belirlenmiştir. Yılın diğer günleri için t değerleri Şekil 3.14'de gösterilmiştir.

Bir örnek teşkil etmesi açısından, yukarıdaki bilgiler ışığında 24 Temmuz için 1m derinlikteki toprak sıcaklığı, denklem (3.11) kullanılarak aşağıdaki gibi bulunur.

$$T_{top} = 15,85 + 10,4e^{-100\sqrt{\pi/(0,0068 \times 365 \times 24 \times 3600)}} \cdot \cos\left(2\pi \cdot \frac{0}{365} - 100\sqrt{\frac{\pi}{0,0068 \times 365 \times 24 \times 3600}}\right)$$

$$T_{top} = 22,4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

3.3.3 Topraktaki Isı Geçişi İle İlgili Temel Kabuller

Yer ısı değiştiricilerinin analitik olarak tasarımı aşağıda yer alan iki farklı modelden biri esas alınarak yapılmaktadır. Bunlardan birincisi “Sabit Isı Akısı Kabulü”, ikincisi “Sabit Yüzey Sıcaklığı Kabulü”dür.

Sabit ısı akısı kabulü için en basit teori “çizgisel kaynak teorisi”dir. Isı kaynağının çok uzun fakat çok küçük çaplı olması durumunda, ısı kaynağı “çizgisel kaynak” olarak kabul edilebilir. Buradan hareketle toprak altındaki borularda ısı geçişi bu yöntem ile incelenebilir.

Bu modele göre, çizgisel kaynaktan “r” kadar uzakta bulunan bir bölgedeki sıcaklık değişimi; geçen ısı miktarı, zaman ve toprak özelliklerine bağlı olarak hesaplanabilir. Çizgisel kaynak teorisinde; toprak özelliklerinin düzgün dağılımlı ve sabit, hesap yapılan zaman aralığında birim boydaki ısı geçişinin sabit ve ısı kaynağının çizgisel bir kaynak olduğu (yani çok uzun ve ufak çaplı) kabulleri yapılmıştır (Ataman, 1985 ve Babür, 1986).

Sabit ısı akısı için toprak sıcaklığındaki değişim bu teori ile uygun bir şekilde hesaplanabilir. Normal topraklarda, özellikle 100 mm’den daha küçük ve bir günden daha uzun zaman aralıklarında basit çizgisel kaynak denklemi, pratik uygulamalar için en fazla % 2’lik bir hata payıyla sonuç verir (Ingersoll ve Plass, 1955).

Çizgisel kaynak denklemi, zamanın çok kısa, boru çapının çok büyük olması durumunda önemli miktarda hatalara sebep olmaktadır (Diz ve Koyun, 2001).

Sabit yüzey sıcaklığı modelinde; toprak özelliklerinin üniform ve sabit, hesap yapılan zaman aralığında birim boydaki ısı geçişinin değişken, borunun yüzey sıcaklığının sabit bir değerde tutulduğu kabul edilmiştir.

Borunun içerisindeki akışkan özelliklerinin, boru cidarından merkezine doğru farklılık göstermediği ve tüm kesitte akışkanın ortalama özelliklerinin hüküm sürdüğü kabul edilmiştir (Diz ve Koyun, 2001).

Bu kabullere dayanarak ısı taşıyıcı akışkanın çıkış sıcaklığının denklem (3.12) kullanılarak bulunabileceği ifade edilmiştir. (Diz ve Koyun, 2001).

$$T_{s2} = T_{top} - (T_{top} - T_{s1}) \cdot e^{-\frac{k_t \cdot F(z) \cdot L}{m \cdot c_p}} \quad (3.12)$$

Toprak ısı değiştiricisine giriş ve toprak ısı değiştiricisinden çıkış sıcaklıkları sırasıyla T_{s1} ve T_{s2} olan suyun topraktan çektiği ısı miktarı denklem (3.13) ile hesaplanır.

$$Q_t = m \cdot c_p \cdot (T_{s2} - T_{s1}) \quad (3.13)$$

Denklem (3.12)'nin denklem (3.13)'de yerine konmasıyla denklem (3.14) elde edilir. Denklem (3.14), tüm boru boyunca topraktan suya aktarılan toplam ısı miktarını verir.

$$Q_t = m \cdot c_p (T_{top} - T_{s1}) \cdot \left[1 - e^{-\frac{k_t \cdot F(z) \cdot L}{m \cdot c_p}} \right] \quad (3.14)$$

Denklem (3.14), n modüllü bir toprak ısı değiştiricisi için denklem (3.15)'e dönüşür.

$$Q_t = n \cdot m \cdot c_p (T_{top} - T_{s1}) \cdot \left[1 - e^{-\frac{k_t \cdot F(z) \cdot L}{m \cdot c_p}} \right] \quad (3.15)$$

Modül su debisi aşağıdaki denklemle hesaplanabilir.

$$m = \rho_s \cdot u \cdot A_{mb} = \rho_s \cdot u \cdot \frac{\pi \cdot d_i^2}{4} \quad (3.16)$$

- Q_t : Topraktan suya geçen ısı miktarı (W)
- n : Modül sayısı
- m : Bir modüldeki su debisi (kg/s)
- c_p : Özgül ısı (j/kg°C)
- T_{top} : Toprak sıcaklığı (°C)
- T_{s1} : Suyun toprak ısı değiştiricisine giriş sıcaklığı (°C)
- T_{s2} : Suyun toprak ısı değiştiricisinden çıkış sıcaklığı (°C)
- L : Toprak ısı değiştiricisi modül boru boyu (m)
- k_t : Toprak ısı iletkenlik değeri (W/m°C)
- $F(z)$: İntegral işlemi sonucu yerine kullanılan değer
- ρ_s : Suyun yoğunluğu (kg/m³)
- u : Modül boru su akış hızı (m/s)
- A_{mb} : Modül boru akış kesit alanı (m²)
- d_i : Modül boru iç çapı (m)

Yukarıdaki ifadede yer alan $F(z)$ değerleri; aşağıda belirli aralıklar için z değerlerine bağlı olarak ifade edilmiştir (Diz ve Koyun, 2001).

$$z = \frac{a_t \cdot t}{r^2} \quad (3.17)$$

a_t : Toprak ısı yayılım katsayısı (m^2 /saat)
 t : Zaman (saat)
 r : Boru yarıçapı (m)

$$0,01 \leq z \leq 1 \text{ için } F(z) = 5,8555 \cdot z^{-0,3927} \quad (3.18)$$

$$1 \leq z \leq 100 \text{ için } F(z) = 5,8339 \cdot z^{-0,2261} \quad (3.19)$$

$$100 \leq z \leq 1000 \text{ için } F(z) = 4,1001 \cdot z^{-0,1392} \quad (3.20)$$

$$1000 \leq z \leq 25000 \text{ için } F(z) = 3,2006 \cdot z^{-0,1035} \quad (3.21)$$

Tezimizde topraktan suya ısı geçiş hesabı, sabit yüzey sıcaklığı kabulüne göre çıkarılan formüller kullanılarak yapılmıştır.

Denklem (3.15) sabit debili sistem için uygulanabilir. Değişken debili sistemlerde boru içerisindeki akış hızı değiştiğinden akış tipini belirlemek için hesaplanan Reynolds sayısı değiştirecektir. Akış şartlarının değişmesi ısı geçişini de etkileyeceğinden, formülün Reynolds sayısına bağlı olarak düzenlenmiş olan denklem (3.24)'deki şeklinin kullanılması gerekir (Koyun ve Diz, 2001).

$$Re = \frac{\rho_s \cdot u \cdot d_i}{\mu_s} \quad (3.22)$$

$$m = \rho_s \cdot u \cdot \frac{\pi \cdot d_i^2}{4} = Re \cdot \mu_s \cdot \frac{\pi \cdot d_i}{4} \quad (3.23)$$

$$Q_t = Re \cdot \mu_s \cdot \frac{\pi \cdot d_i}{4} \cdot c_p \cdot (T_{top} - T_{s1}) \cdot \left[1 - e^{-\frac{k_r \cdot F(z) \cdot L}{m \cdot c_p}} \right] \quad (3.24)$$

μ_s : Suyun dinamik viskozitesi (kg/ms)

4 GÜNEŞ ENERJİSİ

Güneş enerjisi, güneşten gelen ve dünya atmosferinin dışında şiddeti sabit ve 1370 W/m^2 , yeryüzünde ise $0-1100 \text{ W/m}^2$ değerleri arasında olan yenilenebilir bir enerjidir. Bu enerji ısıtmadan soğutmaya kadar çeşitli ısı uygulamalarda ve elektrik üretiminde kontrollü olarak kullanılabilir. Türkiye coğrafi konumu itibarıyla güneş kuşağı içerisinde yer alıp, güneş enerjisi kullanımının uygun olduğu bir ülkedir. Güneş enerjisinin kullanımı ile enerji dış alım artış hızının frenlenmesi, fosil yakıtlardan kaynaklanan çevre kirliliğinin engellenmesi mümkündür.

4.1 Güneş Enerjisinin Kullanım Alanları

Güneş enerjisinin kullanım alanları özel amaçlara göre değişebilmektedir. Bu enerjinin kullanımındaki temel amaç, ekonomik rekabet koşullarında olabildiğince fosil yakıtların yerini almasıdır. Güneş enerjisi; konutlarda ve iş yerlerinde, kırsal yörelerde ve tarımsal teknolojide, sanayide, ulaşım araçlarında, iletişim araçlarında (radyo, televizyon, telefon), sinyalizasyon ve otomasyonda, elektrik enerjisi üretiminde, enerji ihtiyacının bir kısmının karşılanmasında ve askeri alanda özel amaçlarla kullanılabilir.

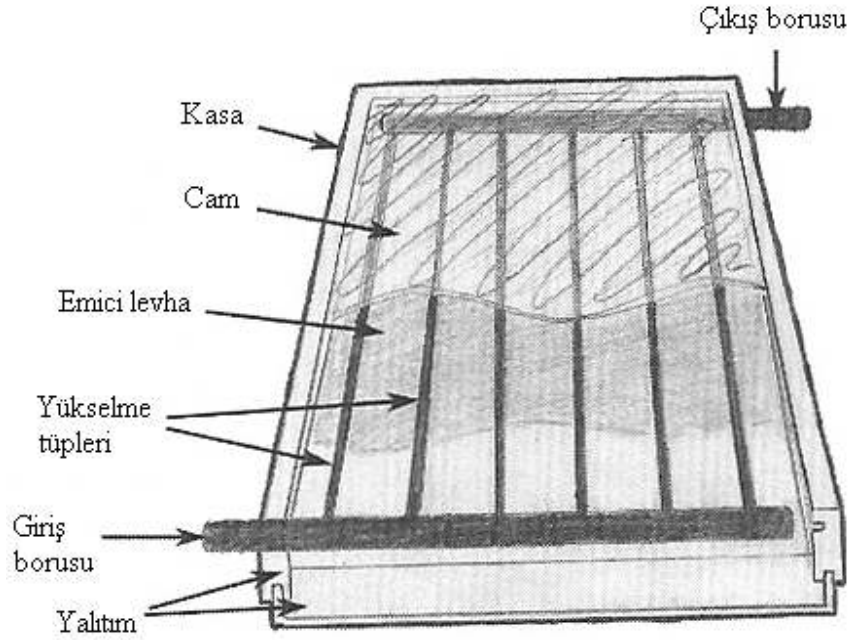
Güneş enerjisinin kontrollü uygulamaları; kullanım suyu ısıtma, yüzme havuzu ısıtma, kaynatma ve pişirme, bitkisel ürünlerin kurutulması, su distilasyonu, aktif olarak yapılarda hacim ısıtma ve serinletme (iklimlendirme), soğutma, pasif ısıtma ve serinletme, toplam enerji sistemleri ile ısı ve elektriği birlikte üretme, sulama suyu pompajı, endüstriyel işlem ısısı üretme, elektrik üretme, fotokimyasal ve fotosentetik çevrimler gerçekleştirme biçiminde sıralanabilir. Her uygulamanın özelliğine göre kullanılan güneş toplaçları değişik olmaktadır. Bazı uygulamalarda enerji depolamaya gerek duyulurken, bazı uygulamalarda kesintili veya alternatif üretim koşulları yeterli görülerek, depolamaya gereksinim duyulmamaktadır.

Güneş enerjisi teknolojileri, ısı sistemler ve elektriksel sistemler olarak da sınıflandırılabilir. Isıl sistemlerin düşük ve yüksek sıcaklık uygulamaları vardır. Düşük sıcaklıklı ısı sistemler grubunda, hem doğrudan gelen hem de dağınık olarak gelen güneş ışınımını kullanarak, düşük sıcaklıkta ısı enerjisi üreten üniteler yer alır. Bu grubun en temel uygulaması düzlemsel güneş toplaçlarıdır. Düzlemsel güneş toplaçları evler, yüzme havuzları ve sanayi tesisleri için sıcak su sağlar. Ayrıca, evlerin ve ticari binaların ısıtılmasında kullanılabilir. Yüksek sıcaklıklı ısı sistemler, odaklı güneş toplaç uygulamaları olup, pişirmeden güneş termik santrallerine ve

güneş fırınlarına kadar çeşitli uygulamaları kapsar.

4.2 Güneş Enerjisinin Toplanması ve Depolanması

Güneş enerjisinin kullanılabilmesi için öncelikle toplanması gerekir. Bu toplama işlemi ısı (güneş ısı toplacılar) ve elektriksel (fotovoltaikler) olmak üzere iki değişik yolla yapılmaktadır. Basitlik ve ucuzluk gibi nedenlerden dolayı ısı toplama yöntemi tercih edilmektedir. Isıl özelliğinden yararlanarak güneş ışınımını toplamada kullanılan ısı güneş toplacılarının; düz yüzeyli ve yoğunlaştırmasız güneş toplacıları, odaklayıcı ve yoğunlaştırılmalı güneş toplacıları, güneş havuzları olmak üzere üç tipi vardır. Güneş enerjisini elektriksel olarak toplayan fotovoltaikler ise ışık özelliğinden yararlanmakta ve ışık enerjisinin fotonlarını fotoelektriksel olay gereğince elektrik enerjisine dönüştürmektedirler.



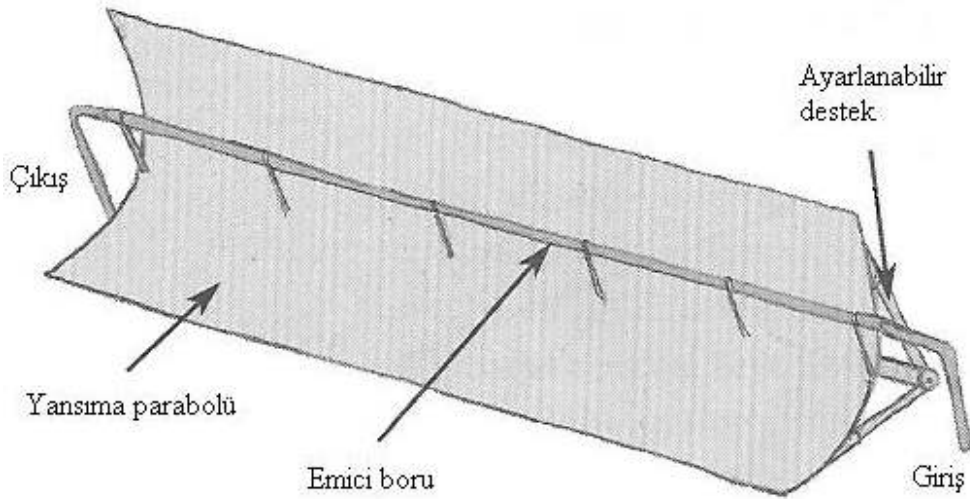
Şekil 4.1 Düz yüzeyli güneş toplacı

En yaygın biçimde düz yüzeyli ısı güneş toplacıları kullanılır. Bunlar doğrudan gelen güneş ışınımının yanında kırılma ve yansımalarla dağılmış olarak gelen güneş ışınımını da değerlendirirler. Düz yüzeyli güneş toplacıları 100°C'ı aşmayan uygulamalarda kullanılır. Güneşi izlemesi gerekmeyen, güneşe yönelik ve güneş ışınımı üzerine dik gelecek biçimde eğimli yerleştirilen bu güneş toplacılarının mevsimlik olarak ayarlanması gerekir. Güneşli su ısıtıcılarda görülen toplacılar bu tiptir. Böyle bir güneş toplacı; yutucu (soğurucu) plaka, sırt ısı yalıtımı, üst saydam (cam veya plastik) örtü ve dış kasadan oluşmaktadır (Şekil 4.1 -

www.oikos.com).

Güneş ışınımı, yutucu plaka tarafından tutularak su veya hava gibi bir akışkana aktarılır. Isıtılacak akışkanın cinsine göre yutucu plakada boru veya özel kanallar bulunur. Isıl geçirgenliği ve özgül ısısı yüksek olması gereken yutucular, plakalı ısı eşanjörleri gibidir. Güneş ışınımı çarpan yüzeyleri, yüksek absorptiviteli olabilmesi için mat siyaha boyanır ya da daha iyisi özel bir işleminden geçirilerek ışınım seçici bir tabaka ile kaplanır. Yutucunun ön tarafında tek ya da çift saydam örtü, arka tarafında sırt ısı yalıtımı bulunur. Burada tanıtılan klasik yapıları düz yüzeyli güneş toplaçlarının verimleri çalışma sıcaklık farkına bağlıdır.

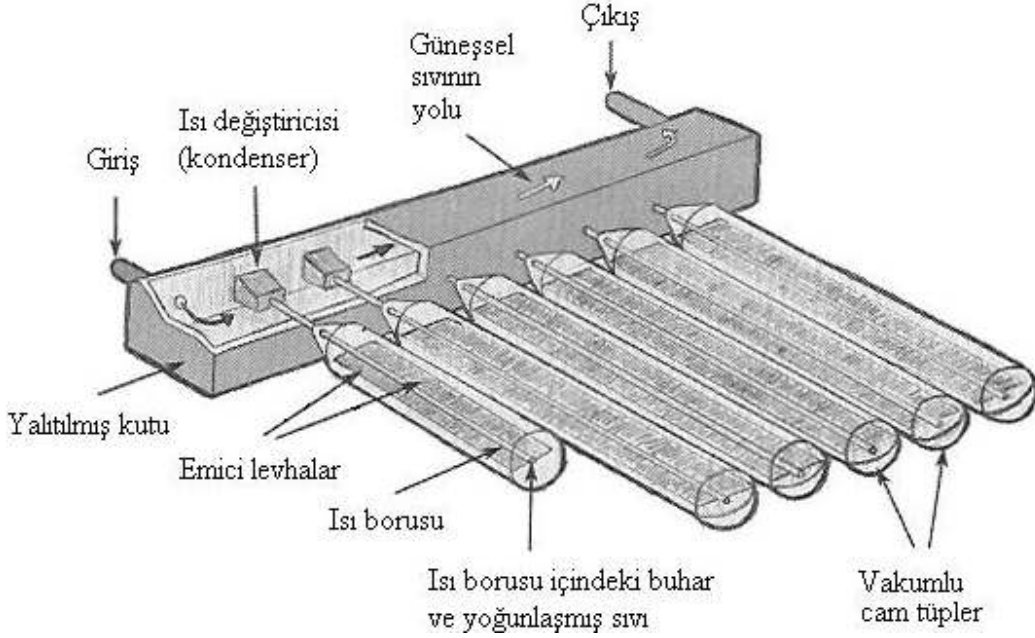
Yüksek sıcaklık uygulamalarında odaklı ve yoğunlaştırmalı güneş toplaçları kullanılır (Şekil 4.2 - www.oikos.com). İçbükey aynaya benzeyen bu toplaçlar değişik parabolik biçimlerde yapılır ve yalnızca doğrudan gelen güneş ışınımını değerlendirirler. 100-200°C sıcaklıklı uygulamalarda, mevsimlik ayarlanma isteyen, güneşi izlemesiz, uzunlamasına silindirik odaklı güneş toplaçları kullanılır.



Şekil 4.2 Odaklı güneş toplacı

Bu tür güneş toplaçlarının 200°C'ı aşan uygulamalarda kullanılanlarının gün boyu güneşi izleyecek biçimde hareketli olmaları gerekir. Çanak tipi odaklı güneş toplaçları ise her sıcaklık kademesinde güneşi izlemek zorundadır. Çanak tipi güneş toplaçlarıyla 3000°C'ı aşan sıcaklıklar elde edilmektedir. Söz konusu odaklı güneş toplaçlarından farklı bir yapıya sahip yüksek sıcaklıklı, güneşi izlemesiz güneş toplaçlarının bir çeşidi vakum borulu güneş toplaçlarıdır (Şekil 4.3 - www.oikos.com).

Geniş yüzeyli güneş toplaçları denilen güneş havuzları 100°C altındaki sıcaklıklarda büyük miktarlarda ısı toplanmasında kullanılır. En tanınmışları tuz gradyenli konvektif olmayan güneş havuzlarıdır. Bir su havuzu biçiminde olan bu havuzlarda birbirleri ile karışmayan üç tabaka yer alır. Havuzun tabanında çok tuzlu, orta kesiminde tuzlu ve üstünde tatlı su bulunur.



Şekil 4.3 Vakum borulu güneş toplacı

Güneş enerjisinin depolanması, bir değişim ya da çevrimle elde edilen ikincil enerjinin depolanması biçiminde gerçekleşmektedir. Depolama işlemleri ısı, mekaniksel, kimyasal ve elektriksel yöntemlerle yapılır. Isıl depolamada, özgül ısı kapasitesi yüksek ve kolay bulunur ucuz malzemeler kullanılır. Su, yağ, çakıl taşı yatakları bunlar arasındadır. Isıl depolama için gizli ısı kapasitesiteli, parafin gibi faz değişim malzemelerinden de yararlanır. Mekaniksel depolamada güneşle çalıştırılan bir pompa ya da kompresör tarafından basılan yüksek basınçlı akışkan uygun bir ortamda toplanır. Kimyasal depolamada hidrat tuzlarından yararlanır. Elektriksel depolama bataryalarla yapılır.

4.3 Güneş Enerjisinin Sera Isıtmasında Kullanımı

Bilindiği gibi seralar, mevsim dışı bitki üretiminin gerçekleştirildiği, yapay olarak iklimlendirilmiş tesislerdir. Sera içinde optimum koşulların yaratılabilmesi ancak, seraların ısıtma, soğutma, aydınlatma, havalandırma ve nemlendirme gibi sistemlerle donatılmasıyla mümkün olmaktadır. Isıtma, sera üretim harcamaları içinde önemli bir paya sahiptir. Bu

sebepten üreticilerimiz, soğuk gecelerde bile serayı ısıtmaktan kaçınmaktadırlar ki, bu doğrudan doğruya verime, meyve kalitesine ve üretim zamanına etki etmektedir. Sera ısıtma harcamalarını ve giderek tükenmekte olan fosil enerji kaynaklarının kullanımını mümkün olabilen en düşük orana indirmek için seralarda enerji tasarruf önlemlerinin yanısıra yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına önem verilmesi zorunludur. Son yıllarda, sera ısıtılması amacıyla, fosil yakıtlar yerine yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisinin kullanımı gittikçe artan bir yaygınlık kazanmaktadır.

Güneş enerjisinden yararlanmak amacıyla geliştirilen sistemler aktif ve pasif olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Ancak enerji depolama hacminin çok büyük olması ve ilk yatırım harcamalarının çok yüksek olması, güneş enerjisinden aktif olarak yararlanma oranını düşürmektedir. Bu nedendir ki, genel olarak mevcut ısıtma sistemlerine ilaveten veya bitkileri dondan korumak amacıyla güneş enerjisinden pasif olarak yararlanılmaktadır.

Güneş enerjisinin yeryüzünde dağılımı enlem derecelerine bağlıdır. Seralara gelen güneş enerjisinin tümü, sera yüzeylerinin eğik olması ve belirli bir geçirgenlik katsayısının olması nedeniyle sera içine giremez. Ayrıca gelen güneş ışınımının çok küçük bir miktarı örtü malzemesince yutulurken, bir kısmı da güneş ışınlarının örtü malzemesi ile yaptığı açığa bağlı olarak geriye yansıtılarak sera dışına çıkmaktadır.

Sera içerisinde yutulan ışınım enerjisinin bir bölümü fotosentezde ve suyun buharlaşmasında kullanılmaktadır. Geriye kalan kısmı ise ısıya dönüşmektedir. Seradaki ısı akıları, iletim, taşınım, ışınım ve buharlaşma gibi yollarla ısı geçişleri ile ortaya çıkmaktadır. Serada enerji dengesinin elde edilmesinde; topraktaki ısı akısı, topraktan ve bitkiden olan buharlaşma, toprak ve bitki ışıması, tasarımlar ve örtü malzemesinden meydana gelen ışıma, toprak, bitki ve sera malzemesindeki taşınım, havada depolanan ısı, benzer şekilde havalandırma ile meydana gelen ısı değişimi dikkate alınmaktadır. Bu ısı akılarının elde edilip, etkilerinin irdelenmesi serada ısıtma önlemlerinin alınması açısından oldukça önemlidir.

Güneş enerjisinin ücretsiz olması ve her an yararlanabilme olanağının bulunmasına karşın sera ısıtmasında kullanımı, hala teknik ve ekonomik sorunlar ortaya koymaktadır. Güneş enerjisinin, seranın gece için gerekli olan ısı ihtiyacını karşılaması iki sorunun çözümüne bağlıdır. Bunlar;

- Toplam ışınımın ısı enerjisine dönüştürülmesi,
- Gece süresince seranın ısıtılmasını sağlamak için ısı enerjisinin depolanmasıdır.

Toplam ışınımın ısı enerjisine dönüştürülmesi üç şekilde gerçekleştirilmektedir :

- Güneş toplaçlarının sera dışında kullanımı.
- Güneş toplaçlarının seranın bütünleyici bir parçası olarak kullanımı.
- Seranın kendisinin güneş toplacı olarak kullanımı.

Gündüzleri güneşten soğurulan ısı ya doğrudan sera toprağında ya da özel ortamlarda depolanabilmektedir.

4.3.1 Güneş Seraları

Bütün seralar güneş enerjisi toplar. Güneş seraları sadece güneşli günlerde güneşi toplamak için değil, aynı zamanda geceleri ve bulutlu zamanlarda kullanmak üzere depolama amacına yönelik olarak tasarlanırlar. Pasif güneş seraları genellikle küçük üreticiler için iyi seçimlerdir, çünkü bunlar çiftçiler için üretim sezonu genişletme açısından maliyeti de hesaba kattığımızda verimli bir yoldur. Soğuk iklimlerde veya uzun süre bulutlu havanın hüküm sürdüğü bölgelerde, bitkileri aşırı soğuklardan koruma amacıyla güneş ısıtmasının gaz veya elektrikli ısıtma sistemleriyle desteklenmesi gerekmektedir.

Aktif güneş seraları ilave enerjiyi, depodan veya toplanma yerlerinden güneşle ısıtılmış havayı veya suyu seranın diğer bölgelerine göndermek için kullanılırlar.

Ticari seralar, ışıklandırma ihtiyaçlarını karşılamak için güneşe bel bağlamışlardır, ancak güneşi ısıtmada kullanmak üzere tasarlanmamışlardır. Bunlarda, soğuk aylarda bitkilerin yetişmesi için gerekli sıcaklıkların devamlılığını sağlamak amacıyla gaz veya sıvı yakıtlı ısıtma sistemleri kullanılır. Bununla beraber güneş seraları güneş enerjisinden hem ışıklandırmada hem de ısıtmada yararlanacak şekilde tasarlanırlar. Bir güneş serası, güneş enerjisini toplayıp depolayacak ısıtma kütle ve bu ısıyı geceleri ve bulutlu günlerde kullanmak üzere bünyesinde tutabilmesini sağlayacak ölçüde yalıtıma sahiptir. Güneş seralarının yönü, ışığı geçirecek şekilde tasarlanmış parlak güney cephesi maksimum olacak şekilde ayarlanır. Kuzey cepheleri ışık geçirmez veya çok az geçirir ve çok iyi yalıtılırlar. Isı kaybını azaltmak için, parlatılmış yüzey tek kat pencere camından daha verimlidir. Güneş seraları fosil yakıtlara olan ihtiyacı azaltmaktadır. Gaz veya yağ ısıtıcıları ısıtmaya destek olmak veya daha iyi bitki gelişimi için karbondioksit seviyesini artırmak için kullanılabilir.

Güneş seraları geleneksel seralardan aşağıdaki beş bakımdan ayrılmaktadır:

- Güneşi geçiren yüzeylerinin yönü kış boyunca maksimum güneş ısıyı alabilecek şekilde ayarlanır.

- Güneş ısısını tutmak için ısı depolama malzemeleri kullanılır.
- Doğrudan güneş ışığının az olduğu veya hiç olmadığı yerlerde büyük miktarlarda yalıtıma sahiptir.
- Isı kayıplarını azaltan örtü malzemeleri ve örtü malzemeleri yerleştirme metodları kullanılır.
- Yaz soğutması için öncelikle doğal havalandırma yöntemlerine başvurulmaktadır.

4.3.1.1 Güneş Seralarında Isı Depolama

Güneş seralarının soğuk gecelerde ve bulutlu günlerde sıcak olabilmesi için güneşli günlerde seraya giren güneş enerjisi sonradan kullanılmak üzere depolanmalıdır. Güneş enerjisini depolamak için en yaygın metod, güneş ışınının geliş doğrultusuna, ışığı yutması için kaya, beton veya su yerleştirmektir. Seranın kuzey cephesine bakan tuğla veya beton blok duvarlar da ısı deposu olarak kullanılabilir.

Isı enerjisinin depolanması için normal olarak gündüzden geceye kadar olan kısa bir zaman aralığından yararlanılmaktadır. Gün boyunca sera içindeki fazla ısıyı depolama sistemine aktarılmakta ve bu ısı, seranın ısı gereksinimini karşılamak için gece tekrar geri verilmektedir. Depolama ortamı olarak, su, faz değiştiren malzeme, kaya yatağı, toprak gibi farklı malzemeler kullanılabilir (Koçar, 1997).

Isı depolama ortamına bağlı olarak seralar 4 şekilde sınıflandırılabilir:

- Isı depolama ortamı olarak su kullanılan güneş seraları
- Isı depolama ortamı olarak faz değiştiren malzeme kullanılan güneş seraları
- Isı depolama ortamı olarak toprağın kullanıldığı güneş seraları
- Isı depolama ortamı olarak kaya yatağı kullanılan güneş seraları

4.3.1.1.1 Isı Depolama Ortamı Olarak Su Kullanılan Güneş Seraları

Isı depolama ortamı, ısı geçiş akışkanının kullanılması gerektiği durumlarda sera dışına, iç hava ile sistem arasında doğrudan ısı değişiminin gerçekleştiği durumlarda ise sera içine yerleştirilmektedir. Sistem, sera içine ya su doldurulmuş şiltelerin (şeffaf PE tüpler) bitki sıra aralarına sera boyunca; ya da içi su dolu tenekelerin seranın kuzey duvarına yerleştirilmesiyle gerçekleştirilmektedir.

Bu sistemler gelen güneş ışınımını gün boyunca yutmakta ve depolamaktadırlar. Gece boyunca ise depolanan bu ısı, doğal taşınım ve ışınım ile tekrar sera içine geri verilmektedir.

Son yıllarda güneş enerjisiyle seraların ısıtılmasında kullanılan en uygun ve ucuz yöntemlerden birisi su şilteleridir. Bu amaçla 25-35 cm çaplı PE boru şeklindeki yastık üniteler, bitki sıra aralarına sera boyunca yerleştirilmekte ve içi su ile doldurularak 2 ucundan bağlanmaktadır. Kullanılan şilte uzunları 2-12 m arasında değişmektedir. Ancak su şiltelerini yerleştirme sırasında karşılaşılan problemleri engellemek için önerilen şilte uzunluğu 6 m'dir. Şilteler sera taban alanının % 20-40'ını örtecek şekilde yada sera taban alanının 1 m²'sine 20-100 lt su depolayacak şekilde yerleştirilmelidir. Şilteler yalıtım malzemesi olarak kullanılan 2-3 cm kalınlıktaki polistren üzerine serilen siyah polietilen film üzerine konmalıdır. Gün boyunca güneş toplacı gibi çalışan şilteler, geceleri ısıyı sera içine geri vermektedir. Bu sistem ile örtü malzemesine bağlı olarak 2-4°C sıcaklık farkı elde edilebilmektedir.

Su şiltelerinin kullanıldığı seralarda, ısı perdesi kullanımına da yer verilmesi sistemin etkinliğini daha da arttırmaktadır. Konuya ilişkin bir çalışma İsrail'de gerçekleştirilmiştir.

4 m genişlik, 11 m uzunluk ve 2 m yükseklikte kuzey-güney doğrultusunda kurulan plastik bir sera boyunca, her bir kenara 3 adet plastik tüp (9,5 m uzunlukta ve 0,254 m çapta PE boru) yerleştirilmiştir. Sera geceleri ısı kaybını engellemek amacıyla PE ısı perdesi ile örtülmüştür. Sistemin, minimum dış sıcaklığa göre 4-7°C arasında bir sıcaklık farkı yaratabildiği saptanmıştır. Su tüplerinde günlük enerji depolama oranının 0,21 ile 1,1 MJ/m² arasında değiştiği ve su tüplerinde depolanan bu ortalama enerjinin 120 günlük bir yetiştirme periyodu boyunca 4,2-7,5 kg/m² petrole eşdeğer olduğu belirtilmektedir.

Yine İsrail'de gerçekleştirilen benzer bir çalışmada; güneş enerjisini toplama ve depolama ünitesi (güneş hücresi) hareketli bir örtü vasıtasıyla plastik sera içinde bitki üretiminin gerçekleştirildiği toprak alanından ayrılmıştır. Sistem iki farklı şekilde gerçekleştirilmiştir.

Birinci sistemde; kuzey güney doğrultusunda kurulan 9 m genişlik ve 3,5 m yükseklikteki plastik seranın her iki tarafına, dört katlı raf şeklinde yapılmış iki metal yapı yerleştirilmiştir. Bu raflara 11,4 cm çaptaki içi su ile doldurulan PE tüpler konulmuştur. Bu şekilde oluşturulan güneş hücrelerinin dış yüzeyi daha iyi bir yalıtım sağlanması için çift kat polietilen örtü ile örtülmektedir. Gündüz gelen güneş enerjisinin bu hücrelerde depolanmasını sağlamak amacıyla çift kat polietilen örtü üzerinde, hareket edebilir nitelikte, yansıtıcı yüzeyli, kalın, opak bir plastik perde kullanılmaktadır. Bu perde gece rulo haline getirilmektedir. Aynı şekilde, gündüz güneş hücreleri ile serayı birbirinden ayırmak amacıyla hareket edebilir

nitelikte benzer bir perde sisteminden yararlanılmaktadır ki, bu perde sera sıcaklığı minimum sıcaklığın altına düştüğünde geceleri açılmaktadır.

Gece sera içinde enerji korunumunun sağlanması amacıyla bitkilerin üzeri 0,12 mm kalınlıkta, yutucu ve damlama yapmayan nitelikte bir polietilen örtü ile örtülmektedir. Bu şekilde gerçekleştirilen güneş serasının doğusunda bulunan güneş hücresi sabah saatlerinde gelen güneş ışınımının, batısında bulunan güneş hücresi ise öğleden sonra gelen güneş ışınımının toplanmasına yardımcı olmaktadır. Güneş enerjisi kullanım verimini etkilemeksizin sera iç hava sıcaklığının kontrol edilmesine olanak veren bu yeni sistem, minimum gece sıcaklıklarının 10-11°C'da tutulmasını sağlamaktadır.

İkinci sistemde, plastik sera doğu-batı doğrultusunda kurulmuş ve ısı depolama ünitesi sadece seranın güney tarafına yerleştirilmiştir. Ancak güneydeki bitki sıralarının, kuzeydeki sıraları gölgeleme etkisinden dolayı kış aylarında verimin azalması, sistemin önemli bir dezavantajı olarak görülmektedir.

Diğer bir yöntem ise seranın çatısındaki ya da güney yüzeyindeki iki örtü katı arasından su akışıdır. Çatıda veya güney yüzeyde dolaşan su yeraltında bulunan bir su tankında biriktirilmektedir. Tank içinde biriktirilen su belli bir sıcaklığa ulaştığında eşanjör vasıtasıyla buradaki ısı, başka bir ısı deposuna aktarılmaktadır. Bu yöntemle, ısı gereksiniminin %70'i oranında tasarruf sağlanmakla birlikte sıcak yaz günlerinde soğutma işlevi de gördüğü belirtilmektedir.

Seraların yönlendirilmesi ve çatı eğiminin uygun şekilde düzenlenmesi ile güneş enerjisinden iyi bir şekilde yararlanmanın mümkün olabildiği bir diğer uygulama da, seranın kuzey duvarının bir enerji toplayıcı ve depolayıcı ısı duvarı durumuna getirilmesidir. Sera çatısının güneye yönlendirildiği serada, kuzey duvarının dış tarafı ısı kaybını önlemek amacıyla yalıtım malzemesiyle kaplanmaktadır. Duvarın iç kısmına ise su kapları yerleştirilmektedir. Ekonomik olması açısından genellikle siyaha boyanmış içi su dolu tenekeler tercih edilmektedir. Su tenekelerinin kullanımı ile yıllık ısıtma gereksiniminin %75'i karşılanabilmekte ve böylece sera içi sıcaklığının, dış sıcaklığa göre 2-15°C daha yüksek olması mümkün olabilmektedir (Koçar, 1997).

Bu sistemi daha da etkin hale getirebilmek için seranın kuzey duvarının dış tarafı yalıtım malzemesiyle, iç tarafı ise yansıtıcı bir film ile kaplanmaktadır. Sera tabanına iyi izole edilmiş siyah metal tanklar yerleştirilmektedir. Sera içine giren güneş ışınımı, yansıtıcı yüzeyden su tankının bulunduğu yüzeye yansıtılmakta ve depolanmaktadır. Bu şekilde sera içi sıcaklığının,

gece dış sıcaklığa göre 2-15°C daha yüksek olmasının sağlanabildiği ve yıllık ısı gereksiniminin %20-50'sinin karşılanabildiği belirtilmektedir. Sistemin maliyeti düşük olmasına rağmen bitki üretiminin gerçekleştirildiği sera toprağı üzerinde su tanklarının önemli bir yer kaplaması, bir dezavantaj olarak görülmektedir.

Çizelge 4.1 Su depolarının kullanıldığı güneş seraları

Sera Yeri	Sera alanı(m ²)	Örtü malzemesi	Depolama ortamı	Sonuçlar
Türkiye	120	Cam	Su tüpleri	1-1,5°C daha yüksek
Kıbrıs		PE	Su tüpleri	2-4°C daha yüksek
Kıbrıs		PE	Su tüpleri	2-4°C daha yüksek
İspanya	72	PE	Su tüpleri (1,5 m ³)	2-4°C daha yüksek
Amerika	22	Filon	Su tankları (2,25 m ³)	16-22°C daha yüksek
Amerika	40	Cam	Su tankları (18,2 lt)	4-5°C daha yüksek
Türkiye	350	Cam	Su tüpleri	4°C daha yüksek
Türkiye	350	Cam	Su tüpleri	10°C daha yüksek
Yunanistan	150	PE	Su tüpleri (5 m ³)	2-4°C daha yüksek
Fransa	231	PE	Su tüpleri (5,4 m ³)	2-4°C daha yüksek
İsrail	1000	PE	Su tankları (400 m ³)	11°C daha yüksek
Danimarka	12	Cam	Su tenekeleri (3,2 m ³)	4°C daha yüksek
Kıbrıs		PE	Su tüpleri	2-4°C daha yüksek
Fransa	190	Cam	Su tenekeleri (4 m ³)	10°C daha yüksek
Amerika	167	Filon	Su tenekeleri(0,22m ³)	13-22°C daha yüksek
Fransa	72	Çift cam	Su tankları (1,7 m ³)	
Fransa	150	Çift PE	Su tankları	%70 enerji tasarrufu
Danimarka	218	PE	Su tüpleri (4,4 m ³)	3°C daha yüksek
Danimarka	230	Cam	Su tankları (21 m ³)	%18,3 enerji tasarrufu
Fransa	104	PE	Su tenekeleri	2-10°C daha yüksek
İsrail	260	PE	Su tüpleri (12 m ³)	2,5°C daha yüksek
İsrail		Polikarbon	Su tankları	%50 enerji tasarrufu
Amerika	30	PE	Su tankları (1 m ³)	2-3°C daha yüksek
Kıbrıs	300	PE	Su tüpleri	2-4°C daha yüksek
İtalya	300	Polikarbon	Su tankları (5,8 m ³)	2-10°C daha yüksek
İtalya	100	Polikarbon	Su tenekeleri	
Yunanistan	500	PE	Su tankları (60 m ³)	5-6°C daha yüksek
Yunanistan	500	PE	Su tüpleri (100 m ³)	2-4°C daha yüksek
Kıbrıs		PE	Su tüpleri	2-4°C daha yüksek
Fransa	60	Cam	Su tenekeleri(14,2m ³)	% 70 enerji tasarrufu
Amerika	235	Fiberglas	Su tenekeleri (31 m ³)	% 75 enerji tasarrufu

Mevcut bilgilere dayanarak, su deposu hacmi ile sera taban alanı arasında lineer bir ilişki olduğu ortaya konmuştur. Sera alanı ve örtü malzemesine bağlı olarak depolama hacmi de

değişmektedir. Sera büyüklüğü arttıkça gelen güneş ışınımından maksimum derecede yararlanabilmek için, kuşkusuz depolama hacminin de artırılması gerekmektedir

Yine plastik serada, gece boyunca daha fazla ısı kaybı söz konusu olacağı için cam seraya göre daha büyük bir su deposuna gereksinim duyulacaktır (Koçar, 1997).

Seranın spesifik ısı gereksinimini karşılamak için ihtiyaç duyulan depo hacmi, ayrıca seranın kurulduğu yerin enlem derecesine de bağlı olmaktadır. Kuzey enlem derecesinde sıcaklık daha düşük olduğundan dolayı kuzey bölgede kurulan bir serada, tasarım büyüklüğüne de bağlı olarak daha fazla ısıya gereksinim duyulacaktır. Bu da, seranın daha büyük hacimde bir depoya sahip olması demektir. Bunun içindir ki, kuzey bölgelerde cam seralar, güney bölgelerde ise plastik seralar yaygınlık kazanmıştır (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1 dikkatle irdelenecek olursa, su tüpleri için belirlenen ortalama değerler plastik seralarda $0,06 \text{ m}^3 / \text{m}^2$, cam seralarda ise $0,12 \text{ m}^3 / \text{m}^2$ olduğu açıkça görülmektedir.

4.3.1.1.2 Isı Depolama Ortamı Olarak Faz Değiştiren Malzeme Kullanılan Güneş Seraları

Sera içinin ısınan havasını depolama yollarından biri de, faz değiştiren malzeme kullanmaktır. Faz değiştiren malzeme bir ısı depolama ortamı olarak, genellikle yeraltında çok iyi izole edilmiş bir alan üzerine yada seranın kuzey duvarına yerleştirilmektedir. Konuya ilişkin olarak yapılan bir çalışmada ise, faz değiştiren malzeme sera çatısında çift kat polikarbonat örtülerin arasına yerleştirilmiştir ki, bu sistemin bazı tasarım zorluklarına neden olması bir dezavantaj olarak görülmektedir (Koçar, 1997).

Gündüz sera içindeki sıcak ve nemli hava, faz değiştiren malzemenin bulunduğu depo içinden geçirilmektedir. Isı, faz değiştiren depolama malzemesi tarafından yutulmakta ve daha sonra kullanılmak üzere depolanmaktadır. Bu işlem esnasında malzeme faz değiştirmektedir. Gece ise seranın içindeki soğuk hava depo içinden geçirilmekte ve ısınarak tekrar seraya geri dönmesi sağlanmaktadır. Gece havanın ısıtılması esnasında meydana gelebilen yüksek nem probleminin çözülmesi, ısı pompası kullanarak sisteme nemi giderici bir işlemin eklenmesi ile mümkündür.

Faz değiştiren malzemenin etkinliğini kaybetmesi nedeniyle bir yada iki yılda bir değiştirilmesi gerekmektedir.

Güneş seralarında, ısı depolama ortamı olarak faz değiştiren malzeme kullanımına yönelik yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar Çizelge 4.2'de özetlenmiştir.

Çizelge 4.2 dikkatle irdelenecek olursa, en yaygın olarak kullanılan ısı depolama malzemesinin $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (chliarolithe; 25°C 'da eriyen ve 154900 kJ/m^3 gizli ısıya sahip bir madde) olduğunu ve ayrıca diğer malzemelerin de seçenek olarak kullanılabilceğini açıkça görmek mümkündür. Özellikle cam seralar için depolama kütesinin ortalama değeri 9 kg/m^2 olarak belirlenmiştir. Mevcut bilgilere dayanarak faz değıştiren malzeme uygulamalarının, sera ve depo büyüklüğüne, örtü malzemesinin tipine, serada yetiştirilen bitki türüne ve seranın bulunduğu yere bağılı olarak yıllık ısıtma gereksinimlerinin %20-75'ini karşılayabildiği saptanmıştır.

Çizelge 4.2 Faz değıştiren malzeme kullanılan güneş seraları

Sera yeri	Sera alanı (m^2)	Örtü malzemesi	Depolama ortamı	Depolama malzemesi miktarı(kg)	Sonuçlar
Fransa	445	Cam	$\text{NaOH} + \text{Cr}_2\text{N}$		
Fransa	176	Polikarbon	$\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	3000	%30enerji tasarrufu
İsrail	200	Cam	$\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	3000	
İsrail	66	Cam	$\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} + \text{CaBr}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$		%21enerji tasarrufu
Fransa	5000	Cam	$\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	135000	%75enerji tasarrufu
Fransa	500	Cam	$\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$		%51enerji tasarrufu
Amerika	100	Fiberglas	$\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$		2°C daha yüksek
Yunanistan	4	PE	$\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} + \text{Asetik asit}$	32	$2-3^\circ\text{C}$
İtalya	200	Cam	$\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	2800	%22enerji tasarrufu
Japonya	352	Cam	$0,45\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O} / 0,45\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O} / 0,1 \text{NaCl}$	2500	8°C daha yüksek

4.3.1.1.3 Isı Depolama Ortamı Olarak Toprağın Kullanıldığı Güneş Seraları

Toprak kolaylıkla kullanılabilir nitelikte bir ısı depolama ortamı olarak görülmektedir. Sera içinin ısınan havası farklı derinliklere yerleştirilen borulardan geçirilerek, toprakta depolanabilmektedir.

Borular genellikle, havanın giriş ve çıkış yerleri farklı taraflarda olacak şekilde seranın uzunluğu boyunca yerleştirilmektedir. Gün boyunca seranın içindeki sıcak ve nemli hava, toprak içinde bulunan borularda dolaştırılmaktadır. Sıcak hava ısı içeriğini yoğuşma ile

borulara iletmekte ve ısı borularda 10-12 saat kadar depolanabilmektedir. Bu şekilde boruların etrafındaki toprak sıcaklığında da bir artış sağlanması mümkün olabilmektedir. Gece ise soğuyan sera havası, bu borulardan geçirilmek suretiyle ısınma sağlanmaktadır. Depolanan ısı tekrar geri verilmesi toprak içinde iletim, toprak yüzeyinden havaya doğru ise ışınlama ve taşınım ile gerçekleşmektedir. Sistemin etkinliğini arttırmak amacıyla santrifüjlü fan da kullanılabilir.

Çizelge 4.3 Toprak altı boru sistemine sahip güneş seraları

Sera yeri	Sera alanı (m ²)	Örtü malzemesi	Depolama ortamı	Sonuçlar
Türkiye	835	PE	Plastik (50 cm derinlikte)	5°C daha yüksek
Yunanistan	1000	Fiberglas	Plastik (1,5 m derinlikte)	%48 enerji tasarrufu
Yunanistan	1000	Cam	Plastik (1,5 m derinlikte)	%30 enerji tasarrufu
Yunanistan	150	PE	Alüminyum (2 m derinlikte)	3°C daha yüksek
Fransa	176	Polikarbon		%50 enerji tasarrufu
İtalya	200	PE	Beton (40 cm derinlikte)	3-4°C daha yüksek
Kanada	72	Fiberglas	Plastik (30 ve 60 cm derinlikte)	10°C daha yüksek
İngiltere	1000	Cam	Beton	
Fransa	1470		Beton (45 cm derinlikte)	
Japonya	46	Plastik	Plastik (50 cm derinlikte)	4°C daha yüksek
Kanada	100	Cam	Plastik (45 ve 65 cm derinlikte)	%35 enerji tasarrufu
Fransa	3000	Cam	Plastik (80 cm derinlikte)	
İtalya	1000	Cam	Beton (1,2 m derinlikte)	
Fransa	297	PE		
Fransa	58	Çift PE	Plastik (2 ve 2,1 m derinlikte)	%62 enerji tasarrufu
Yunanistan	2500	Polikarbon	Plastik (1,2 ve 1,8 m derinlikte)	
Japonya	1736	Cam	Plastik (0,5 ve 0,9 m derinlikte)	%28 enerji tasarrufu

Toprak altındaki ısı depolama borularında toplanan su ya drenaj edilmekte ya da zorlamalı hava akışı ile buharlaştırılmaktadır. Yazın sera iç sıcaklığı, toprak sıcaklığından daha yüksek olduğundan aynı sistem seranın soğutulması amacıyla da kullanılabilir.

Sistemin verimini arttırmak için, serada ısının toplanması ve depolanmasını sağlayan diğer uygulamalara da yer vermek mümkündür. Nitekim, toprak altı boru sistemi ile kuzey ısı depolama duvarı veya içinde hava dolaştırılan güneş topaclarının birlikte kullanılması durumunda, sistemden daha iyi sonuç alınabileceği belirtilmektedir (Koçar, 1997).

Toprak altı boru sistemi ile ısının toprakta depolanmasına yönelik olarak yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar Çizelge 4.3’de özetlenmiştir.

Çizelge 4.3’de görüldüğü üzere, borular toprağa, 0,3 m ile 2 m arasında değişen derinliklerde ve bir ya da iki sıra halinde yerleştirilmektedir. Genellikle plastik borular yaygın olarak kullanılmakla beraber, bazı uygulamalarda alüminyum ve beton borulardan da yararlanılmaktadır. Elde edilen sonuçlara göre; bu sistemin, seranın yıllık ısı gereksiniminin %30-60’ını karşılayabildiği ve sera iç sıcaklığının, minimum dış sıcaklığa göre 3-10°C daha yüksek olmasını sağlayabildiği saptanmıştır.

4.3.1.1.4 Isı Depolama Ortamı Olarak Kaya Yatağı Kullanılan Güneş Seraları

Seralarda alternatif olarak kullanılabilen bir diğer ısı depolama ortamı da kaya yatağıdır. Bu sistemde; sera toprağına 40-50 cm arasında değişen derinliklerde, duvarları iyi bir şekilde izole edilmiş beton bir depo yerleştirilmektedir. Beton deponun içi 20-100 mm çapta çakıl taşları ile doldurulmaktadır. Bazı uygulamalarda ise ısı depolama ortamı olarak tuğla da kullanılabilir (Koçar, 1997).

Çizelge 4.4 Kaya yatağı şeklinde depolama sistemine sahip güneş seraları

Sera yeri	Sera alanı (m ²)	Örtü malzemesi	Depolama ortamı	Sonuçlar
Danimarka	161	Çift cam	Kaya yatağı	%20 enerji tasarrufu
Bulgaristan	100	PE	Tuğla	
Danimarka	1700	Polikarbonat	Kaya yatağı	%30 enerji tasarrufu
Kanada	2850	PE	Kayayatağı(40mm)	%40 enerji tasarrufu
İspanya	50	PE	Kaya yatağı	
Kıbrıs	300	PE	Kaya yatağı	%76 enerji tasarrufu
Amerika	19	Filon	Kaya yatağı	Ort. sıcaklık 10-20 °C
Rusya	40	Çift PE	Kayayatağı(2cm)	13°C daha yüksek
Fransa	30	Cam	Kaya yatağı	

Gündüz seranın ısınan havası kaya yatağı içinden geçirilerek fazla ısının depolanması sağlanmaktadır. Gece ise soğuyan hava depo içinden geçirilmekte ve bu şekilde depolanan ısının tekrar seraya verilmesi mümkün olabilmektedir. Sistemin etkinliğinin, m² başına 5m³/dakika hava akımı yaratacak şekilde bir fan kullanımıyla artırılabilir belirtmektedir.

Kaya yatağı Şeklinde depolama sistemine sahip gũneŐ seraları ile ilgili olarak yapılan çalışmalar izelge 4.4'de özetlenmiştir.

Yapılan çalışmalardan elde edilen bilgilere dayanarak, kaya yatağı Şeklinde depolama sistemine sahip gũneŐ seraları için belirlenen ortalama depo hacmi değerinin, 0,3 m³/m² olduğu bildirilmektedir.

Çizelge 4.4'de de grũldũđu ũzere, bu sistem ile seranın yıllık ısı gereksiniminin %20-70 arasında değişen oranlarda karŐılanabilmesi ve sera i sıcaklığının, minimum dış sıcaklığa göre 4-20°C daha yũksek olmasının sağlanması mũmkũndũr.

5 ISIL ENERJİ DEPOLAMA SİSTEMLERİ

Yenilenebilir enerjinin kullanılabilirliğini, özellikle güneş enerjisini ve ısı tedarik etmek için kullanımını düşündüğümüzde, çoğu durumda bu ısı kaynağının ısı performansı ile ısıtma ihtiyacının uyumlu olmadığı çok açıktır. Güneş, sadece bulutun olmadığı gündüz vakitlerinde kullanıma elverişlidir, ancak enerji ihtiyacı genellikle geceleri artmaktadır. Bu nedenle, ısı enerji depoları tüm zamanlardaki enerji ihtiyacını karşılamada çok kullanışlıdır.

Isıl enerji depolama sistemleri, sonradan kullanılması için yüksek ve düşük sıcaklığa sahip enerji depolama özelliğine sahiptir. Örneğin, güneş enerjisi bir gecelik ısıtma için depolanabildiği gibi, kışın kullanılmak üzere yaz boyunca da depolanabilir. Yeraltı ısı enerji deposu, uzun süreli enerji depolama uygulamasına örnek olarak gösterilebilir. Buna ilişkin örnekler çoğaltılabilir. Isıl enerji depolama sistemlerinin, aktif ve pasif güneş ısıtması, su ısıtması, hava şartlandırma ve benzeri konularda potansiyel uygulamaları vardır ve bunlar ekonomik ve güvenli enerji depolama teknolojisi olarak görülmektedir. Isıl enerji depolama sistemleri enerji kaynağının kullanılabilirliği ile enerji ihtiyacı zamanları arasında genellikle olan uyumsuzluğu gidermenin çok cazip bir yoludur. Enerji depolama sistemleri, bu sorunu ortadan kaldırarak tüm ısıl prosesin verimini artırır ve faydalı enerji kaybını azaltır.

Yenilenebilir enerjinin kullanımı iklim koşullarıyla bağlantılıdır. Yüksek enlem derecesine sahip ülkelerde, yenilenebilir enerjinin, özellikle güneş enerjisinin kullanımı için en kötü şartlar kışın oluşmaktadır. Kışın depolanacak olan güneş enerjisi, düşük sıcaklıkta olacağından ısıtma için kullanılması ancak yüksek sıcaklıklı ısıya dönüştürülmesiyle mümkündür. Bu dönüşüm ısı dönüştürücü olarak bir ısı pompası uygulaması yapmak suretiyle başarılabilir.

Isıl enerji depolama sistemleri üçe ayrılacak şekilde sınıflandırılabilir:

1) Duyulur ısı deposu : Duyulur ısı deposunda, enerji, bir depolama aracının sıcaklığını değiştirmek suretiyle depolanır. Burada malzemenin konu ile ilgili olan özelliği özgül ısı kapasitesidir. Bu tip depo malzemelerine örnek olarak; su, hava, kaya, kum veya toprak ve benzeri malzemeler gösterilebilir. Özellikle su yüksek özgül ısı nedeniyle ($4,186 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$) bu tip depo malzemesi olmaya uygun bir adaydır. Güneş enerjisinin gün boyunca toplandığı güneş enerjisi uygulamalarında, fazla ısıtma (kızdırma) olmaksızın diğer malzemelerden daha fazla enerji depolayabilen su kullanılır. Sıcak suyun gece ev ısıtması için dolaştırıldığı uygulamalara da rastlamak mümkündür.

2) Gizli ısı deposu : Bu tip ısı deposunda, enerji uygun maddeler içerisinde genellikle katı fazdan sıvı faza doğru istenen sıcaklıkta bir faz değişimi esnasında depolanır. Erime prosesi esnasında yutulan enerji erime gizli ısısı olarak depolanır ve donma prosesi esnasında serbest bırakılır. Bu sebeple bu maddeler faz değişim malzemeleri ya da erime ısısı malzemeleri olarak bilinirler. Bu malzemelere tipik örnekler olarak; su/buz, parafin, yağ asitleri, sodyum sulfat ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) gibi tuzlar, belli polimerler ve benzeri malzemeler gösterilebilir. Burada konumuzla ilgili olan ısıl karakteristikler, maddenin erime gizli ısısı ve erime sıcaklığıdır. Gizli ısı deposu malzemeleri duyulur ısı deposu malzemelerinden daha yüksek enerji depolama kapasitesine sahiptir. Örneğin sodyum sulfat tuzu 250 kJ/kg, parafin mumu 200 kJ/kg yağ asitleri 180 kJ/kg'dan büyük enerji depolama kapasitesine sahiptir. Enerji dar bir sıcaklık aralığında serbest bırakılır ve bu olay, bu malzemeleri, küçük ve hafif depolama donanımları kullanılarak ısı depolamada kullanılabilmesi ve depolama kayıplarının düşük olması açısından cazip hale getirir.

3) Termokimyasal depolar : Bu tip depolama tekniği, ısı kapasitesinde kayıp olmaksızın enerjinin oda sıcaklığında süresiz olarak depo edilmiş halde bulunduğu tipik ısıl ayrışma tepkimeleri olmak üzere kimyasal reaksiyonları içerir. Enerjiye ihtiyaç duyulduğunda, bu ürünler, ısı veren bir kimyasal tepkimeyle tekrar birleştirilir. Termokimyasal depolama malzemelerine örnek olarak NH_4HSO_4 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, CaCO_3 ve benzeri bileşimler gösterilebilir.

5.1 Isıl Depo Malzemeleri ve Teknikleri

Isıl enerji depoları birçok mühendislik uygulamasında çok önemlidir. Örneğin, güneş enerji sistemlerini içeren uygulamalardaki problemler arasında, şiddetli güneş ışınımının olduğu periyotlar esnasında toplanan fazla ısının depo edilebildiği, muhafaza edilebildiği ve sonradan gece esnasında veya diğer zamanlarda faydalanmak için serbest bırakıldığı etkili bir vasıtaya olan ihtiyaç vardır. Isı deposu, ısıtma ihtiyaçlarının kayda değer olduğu ve elektrik ücretlerinin, ısı deposunun diğer ısıtma şekilleriyle yarışabilmesine imkan verdiği çoğu tip binalarda uygulanabilir bir sistemdir. Isıl depolarda kullanılan ısı depolama malzemelerinin konuyla ilgili bazı tipik özellikleri Çizelge 5.1'de karşılaştırma yapmak için verilmiştir (Hasnain, 1998).

Bu tablonun son satırı, 10^6 kJ ısı depolama kapasitesi ve depolama esnasındaki 15 K'lik bir sıcaklık artışı için her bir depo malzemesi tarafından işgal edilen bağıl hacmi vermektedir.

Çizelge 5.1 Çeşitli ısı depolama araçlarının karşılaştırılması (depolanan enerji = $10^6 = 300$ kWh; $\Delta T = 15K$)

Özellik	Isı Depolama Malzemesi			
	Duyulur Isı Depolama		Faz Değişim Malzemeleri	
	Kaya	Su	Organik	İnorganik
Erime gizli ısı (kj/kg)	*	*	190	230
Özgül ısı (kj/kg°C)	1,0	4,2	2,0	2,0
Yoğunluk (kg/m ³)	2240	1000	800	1600
10^6 kj depolama için depolama kütlesi (kg)	67000	16000	5300	4350
Bağlı kütle**	15	4	1,25	1,0
10^6 kj depolama için depolama hacmi (m ³)	30	16	6,6	2,7
Bağlı hacim**	11	6	2,5	1,0

* Erime gizli ısı duyulur ısı depolama ile ilgili değildir.

** Bağlı kütle ve hacim inorganik faz değişim matryallerindeki gizli ısı depolamaya dayanmaktadır.

5.1.1 Duyulur Isı Depolama Sistemleri

Duyulur ısı depolama, depolama aracının sıcaklığını yükselterek gerçekleştirilir. Bu nedenle depolama aracının yüksek özgül ısı kapasitesine sahip olması, ısıl çevrim sırasında uzun süre kararlı kalabilmesi, içinde tutulduğu malzemeyle uyumlu olması ve en önemlisi düşük maliyetli olması istenir. Duyulur ısı depoları ısı depolama aracına göre sıvı araç deposu ve katı araç deposu olmak üzere ikiye ayrılabilir. Sıvı araç depolarına örnek olarak; su, yağ temelli sıvılar ve erimiş tuzlar gösterilebilir. Katı araç depolarına da; kayalar, metaller ve benzeri araçlar örnek gösterilebilir (Hasnain, 1998).

Sıvı araçlarda depolama: Isı depolama sıvıları bol miktarda mevcuttur ve ekonomik olarak rekabet edebilecek durumdadır.

Su, düşük sıcaklıkta en iyi depolama araçlarından biridir. Diğer malzemelerden daha yüksek özgül ısıya sahiptir, ucuzdur ve geniş ölçüde kullanıma uygundur. Bununla beraber yüksek buhar basıncına bağlı olarak, maliyetli bir yalıtım gerektirir ve yüksek sıcaklık uygulamaları için basınca dirençli malzemelerin içine konmalıdır. Su 25 – 90°C'lık geniş bir sıcaklık aralığında kullanılabilir. 60 °C'lık bir sıcaklık değişimi için su, 250 kj/kg veya $2,5 \times 10^5$ kj/m³

enerji depolayabilir. Bu nedenle, su bugün güneş kaynaklı sıcak su ve mahal ısıtma uygulamalarında en çok kullanılan depolama aracıdır.

Büyük ölçekli depolama uygulamaları için doğal yeraltı akiferleri düşünülmüştür. Akiferler yeraltı suyu içeren ve uzun zaman periyotları için potansiyel bir ısı depolama yöntemi sunan jeolojik formasyonlardır. Akiferlerdeki depolama aracı, suyu buharlaşmış çakıl veya kumdan meydana gelmektedir.

Güneş havuzları, büyük miktarlarda güneş enerjisini toplama ve düşük sıcaklıklı ısı enerji (55 – 95°C) şeklinde depolama için basit ve ekonomik bir metot sunmaktadır. Bunlar, mahal ısıtma ve soğutma uygulamalarında, endüstriyel proses ısı tedarik etmede ve elektrik gücü üretim sistemlerinde kullanım potansiyeline sahiptir.

Suyun yerine en yaygın olarak kullanılan akışkanlar yağ tabanlı petrol ve erimiş tuzlardır. Bunların ısı kapasiteleri suyun (ağırlık tabanlı olmak üzere) % 25 – 40'ı civarındadır. Bununla beraber, bu akışkanlar sudan daha düşük buhar basıncına sahiptir ve 300°C'ı aşacak şekilde yüksek sıcaklıklarda işletilebilme yeteneğine sahiptirler. Yağların kullanımı, kararlılık (ayrışmama durumu) durumuna ve emniyet gerekçelerine bağlı olarak 350°C'la sınırlandırılmıştır ve oldukça pahalıya malolabilmektedir. 300°C ve yukarısı için bazı erimiş inorganik tuz karışımları üzerinde düşünülmektedir. Bunlardan biri sodyum hidroksittir. Bunun erime sıcaklığı 320°C'dır ve 800°C'a kadar olan sıcaklıklar için kullanılabilir. Bununla beraber, oldukça korozif (aşındırıcı) tir ve yüksek sıcaklıklarda tutulmasında zorluklar mevcuttur. Sıvı metallerden de, olası gizli ısı depo aracı olarak bahsedilmektedir. Özelliklerinin birçoğunun suyun özelliklerine benzer olmasına karşın bunlar, petrol tabanlı yağlarla beraber, düşük ısı kapasiteye ve konteynir malzemesiyle yüksek bir reaksiyona girme potansiyeline sahiptir. Bununla beraber, ısı iletkenlikleri yüksektir (Hasnain, 1998).

Katı araçlarda depolama: Düşük sıcaklık ya da yüksek sıcaklık ısı enerji depoları için, kayalar, metaller, beton, kum, tuğlalar ve benzeri katı malzemeler kullanılabilir. Bu durumda enerji, bu malzemelerin donma veya kaynama sınırına kadar, düşük ve yüksek sıcaklıklarda depolanabilir. Suyun yüksek buhar basıncının doğurduğu zorluklardan ve diğer akışkanların diğer bazı özelliklerinden kaynaklanan sınırlandırmalardan sakınmak için, ısı enerji, katılar içerisinde duyulur ısı şeklinde depolanabilir. Buna ek olarak, katılar, içinde buldukları kaplarda eksilme göstermezler. Duyulur ısı depolama için katı malzeme listesinin en üstündeki ürün, su deposunun enerji yoğunluğunu aşan dökme demirdir. Bununla beraber dökme demir, taş ve tuğladan daha pahalıdır ve bu nedenle geri ödeme süresi daha uzundur.

Çakıltaşı yatakları veya kaya yığınları, düşük maliyetlerinden dolayı depolama malzemesi olarak genellikle tercih edilmektedir.

Çakıltaşı yatağı veya kaya yığını, içinden ısı taşıyıcı akışkanın akabildiği gevşek olarak doldurulmuş kaya malzeme yatağından oluşmaktadır. Isıl enerji, ısıtılmış havanın yatağın iç kısımlarına doğru zorlanmasıyla, doldurulmuş yatak içerisinde depo edilir ve çevre havasının ısıtılmış yatağın içinden tekrar sirküle edilmesiyle ısı enerjiden tekrar faydalanılır. Doldurulmuş yatak deposunda depolanmış enerji, malzemenin termofiziksel özelliklerinden başka; kaya boyutu ve şekli, doldurma yoğunluğu, ısı geçiş akışkanı gibi bazı etkenlere de bağlıdır.

Isı deposu, yeni ve mevcut yapıların her ikisine de uygulanabilir ve hava ve su dağıtım sistemlerinin her ikisine de entegre edilebilir. En yaygın depolama malzemesi, olivin ($MgFe_2SiO_4$), doğal magnezyum karbonat ($MgCO_3$) ve seramik tuğladır. Yapı kütlesi ve yapısal çimento da aktif ve pasif depolama tasarımları için kullanılabilir. Yapı kütlesinin ısı depolama için kullanılmasının en yaygın biçimi zeminden ısıtmadır. Su en yaygın ısı geçiş aracıdır.

Yüksek sıcaklıkta (120 – 1400°C sıcaklık aralığında) enerji depolama için düşünülen malzemelerin çoğu ya inorganik tuzlar ya da metallerdir. Metaller arasında uygun örnekler olarak alüminyum, magnezyum ve çinkodan söz edilmektedir. Metal aracın kullanılması, yüksek ısı iletkenlik istendiğinde ve maliyet ikinci planda olduğunda avantajlıdır. Bakır cürufu, demir cürufu, dökme demir cürufu, alüminyum cürufu ve bakır kırıntıları gibi katı endüstriyel atıklar enerji depolama için depolama malzemesi olarak kullanılabilir (Hasnain, 1998).

5.1.2 Gizli Isı Depolama Sistemleri

Genel olarak, birim hacimdeki iç enerji değişimi fazla olan ısı depolama malzemelerinin kullanılması durumunda, ısı depolama için gerekli hacim azalır. Isı depolama malzemesi iç enerjisinin önemli oranda değişmesi, bu malzemenin faz değiştirmesine neden olur. Uygun sıcaklık sınırlarında, depo malzemesinin faz değiştirmesiyle ortaya çıkan gizli ısı depolanabilir. Bu nedenle ısı depolama amacıyla, belirli sıcaklıklarda erime, buharlaşma veya diğer faz değişimlerine uğrayan ve ısı depolama kapasitesi yüksek olan malzemelerden faydalanılır.

Faz değişim malzemeleri; katı-katı, katı-sıvı, katı-buhar, sıvı-buhar faz dđnüşümlerine uğrarlar. Katı durumdaki bir malzeme kristalleşerek diğer bir katı faza dđnüştüęünde, kristalleşme ısısı şeklinde ısı depolanır. Malzeme ilk durumdaki katı faza tekrar dđnüştüęünde, faz değişimi sırasında depolanan ısı da geri kazanılır. Katı-katı faz değişimi sırasında açığa çıkan gizli ısı miktarı azdır. Diğerlerine oranla, ısı depo uygulamaları için uygun hal değiştirme ısılarına sahip az sayıda katı-katı faz dđnüşümlü faz değişim malzemeleri belirlenmiştir.

Sıvı-buhar şeklinde gerçekleşen faz değişiminde, katı-sıvı veya katı-katı faz değişimlerinden daha yüksek oranda gizli ısı açığa çıkar. Ancak uygulamada gaz fazın depolanması için, basınçlı depolama kaplarının gerekli olması gibi sorunlar, sıvı-buhar değişiminde açığa çıkan gizli ısının depolanmasını sınırlandırır. Diğer taraftan, katı-buhar ve sıvı-buhar şeklinde gerçekleşen faz değişimlerinde fazla miktarda gizli ısı açığa çıkmasına karşın, hacim değişimi fazladır. Bu durum, katı-buhar ve sıvı-buhar faz değişimlerinin gerçekleştiği depolama sistemlerinin pratikte uygulanabilir olmasına engel olmaktadır. Pratikteki uygulamalarda, sadece katı-sıvı faz değişimine uğrayan malzemelerden yararlanır. Katı-sıvı faz değişiminde, diğer faz değişimlerine oranla daha az hacim değişimi gerçekleşir. Katı-sıvı faz değişimine uğrayan malzemeler, büyük hacim değişimi olmaksızın, sınırlı sıcaklık aralığında, kısmen fazla miktarda ısı depolayabilirler. Uygulamada hacimsel enerji depolama kapasitesi önemli olduğundan, sadece katı-sıvı veya entalpi değişimlerinin yüksek olduğu olası katı-katı faz değişimleri pratik öneme sahiptir.



Şekil 5.1 Faz değişim malzemelerinde sıcaklık – ısı enerjisi bağıntısı

Tipik olarak, FDM bir kap içinde istiflenmiş uzun ince tüpler içine yerleştirilir. Isı depolama çevrimi esnasında, güneş toplacıyla toplanan güneş enerjisi, tüpler arasındaki dar aralıklardan geçirilerek sirküle ettirilir ve ısıyı hem duyulur hem de gizli ısı olarak depolayarak FDM'yi eritir. Isı geri kazanım çevrimi esnasında, düşük sıcaklıklı hava dolaşımı depolanmış enerjiyi FDM'den alır ve ısı ihtiyacının olduğu yere aktarır. Bu nedenle, gizli ısı depolama üniteleri katı ve sıvı fazlardaki duyulur ısıdan ve buna ek olarak depolama malzemesinin erimesi veya donması esnasındaki faz değişimine bağlı olarak gizli ısıdan faydalanırlar.

Gizli ısı depolamanın temel özelliği; FDM sıcaklığını 1°C artırmak için gerekli ısı miktarıyla karşılaştırıldığında, katı malzemenin eritilmesi için, FDM'nin birim ağırlığı başına fazla miktarda ısı gerekli olmasıdır. Örneğin, su ele alındığında, 1 kg buz eritmek için, 1 kg suyun sıcaklığını 1°C artırmak için gerekli olan enerjinin 80 katı gereklidir. Bu demek oluyor ki, belli bir miktar enerji depolamak için çok daha küçük malzeme ağırlık ve hacmine ihtiyaç vardır.

FDM tamamen eritildikten sonra, eklenen her fazla ısı FDM'nin sadece duyulur ısını artıracaktır (Şekil 5.1). Gizli ısı depolama yönteminin diğer ısı depolama yöntemlerine olan üstünlükleri aşağıdaki gibi sıralanabilir(Öztürk ve Başçetinçelik, 1999):

- Duyulur ısı depolamayla karşılaştırıldığında, ısı depolama kapasitesi yüksektir.
- Daha az ısı depolama malzemesi kullanıldığından, gerekli ısı deposu hacmi daha azdır.
- FDM birim kütlelerinin ısı depolama kapasitesi yüksektir.
- FDM'lerin faz değiştirme sıcaklıkları, sabit sıcaklıkta ısı depolama ve geri kazanma için uygundur.
- Sabit sıcaklıkta ısı gerektiren uygulamalar için yeterince uygundur.
- Büyük boyutlu ısı depolama sistemlerinde ekonomik olarak uygulanabilir.

Hasnian (1998) GID sistemlerinde depolama malzemesinin ve ısı değiştiricilerinin önemine dikkat çekmiştir. GID sistemleri sabit sıcaklıkta depolama malzemesinin füzyon gizli ısını kullanarak yüksek yoğunluk ve kapasitede ısı depolayabilir. GID sistemleri en az aşağıdaki üç temel bileşenden oluşur:

- İstenilen çalışma sıcaklığı aralığında katı-sıvı faz değişimini tamamlayabilen ve ısı kaynağından gelen enerjiyi gizli ısı olarak depolayabilen bir FDM,
- Depo malzemesini saklayabilecek bir depo,
- Isı kaynağından FDM'ye, FDM'den de ihtiyaç duyulan bölgeye ısı geçişini sağlayacak ısı değiştiricisi.

Bir gizli ısı ısıtma enerji depo sisteminin geliştirilmesi, esasen iki farklı hususun uyuşmasını gerektirir. Bunlar ısı depolama malzemeleri ve ısı değiştiricileridir.

5.1.2.1 Faz Değişim Malzemeleri

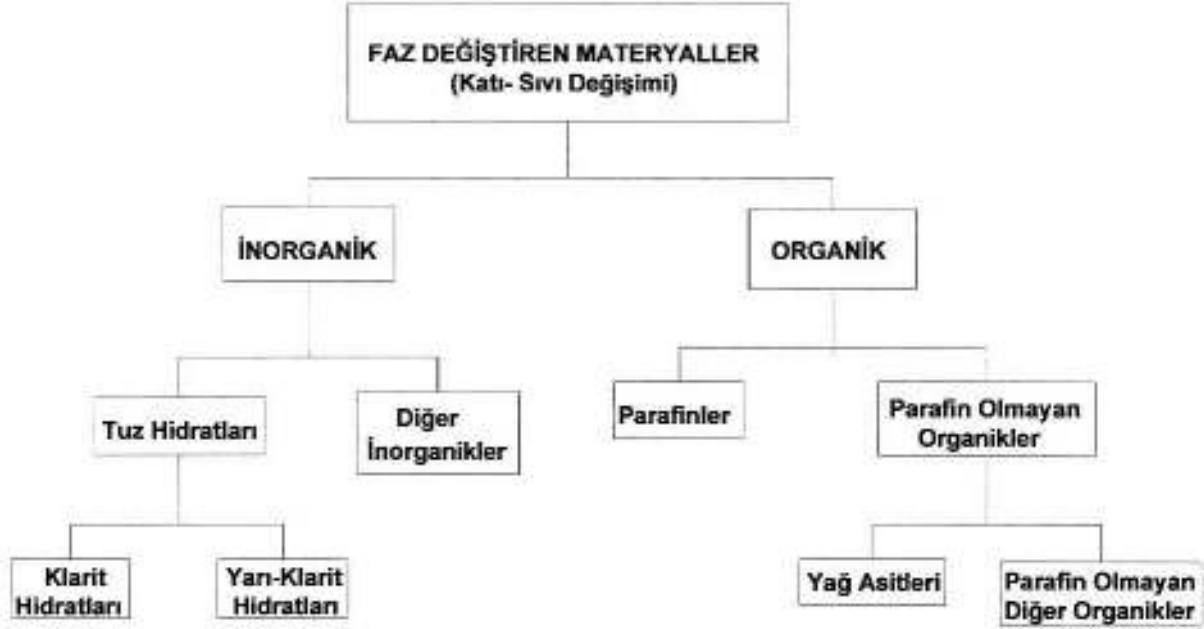
FDM'ler, ısıtma sistemi için ısı depolamak amacıyla, depolama ünitelerinde yaygın olarak kullanılır. (-20) – (+150)°C sıcaklık aralığında eriyebilen FDM'ler, güneş enerjisi, ısı pompaları ve benzeri sistemler yardımıyla ısıtma ve soğutma sistemlerinde kullanılır. Isıl depo uygulamalarında kullanılan, uygun sıcaklık aralıklarında eriyen çok sayıda organik ve inorganik yapılı malzemeler bulunmaktadır. Bu malzemelerin gizli ısı depolama sistemlerinde ısı depolama malzemesi olarak kullanılabilmesi için; termodinamik, kinetik ve kimyasal yönlerden belirli özellikler göstermeleri gerekir. Ayrıca malzemenin maliyeti ve çok miktarda bulunabilir olması da dikkate alınmalıdır. Bazı FDM'ler, erime sıcaklık aralıklarına bağlı olarak Çizelge 5.2'de listelenmiştir (Hasnain, 1998).

Çizelge 5.2 Gizli ısı depolama malzemeleri ve bunların sıcaklık aralıkları

Sıcaklık Aralığı (°C)	Malzeme	Hal Değiştirme Sıcaklığı (°C)	Erime Gizli Isısı (kJ/kg)
0 – 100	Su	0	345
	Parafin	20 – 60	140 – 280
	Tuz hidratı	30 – 50	170 – 270
100 – 400	AlCl ₃	192	280
	LiNO ₃	250	370
	Na ₂ O ₂	360	314
400 – 800	50LiOH ₆ .50LiF	427	552
	KClO ₄	527	1253
	LiH	699	2658
800 – 1500	LiF	868	932
	NaF	993	750
	MgF ₂	1271	966
	Si	1415	1654

Güneş enerjisiyle ısıtma uygulamaları ve sıcak su üretimi için en uygun çalışma sıcaklık aralığı (40 – 60) °C'dir. Özel uygulamalar için bu aralık (20 – 80) °C' a kadar genişletilebilir. Güneş enerjisiyle soğutma uygulamaları için 100°C'a kadar değişen sıcaklık değerleri gerekli olduğu halde, ısı pompası uygulamalarında 0°C'ın altına inebilen daha düşük depolama sıcaklıkları istenir. Bu sıcaklık sınırlarında faz değiştiren malzemeleri Şekil 5.2'de görüldüğü

gibi, organik ve inorganik bileşikler olmak üzere iki grup altında sınıflandırmak mümkündür (Kakaç ve Ark., 1989).



Şekil 5.2 FDM'nin sınıflandırılması

İnorganik bileşenler tuz hidratlarını, tuzları, metalleri ve alaşımları içerirken, organik bileşenler parafinleri, parafin olmayan bileşikleri ve polialkolleri içerir.

İnorganik tuzların erime ısıları yüksektir. Organik bileşiklerin erime sıcaklık aralıkları geniştir. Bununla birlikte, ısı depolama kapasiteleri daha düşüktür. Organik bileşiklerin birim hacimlerinin ısı depolama kapasitesi, inorganik tuzlarınkinin, yaklaşık yarısı kadar olup, 150-200 Mj/m³ arasında değişir. Tuz hidratlarının ısı depolama kapasiteleri 250-400 Mj/m³ arasındadır (Paksoy ve Ark., 1995).

Organik bileşikler, gerekli depolama hacminin fazla olması gibi olumsuz özelliklere sahip olmakla birlikte, inorganik bileşiklerle karşılaştırıldığında, ısı depolama malzemesi olarak bazı önemli üstünlüklere sahiptir. Bunlar:

- Uygun olarak erime gösterirler.
- Kendi kendine kristalleşebilirler.
- Geleneksel tasarım malzemeleriyle uygun olarak kullanılabilirler.

Yüksek sıcaklıklarda (120 – 1400 °C) ısı depolamak için metal malzemeler kullanılabilir. Bu amaçla; alüminyum, magnezyum ve çinkonun uygun metaller olduğu belirlenmiştir. Metal malzemelerin ısı depolama açısından önemli bazı özellikleri aşağıdaki gibi özetlenebilir (Öztürk ve Başçetinçelik, 2002):

- Birim kütle ve hacim için erime ısıları düşüktür.
- Maliyetleri genellikle yüksektir.
- Kimyasal/toksin etkiler ve emniyet açısından bazı olumsuz özelliklere sahiptirler.

Maliyetin çok önemli olmadığı, yüksek ısı iletkenlik gerektiren uygulamalarda ısı depolama malzemesi olarak etkin bir şekilde kullanılabilirler.

İnorganik FDM'ler grubunda bulunan tuz hidratları ısı depolama için önemli olduklarından, araştırmalar bu malzemeler üzerinde yoğunlaştırılmıştır. Organik yapıdaki FDM'ler Şekil 5.2'de görüldüğü gibi, parafinler ve parafin olmayan malzemeler olmak üzere iki alt gruba ayrılır.

Tuz hidratları : Tuz hidratları, (0 – 150) °C sıcaklık aralığında hacimsel ısı depolama kapasitelerinin yüksek olması nedeniyle inorganik FDM'lerin en önemli grubudur. Genellikle suda çözünebilen tuzlar ısı depolama amacıyla kullanılabilir. Isı depolama amacıyla kullanılabilen ve pahalı olmayan birçok tuz hidratı bulunmaktadır. Tuz hidratlarının gizli ısı depolama açısından en önemli özellikleri aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Erime gizli ısıları yüksektir.
- Erime - katılaşma sonucunda hacim değişimi azdır.
- Organik FDM'ler ile karşılaştırıldığında, ısı iletkenlikleri yüksektir.
- Yoğunlukları kısmen yüksek olduğundan, kompakt depolama üniteleri geliştirilebilir.

Çizelge 5.3'de (0 – 120) °C sıcaklık aralığında eriyen bazı tuz hidratlarının termofiziksel özellikleri verilmiştir (Zalba ve Ark., 2003). Maliyeti düşük olan malzemeler arasında genellikle; klorit, karbonat, nitrat, sulfat veya fosfat formlarında sodyum, kalsiyum ve magnezyum bileşikleri yer alır.

Parafinler : Parafinler petrol türevleri olup, genel olarak C_nH_{2n+1} şeklinde belirtilen ve "alkanlar" olarak adlandırılan önemli bir bileşen içerirler. Parafin mumlarındaki n-alkan içeriği, genellikle % 75'ten fazladır ve % 100'e ulaşabilir. Yaygın olarak bilinen oktadekan ($C_{18}H_{38}$) gibi saf parafinler, sadece alkanları içerir. Alkanların erime sıcaklığı karbon atomu sayısının artmasıyla artar. Karbon atomu sayısı 14-40 arasında olan alkanların erime sıcaklığı,

(6 – 80) °C aralığındadır. Ticari parafinlerin karbon atom sayısı 8-15 arasında olabilir (Furbo, 1980). Parafinler alkan zinciri uzunluğuna bağlı olarak n-parafin veya izo-parafin şeklinde olabilir. Çizelge 5.4’de bazı parafin bileşiklerinin termofiziksel özellikleri verilmiştir (Zalba ve Ark., 2003).

Çizelge 5.3 Bazı tuz hidratlarının termofiziksel özellikleri

Tuz Hidratı	Erime Sıcaklığı (°C)	Erime Isısı (kJ/kg)	Isıl İletkenlik (W/mK)	Yoğunluk (kg/m ³)	Özgül Isı (kJ/kgK)
CaCl ₂ .6H ₂ O(Kalsiyum klorid heksahidrat)	29	190,8	0,540 (Sıvı, 38,7°C)	1562 (Sıvı, 32°C)	1,45 (Katı)
Na ₂ SO ₄ .10H ₂ O (Sodyumsulfat dekahidrat)	32,4	254	0,544	1485	1,93 (Katı)
Na ₂ HPO ₄ .12H ₂ O (Disodyumbifosfat dodekahidrat)	35	281	-	1522	1,70 (Katı) 1,95 (Sıvı)
Na ₂ S ₂ O ₃ .5H ₂ O (Sodyumtiyosulfat pentahidrat)	48	201	-	1600 (Katı)	1,46 (Katı) 2,93 (Sıvı)
BaOH ₂ .8H ₂ O(Baryum hidroksit hidrat)	78	265,7	0,653 (Sıvı, 85,7°C)	1937 (Sıvı, 84°C)	1,17 (Katı)
MgCl ₂ .6H ₂ O (Magnezyumklorid heksahidrat)	116	165	0,598 (Sıvı, 140°C)	1442 (Sıvı, 78°C) 1570 (Katı, 20°C)	2,82 (Sıvı) 1,72 (Katı)

Doymuş hidrokarbonlar grubundan olan parafinler grubu içerisinde benzer özelliklerdeki bileşikler yer alır. Metan (CH₄) dan pentan (C₅H₁₂) a kadar olan serideki ilk beş bileşik, oda sıcaklığında ve atmosfer basıncında gaz halindedir. Ancak bunların molekül ağırlıklarının artmasıyla buharlaşma oranları azalır.

C₁₅H₃₂ ve C₅H₁₂ arasındaki bileşikler sıvı durumdadır ve her molekülünde 15’ten fazla karbon atomu bulunan bileşikler oda sıcaklığında mum gibi katı durumdadır. Bunların erime sıcaklıkları ve erime gizli ısıları molekül ağırlığıyla artar. Böylece C₁₄H₃₀’dan C₄₀H₈₂’ye kadar olan seri içerisindeki bileşiklerden birinin seçilmesiyle, 6°C’den 80°C’a kadar değişen erime sıcaklıklarında ısı depolama için uygun parafin seçilebilir. Karbon atomu sayısı çift

olan parafinler ucuz, bol ve kimyasal olarak kararlı olduklarından ısı depolama için tercih edilirler. Isı depolamada yararlanılabilecek bir malzemede aranan uygun fiziksel, kimyasal ve termokimyasal özelliklere sahip olan parafinlerin ısı depolama bakımından bazı önemli üstünlükleri aşağıdaki gibi sıralanabilir (Kakaç ve Ark., 1989):

- Maliyeti düşük ve bol miktarda mevcuttur.
- Korozif ve toksik etkili değildirler.
- Erime noktası sıcaklık sınırları geniştir
- Erime gizli ısıları yüksektir.
- Hızlı bir şekilde faz değiştirirler.
- Kimyasal olarak kararlıdır.
- Yoğunlukları düşüktür.
- Kolay bir şekilde paketlenirler.
- İhmal edilebilir düzeyde aşırı soğuma gösterirler.
- Kendi kendine kristalleşebilirler.
- Erime sonucunda hacim değişimi azdır.

Çizelge 5.4 Bazı parafin bileşiklerinin termofiziksel özellikleri

Bileşik	Erime Sıcaklığı (°C)	Erime Isısı (kJ/kg)	Isıl İletkenlik (W/mK)	Yoğunluk (kg/m ³)
Parafin C ₁₅ -C ₁₆	8	153	-	-
Parafin C ₁₃ -C ₂₄	22-24	189	0,21 (Katı)	760(Sıvı,70°C)
Parafin C ₁₈	28	244	0,148 (Sıvı, 40°C)	774(Sıvı,70°C)
Parafin C ₁₆ -C ₂₈	42-44	189	0,21 (Katı)	765(Sıvı,70°C)
Parafin mumu	64	173,6	0,167 (Sıvı, 63,5°C)	790 (Sıvı, 65°C)
		266	0,346 (Katı, 33,6°C)	916 (Katı, 24°C)
Parafin C ₂₁ -C ₅₀	66-68	189	0,21 (Katı)	830(Sıvı,70°C) 930(Katı,20°C)

Ekonomik nedenlerden dolayı, gizli ısı depolamada FDM olarak sadece teknik esaslı parafinler kullanılabilir. Teknik yönden kaliteli parafinler, alkan serisindeki bir çok bileşiklerin karışımından oluştuğundan, belirli bir erime noktasına sahip değildirler. Parafin

kullanılarak ısı depolamada, aşağıdaki nedenlerden dolayı çok sayıda ısı depolama çevrimi gerçekleştirilebilir:

- Faz değişimi uygundur.
- Aşırı soğuma oluşmaz.
- Kimyasal kararlılıklarını sürdürebilirler.

Parafinlerin gizli ısı depolama malzemesi olarak en önemli olumsuz özellikleri aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Katı durumdaki ısıl genişleme katsayıları düşüktür.
- Isıl iletkenlikleri düşüktür.

Isıl genişleme katsayısının neden olduğu olumsuzlukları önlemek için aşağıdaki önlemler alınabilir:

- Isı depolama ünitelerini elastik malzemelerden ve değişik geometrilere tasarlamak,
- Depolama ünitelerinde emniyet için gerekli hacim belirlemek.

Parafinlerin ısıl iletkenliklerinin düşük olması sorunu, büyük hacimli ısı depolama üniteleri kullanılarak giderilebilir. Katı durumdaki ısıl iletkenlik değerinin düşük olması, depolanan ısının geri kazanılmasını güçleştirir. Metalik doldurucular, metal kalıplar, kanatlı tüpler, alüminyum talaşı ve benzeri malzemeler kullanılarak parafinlerin ısıl iletkenlik değerlerini artırmaya yönelik çalışmalar yapılmıştır. Parafinlerin ısıl iletkenliklerinin düşük olması nedeniyle, ısı değiştirici tasarımına özel önem verilmesi gerekir.

Gizli ısı depolama sistemlerinde parafinlerin yaygın olarak kullanılmamasının en önemli nedenleri şunlardır:

- Parafinlerin yanıcı özellikte olması
- Petrol esaslı (endüstriyel) parafinlerden kimyasal olarak saf parafin üretmek için gerekli işlem maliyetinin oldukça yüksek olması

Kimyasal olarak saf parafinlerin erime gizli ısıları 200 kJ/kg gibi yüksek bir değerdedir. Ayrıca saf parafinler erime sıcaklığında tekdüze olarak erirler. Petrol esaslı parafinlerin erime gizli ısıları, saf bileşiğin yaklaşık olarak % 75'i kadardır (Ghoneim ve Klein, 1989).

Parafin olmayan organikler : Parafin olmayan organikler; yağ asitleri, esterler, alkoller ve glikoller gibi geniş bir malzeme çeşidini kapsar. Gizli ısı depolamaya uygun malzemelerin bulunduğu en geniş gruptur. Bu organik malzemelerin bazı özellikleri aşağıda verilmiştir (Kakaç ve Ark., 1989):

- Erime ısıları yüksektir.
- Yanıcı özellikte değildirler.
- Isıl iletkenlikleri düşüktür.
- Parlama noktaları düşüktür.
- Toksin düzeyleri değişebilir.
- Yüksek sıcaklıklarda kimyasal bakımdan kararsız özelliktedirler.

Çizelge 5.5 Bazı yağ asitlerinin termofiziksel özellikleri

Yağ Asidi	Erime Sıcaklığı (°C)	Erime Isısı (kJ/kg)	Isıl İletkenlik (W/mK)	Yoğunluk (kg/m ³)
Propil palmiate	10	186	-	-
Caprylic acid	16	148,5	0,149 (Sıvı, 38,6°C)	901 (Sıvı, 30°C) 981 (Katı, 13°C)
Capric-lauric acid (45-55%)	21	143	-	-
Vinyl stearate	27-29	122	-	-
Lauric acid	42-44	178	0,147 (Sıvı, 50°C)	862 (Sıvı, 60°C) 1007 (Katı, 24°C)
Myristic acid	49-51	204,5	-	861 (Sıvı, 55°C) 990 (Katı, 24°C)
Palmitic acid	64	185,4	0,162 (Sıvı, 68,4)	850 (Sıvı, 65°C) 989 (Katı, 24°C)
Stearic acid	69	202,5	0,172 (Sıvı, 70°C)	848 (Sıvı, 70°C) 965 (Katı, 24°C)

Parafin olmayan organik malzemeler iki geniş alt gruba ayrılır:

- Yağ asitleri
- Parafin olmayan diğer organik malzemeler

Yağ asitlerinin erime sıcaklıkları ısıtma uygulamaları için uygundur ve erime ısıları parafinlerle ve tuz hidratlarıyla karşılaştırılabilir değerlerdedir. Yağ asitleri; termodinamik, kinetik, ısıl ve kimyasal kararlılık, emniyet ve maliyet bakımından, tuz hidratları, parafinler ve diğer kimyasal maddelerle karşılaştırıldıklarında üstün özelliklere sahiptir. Çizelge 5.5’de bazı yağ asitlerinin termofiziksel özellikleri verilmiştir (Zalba ve Ark., 2003).

Çizelge 5.6 Bazı organik ötektiklerin termofiziksel özellikleri

Organik Ötektik	Erime Sıcaklığı(°C)	Erime Isısı (kj/kg)	Isıl İletkenlik (W/mK)	Yoğunluk (kg/m ³)
%37,5 Urea + %63,5 acetamide	53	-	-	-
%67,1 Naphthalene + %32,9 benzoic acid	67	123,4	0,136 (Sıvı, 78.5°C) 0,130 (Sıvı, 100°C) 0,282 (Kati, 38°C) 0,257 (Kati, 52°C)	-
Lauric-capric acid	18	120	-	-
Lauric-palmitic	33	145	-	-
Lauric-stearic	34	150	-	-
Palmitic-stearic	51	160	-	-

Çizelge 5.7 Bazı inorganik ötektiklerin termofiziksel özellikleri

İnorganik Ötektikler	Erime Sıcaklığı (°C)	Erime Isısı (kj/kg)	Isıl İletkenlik (W/mK)	Yoğunluk (kg/m ³)
%66,6 CaCl ₂ .6H ₂ O + %33,3MgCl ₂ .6H ₂ O	25	127	-	1590
%61,5Mg(NO ₃) ₂ .6H ₂ O + %38.5 NH ₄ NO ₃	52	125,5	0,494 (Sıvı, 65°C) 0,552 (Kati, 36°C)	1515 (Sıvı, 65°C) 1596 (Kati, 20°C)
%58,7 Mg(NO ₃) ₂ .6H ₂ O + %41.3 MgCl ₂ .6H ₂ O	59	132,2	0,510 (Sıvı, 65°C) 0,678 (Kati,38°C)	1550 (Sıvı, 50°C) 1630 (Kati, 24°C)
%66,6 urea + %33,4 NH ₄ Br	76	161	0,331 (Sıvı, 79.8°C) 0,649 (Kati, 39°C)	1440 (Sıvı, 85°C) 1548 (Kati, 24°C)
%32,5 LiF + %50,5 NaF + %17 MgF ₂	632	-	-	2105 (Sıvı) 2810 (Kati, 25°C)
%53,6 NaF + %28,6 MgF ₂ + %17,8 KF	809	-	-	2110 (Sıvı) 2850 (Kati, 25°C)

Organik ve inorganik bileşiklerin ötektikleri: Organik ve inorganik bileşiklerin ötektikleri, belirli erime/donma noktasına sahip olduklarından, gizli ısı depolama malzemesi olarak kullanılabilirler. Ötektik karışımların termofiziksel özellikleri ve maliyetleri konusunda ayrıntılı araştırmalar gereklidir. Erime sıcaklığı (250 – 500) °C aralığında olan inorganik bileşikler, bazı floridler ve ötektik florid karışımları güç tesislerinde ısı depolama malzemesi olarak kullanılabilir. Erime sıcaklığı (45 – 60) °C aralığında bulunan malzemeler mahal ısıtma uygulamaları için uygundur. Ötektikler, kesin erime ve donma noktasına sahip iki veya daha fazla tuzun karışımından elde edilir. Bu davranış eriyen uyumlu tuz hidratlarıyla benzerdir ve ısıl enerji deposu uygulamaları için büyük potansiyele sahiptir. İnorganik ve organik bileşiklerin çok sayıda ötektiği vardır ve bunlar inorganik ötektikler, organik ötektikler ve organik-inorganik ötektikler olarak sınıflandırılabilirler.

Çizelge 5.6’da bazı organik bileşiklerin, Çizelge 5.7’de de bazı inorganik bileşiklerin termofiziksel özellikleri verilmiştir (Zalba ve Ark., 2003). Bu ötektikler erime sıcaklıklarına göre düşük ve orta sıcaklıklı düz güneş toplaçlarıyla soğuk pasif güneş yapıları için kullanılabilirler.

5.1.2.1.1 Faz Değişim Malzemelerinin Uygulamaları

Aşağıda faz değişim malzemelerinin çeşitli uygulamalarından bahsedilmiştir.

Güneş enerjisi dolaylı temas gizli ısı depolama: Isının gündüz depolanıp gece kullanılmasının gerekli olduğu yerlerde, güneş enerjisi sistemlerine gizli ısı depolama metodu uygulamak için geniş çapta denemeler yapılmaktadır. Çalışmalar, ısı geçişinin temel yönlerinden içerisinde FDM’lerin test edildiği tam boyutlu ısı depolama ünitelerine kadar çeşitlenmektedir.

FDM’lerin çoğu düşük ısı iletim katsayısına sahiptir ve bu, bunların uygulamaları esnasındaki ısı geçiş hızını sınırlandırır. Bu nedenle, FDM erime ve katılma esnasındaki ısı geçiş hızlarında gözlenen büyük düşmeyi engelleyecek şekilde kapsüllenmek zorundadır. FDM, genellikle, plakalı tip eşanjöre benzer türde bir çok ince yassı konteyner içine konur.

Alternatif olarak, küçük çaplı tüpler içine de konabilirler ve ısı geçiş akışkanı bu tüpler boyunca ya da bu tüplerin arasından akar. FDM, aynı zamanda bir bina iskeletinde veya tüp ısı değiştiricisinde de olabilir (Farid ve Ark., 2004)

Doğrudan temashlı ısı değiştiricileriyle ısıl depolama: Birçok FDM’nin düşük ısıl iletkenliğe sahip olması, büyük ve pahalı ısı geçiş yüzeylerinin kullanımını gerektirmektedir. Bu,

FDM'lerin en önemli dezavantajları olarak düşünülmektedir. Doğrudan temas ısı geçiş düzenlemeleri, bu pahalı metalik yüzeylere olan gereksinimi ortadan kaldırmaktadır. Metod iki şekilde uygulanmaktadır.

Birinci metod, doğrudan temaslı ısı geçişiyle katı-katı hal değiştirme metodudur. Bu metod, katı-sıvı faz değişiminin yerine bazı uygulamalar için iyi bir şekilde uygulanabilir ve bu, pahalı ısı değiştiricilerine olan ihtiyacı ortadan kaldırır. Yüksek yoğunluklu polietilen gibi bazı malzemeler, katı-sıvı hal değiştirme gizli ısısına yakın katı-katı hal değiştirme gizli ısısına sahiptir, ancak yine de şeklini kaybetmemektedir.

İkinci metod, tuz hidratlarıyla karıştırılmaz akışkan arasındaki doğrudan temasla ısı geçiştir. Bu ısı geçiş şeklinde kabarcıklar nedeniyle meydana gelen çalkalanma olayı, birçok tuz hidratının kristalleşmesiyle ilgili olarak ortaya çıkan iki ciddi problem olan aşırı soğuma ve faz konsantrasyonunda farklılaşmayı azaltmaktadır (Farid ve Ark., 2004).

Tuz hidratları kullanılarak, faz değişimiyle doğrudan temaslı ısı geçişi, çok yüksek ısı geçiş hızları sağlar. Böyle bir sistemde elde edilen yüksek hacimsel ısı geçiş katsayısı temelde, ısıyı ısı deposundan başka bir yere veya başka bir yerden ısı deposuna aktarmak için kullanılan karıştırılmaz ısı geçiş akışkan damlacıklarının büyük yüzey alanına sahip olmasına bağlıdır.

Maksimum ısı yükü karşılamak için faz değişimiyle ısı depolama: Elektrik üretimi, endüstriyel, ticari ve yerleşim aktivitelerince olan gereksinimlere bağlı olarak gece ve gündüz esnasında değişmektedir. Elektrik ihtiyacındaki değişme, maksimum yük periyotlarında ve bu periyotların dışındaki zamanlarda, genellikle gece yarısından sonra sabahın erken saatlerine kadar kademeli değer belirleme sisteminin kullanımını gerekli kılmaktadır. Maksimum yük periyotlarından bu periyotlar dışındaki zamana kadar olan elektrik kullanımındaki değişme, kayda değer bir ekonomik fayda sağlamaktadır. Bir enerji depolama sisteminin geliştirilmesi, elektriğin tedarik edildiği ve kullanım ihtiyacının doğduğu zamanlar arasında fark olduğunda ortaya çıkan probleme getirilebilecek çözümlerden biri olabilir. Enerji depolama sistemleri, artan enerjinin, ihtiyaç duyulup da serbest bırakıldığı zamana kadar depolanmasına imkan verir (Farid ve Ark., 2004).

Bina uygulamaları ve diğer uygulamalar: FDM'lerinin yerleşim binalarında kullanımı, üzerinde önemle durulması gereken bir konudur. Güneş enerjisinin binalarda verimli kullanımı için ısı enerjisi depolama kabiliyeti çok önemlidir. Yükte hafif bina malzemelerinin düşük ısı kütlelerinden dolayı, bunlar yüksek sıcaklık dalgalanmalarına meyillidir ve bu da yüksek ısıtma gereksinimleriyle sonuçlanır. FDM'lerin bu tip binalarda

kullanılmalarının nedeni, düzgün sıcaklık değişimleri sağlayabilme yetenekleridir. Binalarda, bir mahal içindeki sıcaklık farklılaşmalarını hafifletmek için daha ilginç bir yaklaşım, FDM içeren duvar panoları kullanmaktır. Duvar büyük ısı geçiş alanı, duvar ile mahal arasındaki büyük ısı geçişini desteklemektedir. Duvar panoları ucuzdur ve çok çeşitli uygulamalarda geniş çapta kullanılır ve bu, duvar panolarını FDM kapsülleme için çok uygun bir hale getirir. Bununla beraber, gizli ısı depolama prensipleri, uygun olan bütün bina malzemelerine uygulanabilir (Farid ve Ark., 2004).

Güneş ışınımı ile hava şartlandırma zamanı arasında bir çatışma olmasına rağmen, soğutucunun kesintisiz çalışması ya da çalışma zamanını genişletmek için, bazı ısı depolama sistemleri gereklidir. Bu nedenle, Safarik (2002), bir parafin gizli ısı depolama sistemi ile amonyak/su absorpsiyon sistemi kullanarak bir güneşsel iklimlendirme sistemi geliştirmiştir.

Benzer fikir, ısıtmada da geliştirilmiştir. Bunda, bir FDM-IED bir ısı pompasına ve ısı dağıtım sistemine bağlanmıştır. Bu şekilde ısı pompası kapasitesinde ve sistemin yıllık işletme maliyetlerinde kayda değer bir azalma sağlanabilir.

FDM'lerin seralarda enerji tasarrufu ve işletmesi için kullanımı üzerine geniş ölçüde çalışmalar yapılmıştır. Kürklü (1998), bu konu üzerine bir çalışma sunmuştur. Bu araştırma göstermiştir ki; ısı değiştirici tipleri, depolar ve birim sera alanı başına faz değişim malzemesi miktarı her çalışmada farklı olmuştur.

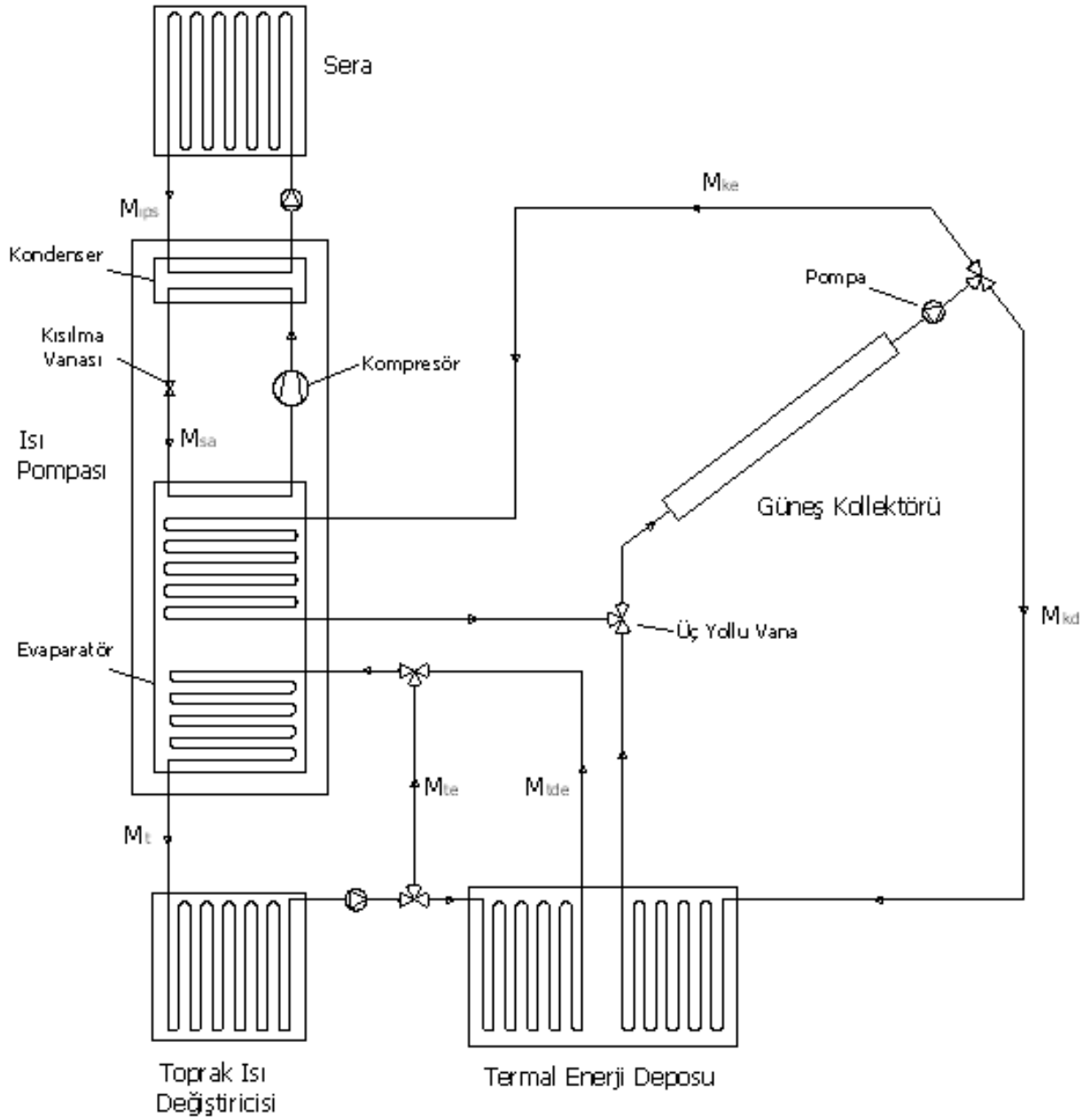
6 UYGULAMA

6.1 Uygulamanın Amaç ve Kapsamı

Belirli boyutlardaki bir seranın; toprak, güneş ve ısı depo kaynaklı ısı pompası sistemiyle ısıtılmasının uygulanabilir olup olmadığı konusunda bize fikir verebileceği düşünülen bir çalışma yapılacaktır. Güneş enerjisinin depolandığı bir ısı enerji deposunun, aşırı soğuk geçen bazı kış gecelerinde kullanılarak, bu aşırı ısıtma yüklerini karşılamada toprak ve güneşten elde edilen ısıtma kapasitesine destek olması düşünülmüştür. Bunun için sistemin çalışma sıcaklıklarına uygun erime sıcaklığına sahip bir faz değişim malzemesinin, gizli ısı depolama özelliğinden faydalanılacaktır.

Seranın ısıtılması için güneş ve ısı enerji depo destekli toprak kaynaklı bir ısı pompası sistemi tasarlanacaktır. Seranın ısıtma ihtiyaç zaman aralığı olarak 15 Ekim – 15 Nisan tarihleri arası kabul edilmiş ve hesaplar bu zaman aralığı için yapılmıştır. Öncelikle İstanbul - Göztepe için 2004 ve 2005 yıllarının saatlik dış hava sıcaklıkları ve güneş ışınım şiddeti değerleri Meteoroloji İstasyonları'ndan temin edilmiştir. 2004 yılı Ekim ayından 2005 yılı Nisan ayına kadar olan saatlik dış hava sıcaklık değerleri Ek 1'de, güneş ışınım şiddeti değerleri Ek 2'de görülmektedir.

Sistemin çalışma ilkesinin şu şekilde olması düşünülmüştür; güneşten saatlik olarak güneş toplacındaki suya geçen ısı miktarı, ısı pompası buharlaştırıcısındaki soğutucu akışkana o saat için aktarılması gereken ısı miktarını karşılıyorsa o saat için buharlaştırıcıya sadece güneş faydalı ısı aktarılmakta, artan enerji de ısı enerji deposunda depolanmaktadır. Eğer o saatte güneş toplac suyuna geçen ısı miktarı buharlaştırıcı ısı ihtiyacını karşılamıyorsa, bu ısının tamamı depolanmakta, buharlaştırıcının o saatteki ısı ihtiyacı toprak ısı değiştiricisi vasıtasıyla topraktan çekilen ısıyla karşılanmaktadır. Sistem tasarımına göre o saatte topraktan alabileceğimiz maksimum ısı, buharlaştırıcı ısı ihtiyacını karşılamaya yetmiyorsa, o saatte güneşten elde edilen faydalı ısıyla takviye edilmektedir ve artan faydalı ısı depolanmaktadır. Eğer faydalı ısı topraktan elde edilen ısıyı takviye etmeye yetmiyorsa, depodan takviye yapılarak buharlaştırıcı ısı ihtiyacı karşılanmaktadır. Bu şekilde, buharlaştırıcı ısı ihtiyacının depodan takviye yapılarak karşılandığı zamanlarda, kullanılan depo enerjisi kompresörün yapması gereken ek işin yerini almaktadır. Bu sistem şematik olarak Şekil 6.1'de gösterilmiştir. Sistemle ilgili daha ayrıntılı bilgi ileriki bölümlerde verilecektir.



Şekil 6.1 Sistem şeması

Şekil 6.1’de şematik olarak görülen sistemde, depolanan enerjinin kompresör ek işini karşılama oranı ile sistem yatırım ve işletme maliyetleri hesaplanacaktır. Daha sonra bu seranın aynı zaman diliminde kullanılagelen bir ısıtma sistemiyle ısıtılması için gerekli yatırım ve işletme maliyetleri toplamı hesaplanacak ve sistemimizin yatırım ve işletme maliyetleri toplamıyla karşılaştırılarak sistem geri ödeme süresi hesaplanacaktır. Bundan sonra yapılan çalışmayı özetleyen bir tablo hazırlanacaktır. Son olarak hesapların bir çok farklı sistem tasarımları için denenebilmesi amacıyla bilgisayar ortamında bir program yazılacaktır. Bu

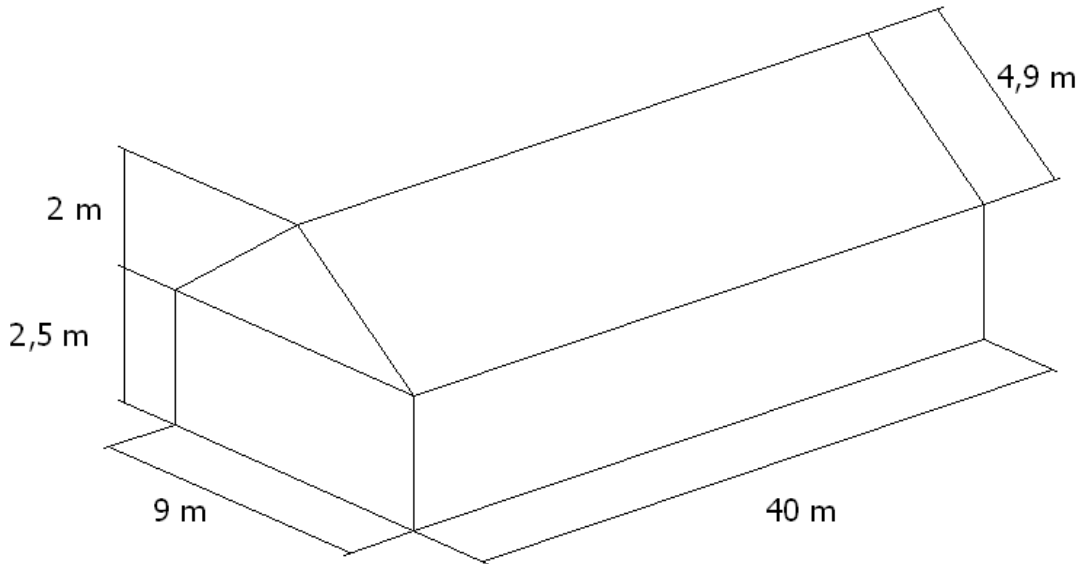
program farklı sistem tasarımları için çalıştırılarak elde edilen sonuçlar grafikler ve tablolar halinde sunulacaktır.

6.2 Sistem Tasarım Değişkenleri Seçimi

Üzerinde çalıştığımız sera ısıtma sistemi birçok değişkenden oluşmaktadır. Bu kısımda bu değişkenlerden adım adım bahsedilecektir.

6.2.1 Sera Isı Kaybının Hesaplanması

Isıtılması söz konusu olan sera biçimsel olarak Şekil 6.2’de görüldüğü gibi ikizkenar üçgen çatılı olacak şekilde seçilmiştir. Sera kaplama malzemesi olarak çift katlı polietilen tercih edilmiştir.



Şekil 6.2 Seranın şematik görünümü

Sera ısı kaybı aşağıdaki formülle hesaplanabilir (Kahvecioğlu, 2005).

$$Q_s = \left[\frac{A_1}{R_1} + \frac{A_2}{R_2} \right] \cdot (T_i - T_d) \cdot f_w \cdot f_c \cdot f_s \quad (6.1)$$

$$A_1 = 9 \times 2,5 \times 2 + 40 \times 2,5 \times 2 + \frac{9 \times 2}{2} \times 2 = 263m^2$$

$$A_2 = 4,9 \times 40 \times 2 = 392m^2$$

A_1	: Sera yanal alanı	(m^2)
A_2	: Sera çatı alanı	(m^2)
R_1	: Yapı malzemesinin ısı direnci	(m^2K/W)
R_2	: Yapı malzemesinin ısı direnci	(m^2K/W)
T_i	: Minimum sera iç sıcaklık değeri	$(^{\circ}C)$
T_d	: Dış hava sıcaklık değeri	$(^{\circ}C)$
f_w	: Rüzgar faktörü	
f_c	: Yapı faktörü	
f_s	: Sistem faktörü	

Sera sabit iç sıcaklığı $T_i = 20^{\circ}C$ olarak alınmıştır.

Rüzgar faktörü, yapı faktörü ve sistem faktörü değerlerinin herbiri 1 kabul edilmiştir. Hesaplar yapılırken seranın ısı kazançları ihmal edilmiştir. Sera kaplama malzemesi çift katlı polietilenin ısı direnci $R_{PE} = 0,28 m^2K/W$ olarak alınmıştır (Kahvecioğlu, 2005). Denklem (6.1) kullanılarak seranın 6 ay boyunca saatlik ısı kayıpları hesaplanmış ve bulunan değerlerin bir kısmı Ek 3’de gösterilmiştir. Örnek teşkil etmesi için sezonun ilk saati için sera ısı kaybını hesaplayalım.

$$Q_s = \left[\frac{263}{0,28} + \frac{392}{0,28} \right] \times (20 - 12,9) \times 1 \times 1 \times 1 = 16609 \text{ W} = 16,609 \text{ kWsaat}$$

Bu şekilde 6 ay için saatlik olarak hesaplanan değerlerin bir kısmı Ek 3’de görülmektedir.

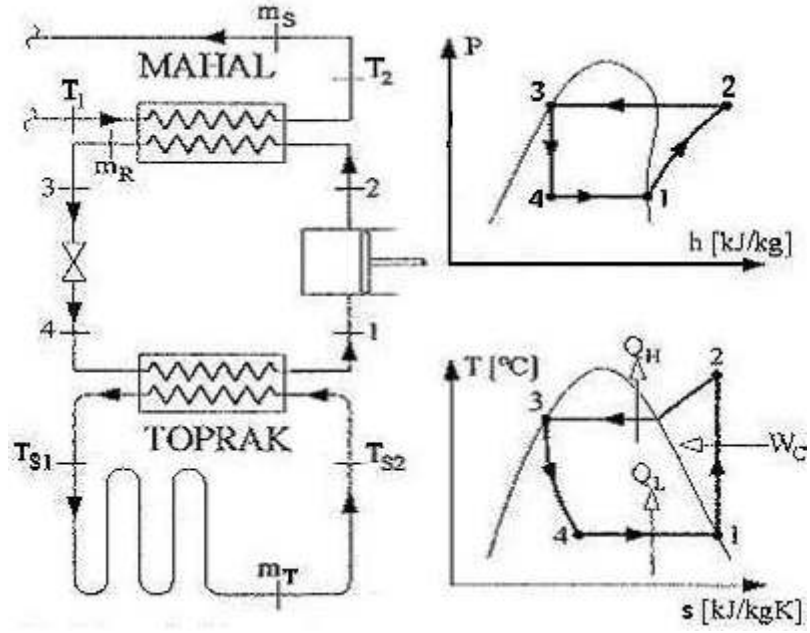
6.2.2 Isı Pompası Tasarımı

Isıyı seraya aktaran sistem olan ısı pompasının tasarımı bazı kriterler göz önünde bulundurularak yapılacaktır. Isı pompası sisteminin prensip şeması ve, P-h ve T-s diyagramları Şekil 6.3’de gösterilmiştir.

Buharlaştırıcı basınç ve sıcaklığının kabulü için, kabul edilen toprak ısı değiştiricisine su giriş sıcaklığı $T_{s1} = 3^{\circ}C$ gözönünde bulundurulmuştur. Buharlaştırıcı sıcaklığının bu sıcaklığın altında seçilmesi gerekir. Ancak ısı pompasının mümkün olduğunca düşük basınç farklarında çalıştırılması istenir. Bu durumda buharlaştırıcı sıcaklığının $0^{\circ}C$ olarak seçilmesi uygun görünmektedir.

Yoğuşturucu basınç ve sıcaklığı için ise, serada dolaştırılacak suyun gerekli olan gidiş dönüş sıcaklıkları göz önünde bulundurulmalıdır. Seranın sıcaklığının devamlı $20^{\circ}C$ ’da tutulacağı

düşünülürse, suyun seraya giriş sıcaklığının 37°C, seradan çıkış sıcaklığının da 23°C olarak alınması uygun görünmektedir. Bu durumda yoğuşturucu sıcaklığı da 40°C alınabilir.



Şekil 6.3 Toprak kaynaklı ısı pompası çalışma ilkesi, P-h ve T-s diyagramları

Bu durumda ısı pompası, 0°C ve 40°C sıcaklıkları arasında çalışmaktadır. Soğutucu akışkan olarak R-134a seçilmiştir. Bu sıcaklıklara göre R-134a akışkanının basınç ve entalpi değerleri basınç – entalpi grafiğinden okunmuştur (ASHRAE, 1997). Bu değerler aşağıda verilmiştir.

Buharlaştırıcı basıncı : 0,3 Mpa ($T_{buh} = 0^{\circ}\text{C}$)

Yoğuşturucu basıncı : 1 Mpa ($T_{yoğ} = 40^{\circ}\text{C}$)

h_1 : 400 kJ/kg

h_2 : 428 kJ/kg

h_3 : 257 kJ/kg

h_4 : 257 kJ/kg

h_1 : Buharlaştırıcı çıkışındaki soğutucu akışkan entalpisi (kJ/kg)

h_2 : Kompresör çıkışındaki soğutucu akışkan entalpisi (kJ/kg)

h_3 : Yoğuşturucu çıkışındaki soğutucu akışkan entalpisi (kJ/kg)

h_4 : Buharlaştırıcı girişindeki soğutucu akışkan entalpisi (kJ/kg)

Bu değerlere bağlı olarak ısı pompası sisteminin etkinlik katsayısı aşağıdaki denklemlerle hesaplanabilir.

$$COP_{IP} = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1} \quad (6.2)$$

Entalpi değerleri yerlerine konursa,

$$COP_{IP} = \frac{428 - 257}{428 - 400} = 6,1$$

olarak bulunur. Sistemimiz bu COP değeri kullanılarak tasarlanmıştır. Bunun anlamı, bu şekilde tasarlanmış bir ısı pompasının buharlaştırıcısına, ihtiyaç duyduğu ısının aktarılabilirdiği her saat için ısı pompası bu etkinlik katsayısıyla çalışacaktır. Isı pompası etkinlik katsayısı, seraya aktarılan ısının ısı pompasına verilen kompresör işine oranıdır (Denklem (6.3)).

$$COP_{IP} = \frac{Q_s}{W_k} = \frac{Q_s}{Q_s - Q_{bi}} \quad (6.3)$$

Q_s : Sera ısı kaybı (kWsaat)

W_k : Kompresör işi (kWsaat)

Q_{bi} : Buharlaştırıcı ısı ihtiyacı (kWsaat)

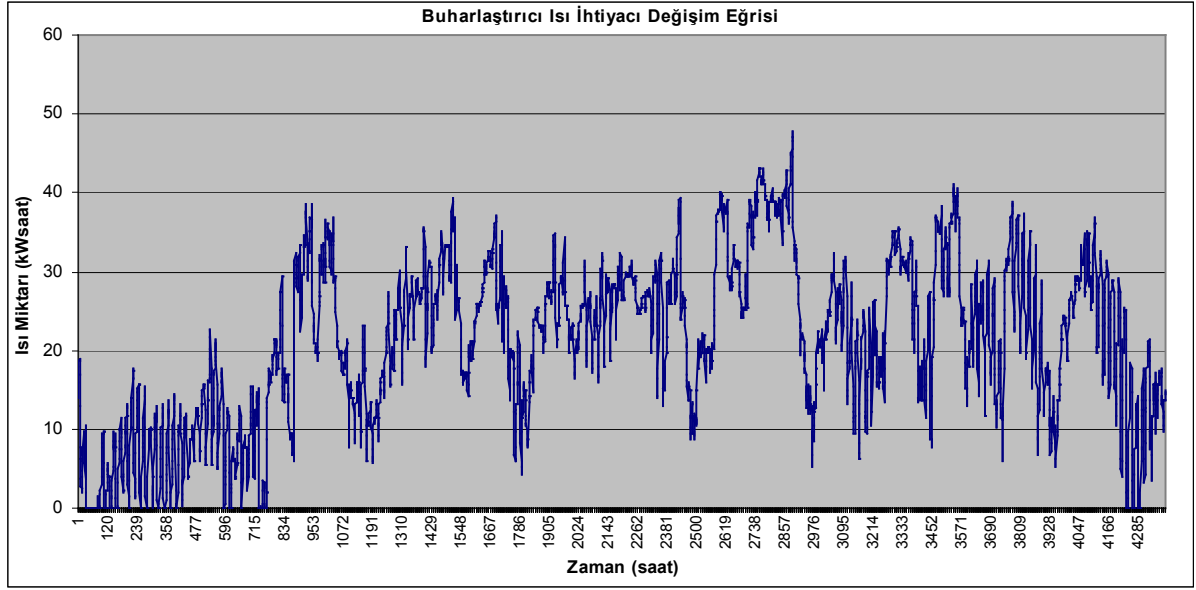
Isı pompası tasarımına bağlı olarak hesaplanan etkinlik katsayısı değerinden yola çıkılarak ve denklem (6.3) kullanılarak buharlaştırıcının ihtiyaç duyduğu ısı miktarı aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$6,1 = \frac{Q_s}{Q_s - Q_{bi}} \Rightarrow Q_{bi} = \frac{Q_s}{1,196} \quad (6.4)$$

Buharlaştırıcı ısı ihtiyacını sezonun ilk saati için hesaplayalım.

$$Q_{bi} = \frac{16,609}{1,196} = 13,89 \text{ kWsaat}$$

Bu şekilde değerler 6 ay için saatlik olarak hesaplanmış ve buharlaştırıcı ısı ihtiyacının zamana bağlı değişim eğrisi çizilmiştir (Şekil 6.4). Bu eğriden de görüldüğü gibi Ocak ayının ortasından Şubat ayının ortasına kadar olan dönemde sera ısı kayıpları maksimum değerlere ulaşmaktadır.



Şekil 6.4 Buharlaştırıcı saatlik ısı ihtiyacının zamana bağlı değişim eğrisi

6.2.3 Toprak Isı Değiştiricisinde Suya Aktarılan Isı Miktarının Hesaplanması

Toprak ısı değiştiricisinde dolaştırılan suya aktarılan toplam ısı miktarı denklem (3.15) kullanılarak hesaplanabilir.

$$Q_t = n \cdot m \cdot c_p \cdot (T_{top} - T_{s1}) \cdot \left[1 - e^{-\frac{k_i \cdot F(z) \cdot L}{m \cdot c_p}} \right] \quad (3.15)$$

Örnek teşkil etmesi amacıyla tablonun ilk satırı için topraktan suya aktarılan ısı miktarını hesaplayalım. Bunun için modül boru boyu $L = 100$ m, modül sayısı $n = 20$, modül boru çapı $d_d = 0,02$ m, su modül boru akış hızı $u = 0,5$ m/s, ısı değiştiricisi gömme derinliği $x = 200$ cm olarak alınsın.

Suyun toprak ısı değiştiricisine giriş sıcaklığı $T_{s1} = 3^\circ\text{C}$ alınmış ve sabit kabul edilmiştir. Suyun özgül ısısı $c_p = 4180$ j/kg $^\circ\text{C}$ ve yoğunluğu $\rho_s = 1000$ kg/m 3 alınmıştır. Toprağın ısı iletkenliği kumlu ve %10 nemli toprak için $k_i = 1,731$ W/m $^\circ\text{C}$ alınmıştır. (Demir, 2005). Bu değer, Çizelge 3.3'te nemli toprak için verilen aralığa uygundur.

Öncelikle denklem (3.16)'yı kullanarak modül boru su debisini hesaplayalım.

$$m = \rho_s \cdot u \cdot \frac{\pi \cdot d_i^2}{4} \quad (3.16)$$

$$m = 1000 \times 0,5 \times \frac{\pi \times 0,0132^2}{4} = 0,0684 \text{ kg/s}$$

Modül boru çapı $d_d = 0,02$ m için, iç çap $d_i = 0,0132$ olarak Çizelge 6.2'den alınmıştır.

Hesap yaptığımız saat için toprak sıcaklığını denklem (3.11)'i kullanarak hesaplayalım.

$$T(x,t) = T_m + T_0 \cdot e^{-x\sqrt{\pi/a_i P}} \cdot \cos\left(2\pi \cdot \frac{t^*}{P^*} - x\sqrt{\frac{\pi}{a_i P}}\right) \quad (3.11)$$

T_m ve T_0 değerlerinin bulunuşu bölüm (3.3.2)'de açıklanmıştır.

$$T_{top} = 15,85 + 10,4 \times e^{-200\sqrt{\pi/(0,0068 \times 365 \times 24 \times 3600)}} \cdot \cos\left(2\pi \times \frac{83}{365} - 200\sqrt{\frac{\pi}{0,0068 \times 365 \times 24 \times 3600}}\right) = 19,66^\circ C$$

Hesap yaptığımız saatteki “z” değerine bağlı F(z) değerini bulalım. “z” değerini denklem (3.17)'yi kullanarak bulabiliriz. Burada nemli toprak için ısı yayılım katsayısı, Çizelge 3.3'e uygun olarak $a_t = 0,0588 \text{ m}^2/\text{gün} = 0,00245 \text{ m}^2/\text{saat} = 0,0068 \text{ cm}^2/\text{s}$ olarak alınmıştır. Hesap yaptığımız zaman ilk saat olduğundan $t = 1$ 'dir. Modül boru yarıçapı $r = d_d/2 = 0,02/2 = 0,01$ m olarak bulunur.

$$z = \frac{a \cdot t}{r^2} \quad (3.17)$$

$$z = \frac{0,00245 \times 1}{0,01^2} = 24,5$$

$1 \leq z \leq 100$ olduğundan F(z) değeri denklem (3.19) kullanılarak hesaplanır.

$$F(z) = 5,8339 \cdot z^{-0,2261} \quad (3.19)$$

$$F(z) = 5,8339 \times 24,5^{-0,2261} = 2,83$$

Yukarıdaki değerlerin bulunmasından sonra sabit değerler de denklem (3.15)'de yerlerine konarak topraktan suya aktarılan toplam ısı miktarı bulunur.

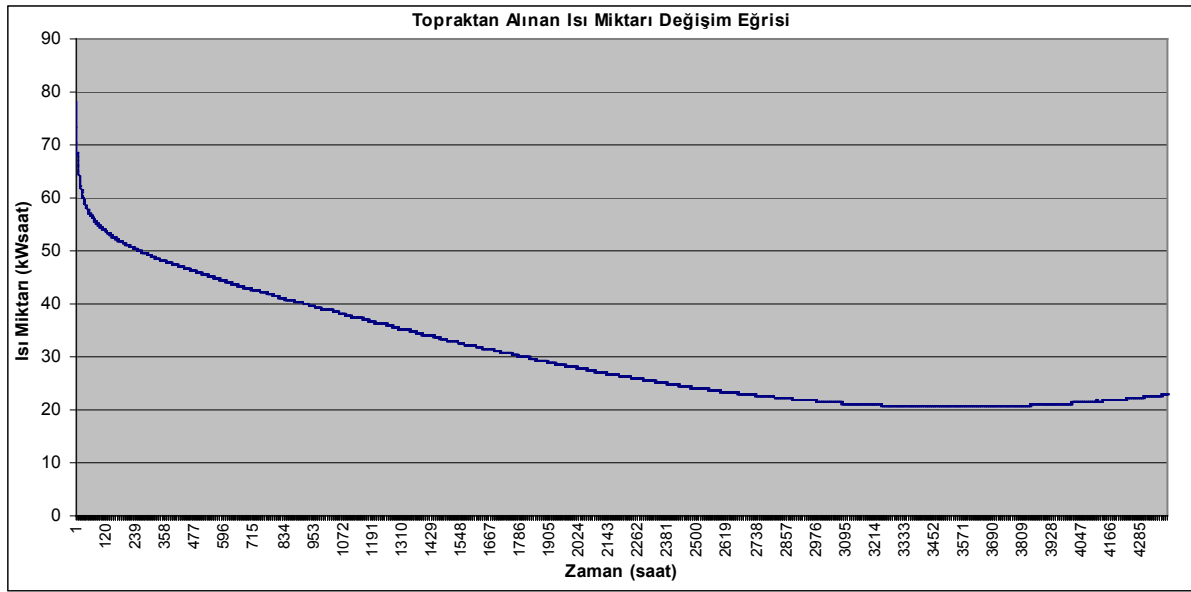
$$Q_i = 20 \times 0,0684 \times 4180 \times (19,66 - 3) \times \left[1 - e^{-\frac{1,731 \times 2,83 \times 100}{0,0684 \times 4180}}\right] = 78109,22 \text{ W} = 78,11 \text{ kWsaat}$$

Suyun toprak ısı değiştiricisinden çıkış sıcaklığını da denklem (3.12)'yi kullanarak sezonun ilk saati için hesaplayalım.

$$T_{s2} = T_{top} - (T_{top} - T_{s1}) \cdot e^{-\frac{k_t \cdot F(z) \cdot L}{m \cdot c_p}} \quad (3.12)$$

$$T_{s2} = 19,66 - (19,66 - 3) \times e^{-\frac{1,731 \times 2,83 \times 100}{0,0684 \times 4180}} = 16,66 \text{ }^\circ\text{C}$$

Bu işlemler 6 aylık süre için saatlik olarak yapılmış ve topraktan suya aktarılan ısı miktarının zamana bağlı değişim eğrisi çizilmiştir (şekil 6.5).



şekil 6.5 Topraktan saatlik olarak alınan ısı miktarının zamana bağlı değişim eğrisi

Yukarıdaki şekle dikkat edilirse, topraktan alınabilecek ısı miktarlarının zamanla azaldığı, sezon sonunda ise küçük bir artış gösterdiği görülmektedir. Topraktan saatlik olarak alınabilecek ısı miktarı değerlerinin bir kısmı Ek 3'de verilmiştir.

6.2.4 Güneşten Elde Edilen Faydalı Isının Hesaplanması

Çalışmamız saatlik değerler kullanılarak yapıldığından, güneşten elde edilen saatlik faydalı ısı miktarını bulmamız gerekmektedir. Bunun için meteorolojiden alınan saatlik güneş işinim verileri kullanılacaktır. Bu değerler meteorolojiden $\text{kal/cm}^2\text{saat}$ biriminde alınmıştır ve bize gerekli olan birimlere çevrilmiştir. Ancak bu veriler, yatay düzleme gelen saatlik toplam güneş işinimi değerleridir. Güneş toplacı ise maksimum verim elde etmek için yatay düzleme belli bir açı yapacak şekilde yerleştirildiğinden bir düzeltme faktörüyle çarpılması

gerekmektedir. Bu düzeltme faktörü, toplam eğim açısına ve güneş ışınının başucu eksenine göre yaptığı açıya bağlı olarak değişmektedir. Düzeltme faktörü R, aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$R = \frac{\cos(\theta - s)}{\cos \theta} \quad (6.5)$$

θ : Güneş ışınının başucu eksenine göre yaptığı açı (Zenit açısı) (°)

s : Toplam düzleminin yatayla yaptığı açı (°)

Çizelge 6.1 Düzeltme faktörü değerleri

Enlem (°)	Güneş Toplam Eğim Açısı (°)	Dönem	Düzeltme Faktörü
36	30	Nisan – Eylül	1,078
		Ekim - Mart	1,496
	45	Nisan – Eylül	1,007
		Ekim - Mart	1,587
38	30	Nisan – Eylül	1,087
		Ekim - Mart	1,503
	45	Nisan – Eylül	1,020
		Ekim - Mart	1,608
40	30	Nisan – Eylül	1,114
		Ekim - Mart	1,540
	45	Nisan – Eylül	1,057
		Ekim - Mart	1,661
42	30	Nisan – Eylül	1,139
		Ekim - Mart	1,607
	45	Nisan – Eylül	1,093
		Ekim - Mart	1,755

Çizelge 6.1’de; enleme, güneş toplam eğim açısına ve yılın dönemine göre olarak düzeltme faktörü değerleri görülmektedir.

İstanbul’un enlem derecesi 41,01°’dir. Bu değeri 41° kabul edebiliriz.

En uygun güneş toplam eğim açısı, yazın kullanım durumunda “enlem derecesi – 20”, tüm sene kullanımda ise “enlem derecesi x 0,9” olarak alınır. Hesap yaptığımız dönem için en uygun güneş toplam eğim açısı $s = 41,01 \times 0,9 = 36,9^\circ$ olarak bulunur.

Bu enlem derecesine ve güneş toplaç eğim açısına bağlı olarak, hesap yaptığımız dönem için düzeltme faktörü değeri, tablodaki değerler arasında iterasyon yapılarak $R = 1,636$ olarak bulunur.

Yatay düzleme gelen güneş ışınlam şiddeti değerleri bu R düzeltme faktörü değeriyle çarpılarak güneş toplaç düzlemine dik olarak gelen güneş ışınlam şiddeti değerleri bulunur.

$$Q_k = Q_y \cdot R \quad (6.6)$$

Q_y : Yatay düzleme gelen güneş ışınlam şiddeti (kWsaat/m²)

Q_k : Güneş toplaç düzlemine dik olarak gelen güneş ışınlam şiddeti (kWsaat/m²)

Güneş toplaç vasıtasıyla güneş enerjisi toplama sistemlerinde 3 tür verim tanımı yapılmaktadır:

- Güneş toplaç verimi (η_k)
- Depolama ve boru tesisatı verimi (η_m)
- Eşanjör verimi (η_e)

Düz yüzeyli güneş toplaçları için; $\eta_k = 0,65$, $\eta_m = 0,5$ ve $\eta_e = 0,85$ olarak alınabilir.

Güneş toplaç düzlemine dik olarak gelen ışınlam değerleri bu verim değerleriyle çarpılarak, güneş toplaç suyuna aktarılan enerji yani güneşten elde edilen faydalı ısı miktarı Q_f bulunur.

$$Q_f = Q_k \cdot \eta_k \cdot \eta_m \cdot \eta_e \quad (6.7)$$

Bu değer birim güneş toplaç yüzey alanı başına elde edilen faydalı ısıyı ifade ettiğinden, bu değer kullanılan güneş toplaç alanıyla çarpılarak güneşten elde edilen toplam faydalı ısı bulunur (Ek 3).

$$Q_{ft} = Q_f \cdot A_{kt} \quad (6.8)$$

Toplam faydalı ısıyı veren denklem açık olarak yazılırsa,

$$Q_{ft} = Q_y \cdot R \cdot \eta_k \cdot \eta_m \cdot \eta_e \cdot A_{kt} \quad (6.9)$$

ifadesi elde edilir.

Q_f : Birim güneş toplaç alan başına güneşten elde edilen faydalı ısı (kWsaat/m²)

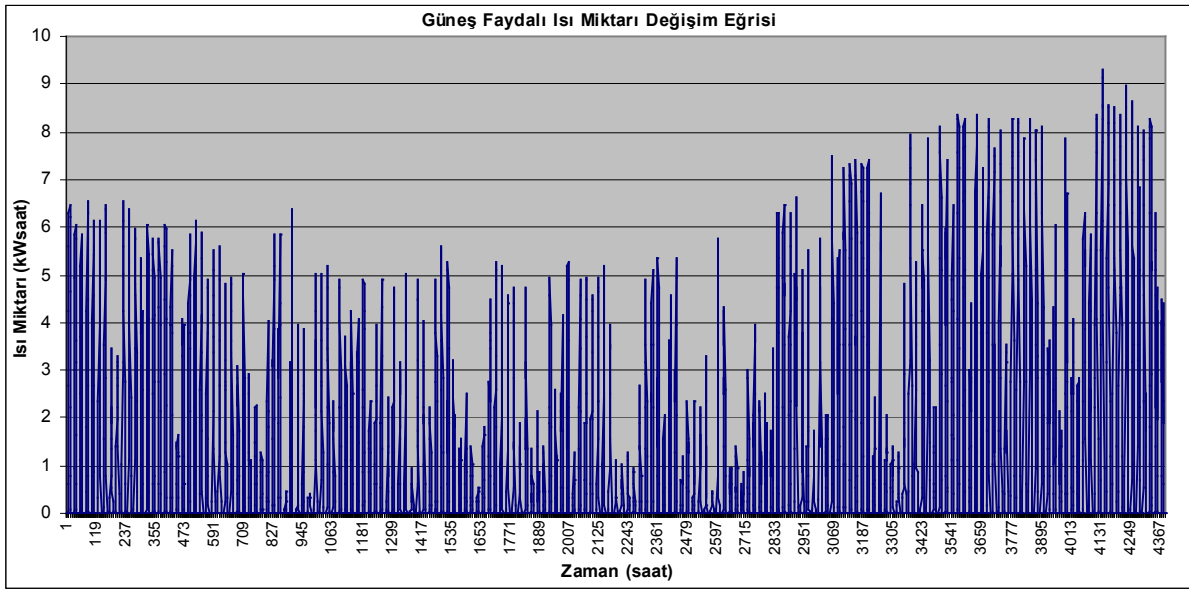
Q_{ft} : Güneşten elde edilen toplam faydalı ısı (kWsaat)

A_{kt} : Toplam güneş toplaç alanı (m²)

Bu değeri, örnek teşkil etmesi için, 15.10.2004 tarihinin 12. saati için hesaplayalım. Sistemimizde toplam güneş toplaç alanı $A_{kt} = 25 \text{ m}^2$ olarak alınmıştır.

$$Q_{fi} = 557,28 \times 1,636 \times 0,65 \times 0,5 \times 0,85 \times 25 = 6296,5 \text{ W} = 6,3 \text{ kWsaat/m}^2$$

Bu değerler 6 aylık süre için hesaplanmış ve bir kısmı Ek 3'de saatlik olarak gösterilmiştir. Bu değerlerin 6 aylık ısıtma döneminde zamana bağlı değişimi Şekil 6.6'da görülmektedir.



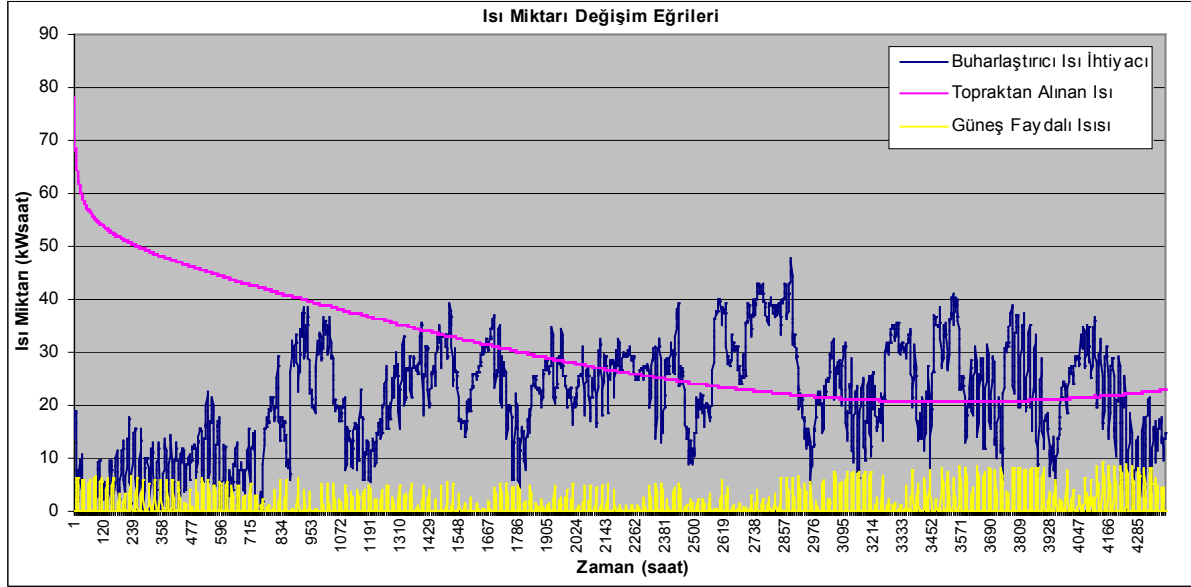
Şekil 6.6 Güneşten elde edilen toplam faydalı ısının zamana bağlı değişim eğrisi

6.2.5 Sistemde Isıl Enerji Deposu Kullanılması

Isıtma sezonunun ortalarında hava sıcaklığı çok düşmekte ve geceleri ısı ihtiyacı aşırı boyutlara ulaşmakta, bu da sisteme aşırı bir ısı yükü getirmektedir. Bu aşırı yüklerin karşılanması için güneş enerjisinin gündüz depolanması ve gece kullanılması düşünülmektedir. Daha önceki bölümlerde incelediğimiz buharlaştırıcı saatlik ısı ihtiyacının, topraktan alınan saatlik ısı miktarının ve güneşten alınan saatlik toplam faydalı ısının zamana bağlı değişim eğrileri Şekil 6.7'de karşılaştırmak için birlikte çizilmiştir.

Şekil 6.7'ye dikkat edilirse, özellikle ısıtma sezonunun başında olmak üzere bazı zamanlarda topraktan alabileceğimiz ısı miktarlarının buharlaştırıcı ısı ihtiyacından çok fazla olduğu görülmektedir. Bu zamanlarda toprak ısı değiştiricisinde dolaştırılan su debisinin ihtiyacı karşılamaya yetecek ölçüde değişken debili pompayla azaltıldığı ve suyun toprak ısı değiştiricisine giriş sıcaklığının her saat için $T_{s1} = 3^{\circ}\text{C}$ olduğu varsayılmıştır. Sezonun

ortalarından başlamak üzere sonlarına doğru buharlaştırıcı ısı ihtiyacı topraktan alınan ısı miktarının çok üzerine çıkmakta, sezon boyunca güneşten elde edilen faydalı ısı da buharlaştırıcı ısı ihtiyacının çok aşağısında kalmaktadır.



Şekil 6.7 Saatlik ısı miktarlarının zamana bağlı değişim eğrilerinin karşılaştırılması

Bu aşırı ısı yüklerinin oluşmaması için sistemin çok daha büyük kapasitelerde tasarlanması gerekmektedir. Bu, çok büyük yatırım maliyetleri getirir. Bu durumda, bu yüklerin karşılanması için sisteme verdiğimiz kompresör işinin bu dönemlerde çok artırılması gerekmektedir. Bu durumda da kompresör, sistem uygun basınç tasarım aralığından çok daha büyük basınç aralıklarında çalışacaktır. İki durum da istenmeyen durumlardır. Üçüncü olarak akla gelen alternatif, sisteme toprağa gömülmüş bir gizli enerji deposunun entegre edilmesidir. Buharlaştırıcı ısı ihtiyacının aşırı boyutlara ulaştığı zamanlarda, kompresörün yapması gereken ek işin, bu depoda depolanan enerji kullanılarak karşılanabileceği düşünülmektedir.

Sistemimizde ısı enerji depolama aracı olarak faz değişim malzemesi kullanmak uygundur. Bunun için erime sıcaklığı sistemin çalışma sıcaklıklarına uygun, gizli ısı depolama kapasitesi ve ısı geçiş katsayısı yüksek, maliyeti ise düşük bir malzemeye ihtiyaç vardır. Bütün bu özellikleri bir arada tek malzemede bulmak oldukça güçtür. Daha önceki bölümlerde faz değişim malzemeleriyle ilgili verilen bilgilerden yola çıkılarak, faz değişim malzemesi olarak, tasarlanan sisteme uygun faz değişim sıcaklığına sahip bir parafin bileşiği kullanmak uygun görünmektedir.

Isıl depo malzemesinin erime sıcaklığı, gerek deponun güneş enerjisiyle beslenmesi gerekse deponun, ihtiyaç duyulduğunda topraktan ısınarak çıkan suyun daha fazla ısıtılmasında kullanımı için uygun olmalıdır. Toprak ısı değiştiricisinden çıkan suyun maksimum sıcaklığı $T_{s2} = 16,66^{\circ}\text{C}$ 'dır. Bu değer maksimum ısıl yüklerin olduğu yani ısıl enerji deposundaki enerjiye en çok ihtiyaç duyulduğu dönemde $T_{s1} = 7^{\circ}\text{C}$ 'a kadar düşmektedir. Bunlar düşünülerek hesaplarımızda kullanmak üzere Çizelge 5.4'ten "Parafin C₁₃-C₂₄" bileşiği seçilmiştir. Bu bileşiğin çizelgeden alınan bazı termofiziksel özellikleri aşağıda verilmiştir.

Erime sıcaklığı : $T_{\text{FDM}} = 22 - 24^{\circ}\text{C}$
Gizli ısı : $H_{\text{FDM}} = 189 \text{ kJ/kg}$
Sıvı faz yoğunluğu : $\rho_{\text{FDM}} = 760 \text{ kg/m}^3$

Dikkat edilirse bu bileşiğin erime sıcaklığının, bu bileşiğin toprak ısı değiştiricisinden çıkan suyu ısıtmak için kullanımına uygun olduğu görülmektedir. Depo toprağa gömülmüş olduğundan, ısıtma sezonu olarak ele aldığımız 15 Ekim ile 15 Nisan arasındaki 6 aylık sürenin başında depo malzemesinin toprakla aynı sıcaklıkta olduğu düşünülürse, malzeme erime sıcaklığına erişene kadar verilmesi gereken bir duyulur ısı söz konusudur. Ancak, toprak sıcaklığı ile malzemenin erime sıcaklığı arasındaki fark küçük olduğundan verilmesi gereken duyulur ısı ihmal edilmiştir.

Deponun gizli ısısından faydalandığı için deponun, malzemenin erime sıcaklığında sabit kaldığı varsayılmaktadır. Isıtma sezonu boyunca toprak sıcaklığı değişimine bakılırsa (Ek 3), faz değişim malzemesinin erime sıcaklığıyla değişken toprak sıcaklığı arasında büyük bir fark oluşmadığı görülür. Bu sebepten, depodan toprağa olan ısı kaybı sistemden elde edilen ısı miktarlarının yanında çok küçük olduğundan ihmal edilmiştir.

Isıtma sezonunun başlangıcında toprakla aynı sıcaklıkta olan ve tamamen katı halde bulunan depo malzemesi, zamanla güneş enerjisiyle beslenerek erime sıcaklığına yükselmekte ve erimeye başlamaktadır. Zamanla eriyen kütle artmaktadır, bu da depolanmış gizli ısının arttığı anlamına gelmektedir. Daha önceki bölümlerde bahsettiğimiz gibi bir yandan depo beslenirken bir yandan da ihtiyaç duyulduğunda depo ısısından faydalanılmaktadır. Depo malzemesi tamamen eridikten sonra verilen ısının malzemenin sıcaklığını artırması suretiyle depolanmış duyulur ısı ihmal edilmiştir.

Şekil 6.5'de değişim eğrileri çizilen buharlaştırıcı ısı ihtiyacı ve topraktan alınan ısı miktarları ve Şekil 6.6'da değişim eğrisi görülen güneş ışınım şiddeti değerleri gözönüne alınarak, güneş

toplaç alanı $A_{kt} = 25 \text{ m}^2$ ve depo hacmi $V_d = 30 \text{ m}^3$ için çizilen depo enerjisinin değişim eğrisi Şekil 6.8'de görülmektedir. Deponun duyulur ısısı ihmal edildiğinden depolanabilecek maksimum enerji miktarı faz değişim malzemesinin tutabileceği maksimum gizli ısı miktarına eşittir. Bu durumda depolanabilecek maksimum enerji miktarı aşağıdaki denklemle hesaplanabilir.

$$Q_{d-maks} = m_{FDM} \cdot H_{FDM} = V_d \cdot \rho_{FDM} \cdot H_{FDM} \quad (6.10)$$

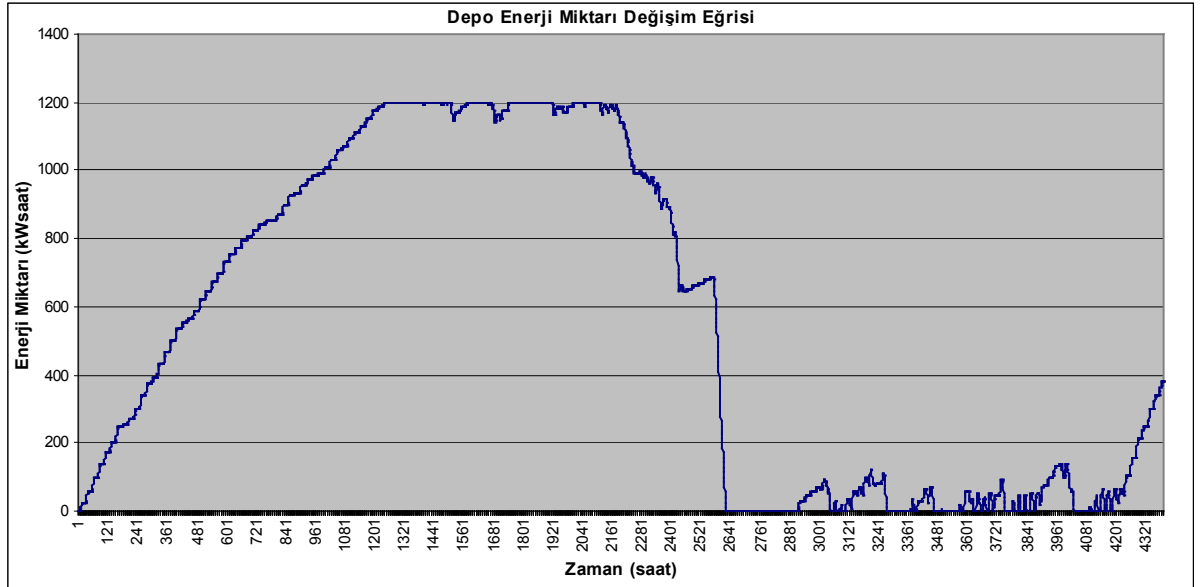
m_{FDM} : Faz değişim malzeme kütlesi (kg)

V_d : Isıl depo hacmi (m^3)

Sistemimiz için ısıl depoda depolanabilecek maksimum enerji miktarını bulalım.

$$Q_{d-maks} = 30 \times 760 \times 189 = 4309200 \text{ kJ} = 1197 \text{ kWsaat}$$

Bulunan bu değer, Şekil 6.8'de görülen eğrinin maksimum değerine eşit olduğu görülmektedir.



Şekil 6.8 Isıl enerji depo enerjisinin zamana bağlı değişim eğrisi

Yukarıdaki eğriye dikkat edilirse, depo enerjisinde meydana gelen hızlı düşüşün, sera ısı kaybının en yüksek olduğu, toprak performansının da en düşük olduğu döneme yakın bir zaman aralığına denk geldiği görülmektedir.

6.2.6 Sistem Debilerinin Bulunması

Sistem tasarımına göre, sistemde akışın olduğu yerlerdeki akışkan debileri saatlik olarak hesaplanmıştır. Aşağıda sistem debilerinin ne şekilde ve hangi kabullerle hesaplandığı açıklanmıştır.

1) Güneş toplacıyla buharlaştırıcı arasında dolaşan su debisi (m_{kb}) : Güneş toplacından buharlaştırıcıya giden suyun buharlaştırıcıya gidiş ve buharlaştırıcıdan dönüş sıcaklıkları arasındaki farka göre, gerekli su debisini hesaplayabiliriz. Sistemdeki su sıcaklıklarını bazı yaklaşımlar yaparak kabul edebiliriz. Isıtma sezonunda çok düşük hava sıcaklıklarından dolayı güneşten faydalanmak, oldukça zor olduğundan güneş toplaç su sıcaklığının yazı göre çok daha düşük değerlerde kaldığı kabulü yapılabilir. Güneş toplacıyla su ısıtma yaz uygulamalarında, suyun, havanın çok açık olduğu günlerde (60 – 70) °C'a çıktığı görülmüştür. Kışın ise bu sıcaklık değerinin, 6 aylık ısıtma sezonu için 35°C olarak kabul edelim. Bu sıcaklıkta suyun, 0°C'daki buharlaştırıcıya gönderildiği ve gidiş dönüş suyu arasında 20°C'lık bir fark olacak şekilde buharlaştırıcıdan 15°C'da döndüğü kabul edilirse, bu kabullere göre su debisi aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$Q_{kb} = m_{kb} \cdot c_p \cdot \Delta T \Rightarrow m_{kb} = \frac{Q_{kb}}{c_p \cdot \Delta T} \quad (6.11)$$

$$c_p = 4180 \text{ j/kg}^\circ\text{C} = 4,18 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

Q_{kb} : Güneş toplacından buharlaştırıcıya aktarılan ısı miktarı (kWsaat)

m_{kb} : Güneş toplacı ile buharlaştırıcı arasında dolaşan su debisi (kg/s)

c_p : Suyun özgül ısısı (kJ/kg°C)

ΔT : Suyun gidiş dönüş sıcaklıkları arasındaki fark (°C)

Örnek olarak su debisini, 15.10.2004 tarihinde 12. saat için hesaplayalım.

$$m_{kb} = \frac{2,74}{4,18 \times 20} = 0,033 \text{ kg/s}$$

Bu m_{kb} değerleri 6 aylık ısıtma dönemi için saatlik olarak hesaplanmış ve bu değerlerin bir kısmı Ek 3'de gösterilmiştir.

2) Güneş toplacıyla ısı enerjisi deposu arasında dolaşan su debisi (m_{kd}) : Isıl enerji deposuna aktarılan saatlik güneş faydalı ısı miktarları 6 aylık ısıtma sezonu için hesaplanmıştır (Ek 3). Güneş toplacıyla depo arasında dolaşan su debisini bulmak için yine bazı kabuller yapmamız gerekir. Güneş toplacındaki suyun sıcaklığını 35°C kabul edelim. Bu sıcaklıktaki suyun, (22 – 24) °C'daki depo malzemesini beslemesi gerekmektedir. Bunun için

su ile depo malzemesi arasında çok iyi bir ısı geçiş mekanizmasına ihtiyaç vardır. Bu aşamada depo içerisindeki ısı geçişinin mükemmel olduğu kabulü yapılmaktadır. Bu durumda 35°C’da depoya giden suyun depodan 25°C’da döndüğü kabulü yapılırsa, 10 °C’lık bir sıcaklık farkına göre gerekli su debisi aşağıdaki gibi bulunabilir.

$$Q_{kd} = m_{kd} \cdot c_p \cdot \Delta T \Rightarrow m_{kd} = \frac{Q_{kd}}{c_p \cdot \Delta T} \quad (6.12)$$

Q_{kd} : Güneş toplacından ısı enerji deposuna aktarılan ısı miktarı (kWsaat)

m_{kd} : Güneş toplacı ile ısı enerji deposu arasında dolaşan su debisi (kg/s)

Örnek olarak su debisini, 15.10.2004 tarihinde 12. saat için hesaplayalım.

$$m_{kd} = \frac{3,56}{4,18 \times 10} = 0,085 \text{ kg/s}$$

Bu m_{kd} değerleri 6 aylık ısıtma dönemi için saatlik olarak hesaplanmış ve bu değerlerin bir kısmı Ek 3’de gösterilmiştir.

3) Isı pompası ile sera arasında dolaşan su debisi (m_{ips}) : Isı pompası yoğuşturucusundan seraya, seranın ısı ihtiyacı kadar ısı aktarılmaktadır. Isı pompasının yoğuşturucusunda yoğuşan akışkan sıcaklığı 40°C olarak kabul edilmiştir. Bu akışkan yoğuşurken ısısını sera içinde dolaştırılan suya vermektedir. Bu şekilde, sera iç sıcaklığı 20°C’da sabit tutulmaya çalışılmaktadır. Bu suyun 14°C’lık bir gidiş dönüş sıcaklık farkıyla, 37 °C’da seraya gidip 23 °C’da seradan döndüğü kabulü yapılarak su debisi aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$Q_s = m_{ips} \cdot c_p \cdot \Delta T \Rightarrow m_{ips} = \frac{Q_s}{c_p \cdot \Delta T} \quad (6.13)$$

Q_s : Isı pompasından seraya aktarılan ısı miktarı (kWsaat)

m_{ips} : Isı pompasıyla sera arasında dolaşan su debisi (kg/s)

Su debisini sezonun ilk saati için hesaplayalım. Sera ısı kaybı daha önce, sezonun ilk saati için $Q_s = 16,609$ kWsaat olarak hesaplanmıştı. Bu değer kullanılarak debi değeri,

$$m_{ips} = \frac{16,609}{4,18 \times 14} = 0,284 \text{ kg/s}$$

olarak bulunur.

Bu m_{ips} değerleri 6 aylık ısıtma dönemi için saatlik olarak hesaplanmış ve bu değerlerin bir kısmı Ek 3’de gösterilmiştir.

4) Isı pompası çevrimindeki soğutucu akışkan debisi (m_{sa}) : Soğutucu akışkan debileri, ısı pompası tasarımına bağlı olan entalpi değerlerinden ve buharlaştırıcı ısı ihtiyacından yola çıkmak suretiyle aşağıdaki denklem kullanılarak bulunabilir.

$$Q_{bi} = m_{sa} \cdot (h_1 - h_4) \Rightarrow m_{sa} = \frac{Q_{bi}}{(h_1 - h_4)} \quad (6.14)$$

Q_{bi} : Buharlaştırıcı ısı ihtiyacı (kWsaat)

m_{sa} : Isı pompası çevriminde dolaşan soğutucu akışkan debisi (kg/s)

Soğutucu akışkan debisini sezonun ilk saati için hesaplayalım. Buharlaştırıcı ısı ihtiyacı daha önce sezonun ilk saati için $Q_{bi} = 13,89$ kWsaat olarak bulunmuştu. Soğutucu akışkanın buharlaştırıcı giriş ve çıkışındaki entalpi değerleri sırasıyla $h_4 = 257$ kJ/kg ve $h_1 = 400$ kJ/kg olarak ilgili diyagramdan okunmuştu. Bu değerler denklem (6.14)’de yerlerine konarak soğutucu akışkan debisi bulunur.

$$m_{sa} = \frac{13,89}{(400 - 257)} = 0,097 \text{ kg/s}$$

Bu m_{sa} değerleri, 6 aylık ısıtma dönemi için saatlik olarak hesaplanmış ve bu değerlerin bir kısmı Ek 3’de gösterilmiştir.

5) Toprak ısı değiştiricisi su debisi: Toprak ısı değiştiricisi su debisi daha önce $m = 0,0684$ kg/s olarak hesaplanmıştı. Bu değer topraktan çekilen ısının buharlaştırıcı ısı ihtiyacından daha fazla olduğu saatlerde daha düşük değerler olacaktır. Ancak bu saatler için debi hesabı yapılmamıştır.

Toprak ısı değiştiricisinden alınan ısının buharlaştırıcı ısı ihtiyacını karşılayamadığı saatlerdeki debi değeri az önce hesaplanan değerdir ve sabittir. Bu durumda bu debideki suyun eksik kalan ısıyı takviye etmek için enerji deposuna girdiği ve sıcaklığını artırarak depodan çıktığı varsayılmıştır. Ancak ısı enerjisi deposu ile toprak ısı değiştiricisinden çıkan su arasındaki ısı geçiş mekanizması çalışmamızın konularının dışındadır ve sistemi takviye etmek için depodan suya aktarılması gereken ısının bu şekilde aktarıldığı varsayılmıştır.

6.2.7 Kompresör İşinin ve Isı Pompası Etkinlik Katsayısının Bulunması

Sistem tasarım değişkenlerine göre ısı pompası buharlaştırıcısındaki soğutucu akışkana güneşten, topraktan ve depodan aktarılan ısının seraya aktarılabilmesi için, kabul edilen ısı pompası çalışma basınç aralığına bağlı olarak ısı pompasına verilen saatlik minimum kompresör işi aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanabilir.

$$W_{k-\min} = Q_s - Q_{bi} \quad (6.15)$$

Bu değeri 15.03.2005 tarihinin ilk saati için hesaplayalım.

$$W_{k-\min} = 33,22 - 27,77 = 5,44 \text{ kWsaat}$$

Bu değerler 6 aylık süre için saatlik olarak hesaplanmış ve bu değerlerin bir kısmı Ek 3'de gösterilmiştir.

Toprak alınan ısı ve güneşten alınan faydalı ısı miktarı toplamının buharlaştırıcı ısı ihtiyacını tam olarak karşılamaya yetmediği zamanlarda, buharlaştırıcıyı destekleyecek başka bir enerji kaynağı mevcut değil ise, bu eksik enerji kompresörün yapacağı ek işle tamamlanmak zorundadır. Bu durumda kompresörün yapması gereken saatlik ek iş miktarı aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$W_{k-ek-gereken} = Q_{bi} - (Q_{bg} - Q_{db}) \quad (6.16)$$

Kompresörün yapması gereken saatlik ek iş miktarını 15.03.2005 tarihinin ilk saati için hesaplayalım.

$$W_{k-ek-gereken} = 27,77 - (20,65 - 0) = 7,12 \text{ kWsaat}$$

Bu değerler 6 aylık süre için saatlik olarak hesaplanmış ve sonuçların bir kısmı Ek 3'de gösterilmiştir.

Sistemimizde, toprak alınan ısı ve güneşten alınan faydalı ısı miktarı toplamının buharlaştırıcı ısı ihtiyacını tam olarak karşılamaya yetmediği zamanlarda, buharlaştırıcıyı destekleyecek bir ısı enerji deposu bulunmaktadır. Sistemin, bu ısı enerji deposuyla desteklenmesinin nedeni, kompresörün yaptığı ek iş miktarını azaltmaktır. Yapılan saatlik ek iş miktarı aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$W_{k-ek-harcanan} = Q_{bi} - Q_{bg} \quad (6.17)$$

Yapılan saatlik ek iş miktarını da 15.03.2005 tarihinin ilk saati için hesaplayalım.

$$W_{k-ek-harcanan} = 27,77 - 20,65 = 7,12 \text{ kWsaat}$$

Kompresörün yaptığı saatlik toplam iş miktarı aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$W_{k-harcanan} = W_{k-min} + W_{k-ek-harcanan} \quad (6.18)$$

Bu değeri de 15.03.2005 tarihinin ilk saati için hesaplayalım.

$$W_{k-harcanan} = 5,44 + 7,12 = 12,56 \text{ kWsaat}$$

Bu değerler de 6 aylık süre için saatlik olarak hesaplanmış ve sonuçların bir kısmı Ek 3'de gösterilmiştir.

Görüldüğü gibi 15.03.2005 tarihinin ilk saati için ısı enerji deposu, eksik kalan buharlaştırıcı ısı ihtiyacını karşılayamamış ve bu eksik ek kompresör işiyle tamamlanmıştır. Hesapları bir de 16.03.2005 tarihinin ilk saati için yapalım.

$$W_{k-min} = 30,41 - 25,43 = 4,98 \text{ kWsaat}$$

$$W_{k-ek-gereken} = 25,43 - (25,43 - 4,76) = 4,76 \text{ kWsaat}$$

$$W_{k-ek-harcanan} = 25,43 - 25,43 = 0 \text{ kWsaat}$$

$$W_{k-harcanan} = 4,98 + 0 = 4,98 \text{ kWsaat}$$

Görüldüğü gibi 16.03.2005 tarihinin ilk saati için ısı enerji deposu, eksik kalan buharlaştırıcı ısı ihtiyacını tam olarak karşılayabilmiş ve kompresörün ek olarak iş yapmasına gerek kalmamıştır.

Isı pompasının etkinlik katsayısı ise denklem (6.3) kullanılarak aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

$$COP = \frac{Q_s}{W_{k-harcanan}} \quad (6.3)$$

Örnek olarak önce sezonun ilk saati için etkinlik katsayısını hesaplayalım. Bu saat için sera ısı kaybı ve yapılan kompresör işi değerleri tablodan okunarak etkinlik katsayısı hesaplanır.

$$COP = \frac{16,61}{2,72} = 6,1$$

Bu sonuç göstermektedir ki, sezonun ilk saatinde buharlaştırıcı ısı ihtiyacı tam olarak karşılanabilmekte ve ek kompresör işine gerek kalmamaktadır.

Etkinlik katsayısını bir de 15.03.2005 tarihinin ilk saati için hesaplayalım.

$$COP = \frac{33,22}{12,56} = 2,64$$

Bu sonuç göstermektedir ki, bu saatte buharlaştırıcı ısı ihtiyacı tam olarak karşılanamamakta ve bu eksik ek kompresör işiyle tamamlanmaktadır.

6.3 Sistem Yatırım ve İşletme Maliyetlerinin Hesaplanması

6.3.1 Toprak Isı Değiştiricisi Boru Yatırım Maliyeti

Toprak ısı değiştiricisi maliyeti olarak sadece toprak devresi boru maliyetleri hesaba katılmış, hesaplar PPRC boru fiyatlarına göre yapılmıştır (Çizelge 6.2). Gerçekte toprak devresini oluşturan dağıtım borusu, fittings ve işçilik gibi giderlerden sadece dağıtım borusu maliyeti ayrıca hesaplanmış, diğerleri belli bir yüzde (%) artırımla boru maliyetine eklenerek hesaba dahil edilmiştir.

$$C_{y-modulboru} = M_{modulboru} \cdot A_{modulboru} \quad (6.19)$$

$M_{modulboru}$: Toprak ısı değiştiricisi modül boru birim alan maliyeti (YTL/m²)

$A_{modulboru}$: Toprak ısı değiştiricisi modül boru yüzey alanı (m²)

Toprak ısı değiştiricisi toplam boru yüzey alanı aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$A_{modulboru} = n \cdot \pi \cdot d_d \cdot L \quad (6.20)$$

n : Modül sayısı

L : Modül boru boyu (m)

d_d : Modül boru dış çapı (m)

$$C_{y-modulboru} = M_{modulboru} \cdot n \cdot \pi \cdot d_d \cdot L \quad (6.21)$$

$M_{modulboru}$ ifadesi farklı çapta borular için farklı değerlere sahiptir. Çap büyüdükçe birim boy fiyatı büyümekte ve birim alan boru boyu azalmaktadır. Bu sebeple $M_{modulboru}$ ifadesi farklı boru çapları için hesaplanmalıdır. Çizelge 6.2'de farklı boru çapları için boru birim yüzey alanlarına ait boru boyları ve boru fiyatları verilmiştir (www.borusanmannesmann.com).

Çizelge 6.2 Farklı boru çapları için boru birim yüzey alanlarına ait boru boyları ve fiyatları

d_d (m)	d_i (m)	A (m^2)	L_A (m)	a (YTL/m)
0.020	0.0132	1	15.92	1.36
0.025	0.0166	1	12.74	2.3
0.032	0.0212	1	9.95	4
0.040	0.0266	1	7.96	6.03
0.050	0.0332	1	6.37	10
0.063	0.0420	1	5.06	16
0.075	0.0500	1	4.25	23.5

Özel elemanlar birim boy maliyeti “b” ve işçilik birim boy maliyeti “c” aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$b = a \cdot 0,15 \quad (6.22)$$

$$c = a \cdot 0,20 \quad (6.23)$$

- a : Boru birim boy maliyeti (YTL/m)
b : Özel elemanlar birim boy maliyeti(YTL/m)
c : İşçilik birim boy maliyeti (YTL/m)

Özel elemanlar birim boy maliyeti boru birim boy maliyetinin % 15'i, işçilik birim boy maliyeti de boru birim boy maliyetinin % 20 ' si olarak alınmıştır. Buradan modül boru birim alan maliyeti aşağıdaki denklemlerle bulunabilir.

$$M_{\text{modülboru}} = \frac{L_A \cdot (a + b + c)}{A} \quad (6.24)$$

$$L_A = \frac{1}{\pi \cdot d_d} \quad (6.25)$$

- L_A : Boru birim alan uzunluğu (m)
A : Birim alan (m^2)

Yukarıdaki ifadelerden faydalanılarak toprak ısı değiştiricisi boru yatırım maliyeti,

$$C_{y\text{-modülboru}} = \frac{1}{\pi \cdot d_d} \cdot \frac{(a + b + c)}{A} \cdot n \cdot \pi \cdot d_d \cdot L \Rightarrow C_{y\text{-modülboru}} = (a + b + c) \cdot n \cdot L \quad (6.26)$$

denklemleri kullanılarak bulunabilir.

Şimdi dağıtım borusu yatırım maliyetini hesaplayalım. Burada dikkat edilmesi gereken, dağıtım boru çapının modül boru çapından daha büyük seçilmesi gerekliliğidir. Aksi takdirde dağıtım borusundaki akışkan hızı çok büyük değerler alacak ve büyük basınç kayıpları oluşacaktır.

Dağıtım borusunun toplam uzunluğunu aşağıdaki formülle bulabiliriz (Bu denklemin çıkarılışı ileride anlatılacaktır).

$$\sum L_k = 2 \cdot x + 3 \cdot n + L + 7,5 \quad (6.27)$$

Buradan dağıtım borusu yatırım maliyeti aşağıdaki denklem kullanılarak bulunur.

$$C_{y-kollektörborusu} = (a + b + c) \cdot (2 \cdot x + 3 \cdot n + L + 7,5) \quad (6.28)$$

Toprak ısı değiştiricisi boru toplam yatırım maliyeti aşağıdaki denklemle bulunabilir.

$$C_{y-boru} = C_{y-modulboru} + C_{y-kollektörborusu} \quad (6.29)$$

Sistemimizin toplam boru yatırım maliyetini hesaplayalım.

Modül boru yatırım maliyeti, $L = 100$ m, $n = 20$ ve $d_d = 20$ mm için;

$$C_{y-modulboru} = 1,36 \times 1,35 \times 20 \times 100 = 3672 \text{ YTL}$$

olarak bulunur.

Dağıtım borusu yatırım maliyeti, $L = 100$ m, $n = 20$, $x = 200$ cm ve $d_d = 50$ mm için;

$$C_{y-kollektörborusu} = 10 \times 1,35 \times (2 \times 200 + 3 \times 20 + 100 + 7,5) = 2315 \text{ YTL}$$

olarak bulunur.

Buradan toplam boru yatırım maliyeti aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$C_{y-boru} = 3672 + 2315 = 5987 \text{ YTL}$$

6.3.2 Toprak Isı Değiştiricisi Hafriyat Yatırım Maliyeti

Toprak ısı değiştiricileri toprak altında belirli bir derinlikte gömülmek zorundadır. Toprak ısı değiştiricisi hafriyat yatırım maliyeti aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanabilir.

$$C_{y\text{-boruhafriyat}} = M_{\text{boruhafriyat}} \cdot A_{\text{boruhafriyat}} \quad (6.30)$$

$M_{\text{boruhafriyat}}$: Derinlik ve boy birim kesit alan maliyeti [YTL/m²]

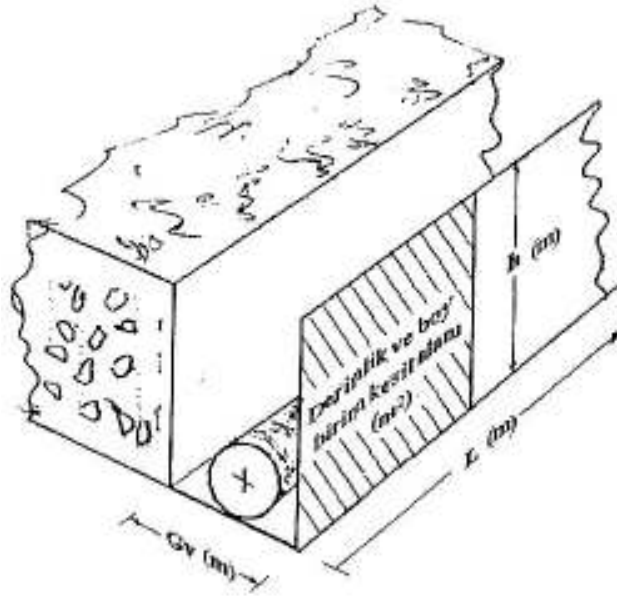
Toprak ısı değiştiricisi hafriyat derinlik kesit alanı ise aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

$$A_{\text{boruhafriyat}} = n \cdot x \cdot L \quad (6.31)$$

Buradan toprak ısı değiştiricisi hafriyat yatırım maliyeti,

$$C_{y\text{-bouhafriyat}} = M_{\text{boruhafriyat}} \cdot n \cdot x \cdot L \quad (6.32)$$

denklemiyle hesaplanır.



şekil 6.9 Yatay tip toprak ısı değiştiricisi hafriyat değişkenleri

Burada, derinlik ve boy birim kesit alan hafriyat maliyetinin hesaplanması gerekmektedir. Derinlik ve boy birim kesit alan tanımlaması, birim uyuşmazlığını engellemek için yapılmıştır. Gerçekte hafriyat hacimsel olarak boyutlandırılır. Ancak kullanılan kepçe ağzının sabit olması sebebiyle sadece gömme derinliği ve modül uzunluğuna bağlıdır. (şekil 6.9)'da yatay tip toprak ısı değiştiricisinin toprak altındaki yerleşimi ve derinlik ve boy birim kesit alan ifadesi görölmektedir (Demir, 2005). Derinlik ve boy birim kesit alan maliyeti aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$M_{\text{boruhafriyat}} = G_v \cdot BHM \quad (6.33)$$

BHM : Birim hacim boru hafriyat maliyeti (YTL/m³)

G_v : Hafriyat (kepçe ağız) genişliği (m)

Piyasadan edinilen bilgiler ışığında BHM = 5 YTL/ m³, G_v = 0,6 m alınmıştır.

Bu ifadeler kullanılarak toprak ısı değiştiricisi hafriyat maliyeti aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$C_{y-bouhafriyat} = G_v \cdot BHM \cdot n \cdot x \cdot L \quad (6.34)$$

Seçtiğimiz sistem (L = 100 m, n = 20 ve x = 200 cm) için toprak ısı değiştiricisi hafriyat yatırım maliyetini hesaplayalım.

$$C_{y-bouhafriyat} = 0,6 \times 5 \times 20 \times 2 \times 100 = 12000 \text{ YTL}$$

6.3.3 Toprak Isı Değiştiricisi Pompa İşletme Maliyeti

Pompa işletme maliyeti, toprak ısı değiştiricisindeki su akışında meydana gelen düz boru kayıpları ve yerel kayıplardan kaynaklanmaktadır. Bu kayıpları hesaplamak için, toprak ısı değiştiricisi modül ve dağıtım boru uzunluklarının hesaplanması gerekmektedir. Şekil 6.10'da, toprak ısı değiştirici devresi şematik olarak görülmektedir.

Şekil 6.10'da "L" bir modül boru boyunu, "n" modül sayısını, "x" toprak ısı değiştiricisi gömme derinliğini, "h" boyler tipi ısı eşanjörünün yüksekliğini, "b" iki paralel boru arasındaki yatay mesafeyi temsil etmektedir.

Hesaplarımızda, boyler tipi ısı eşanjörünün yüksekliği h = 1,5 m, paralel iki boru arasındaki yatay mesafe b = 1 m olarak kabul edilmiştir. Buna göre sistemin gereksinim duyduğu dağıtım borusu toplam uzunluğu denklem (6.35) yardımıyla bulunabilir.

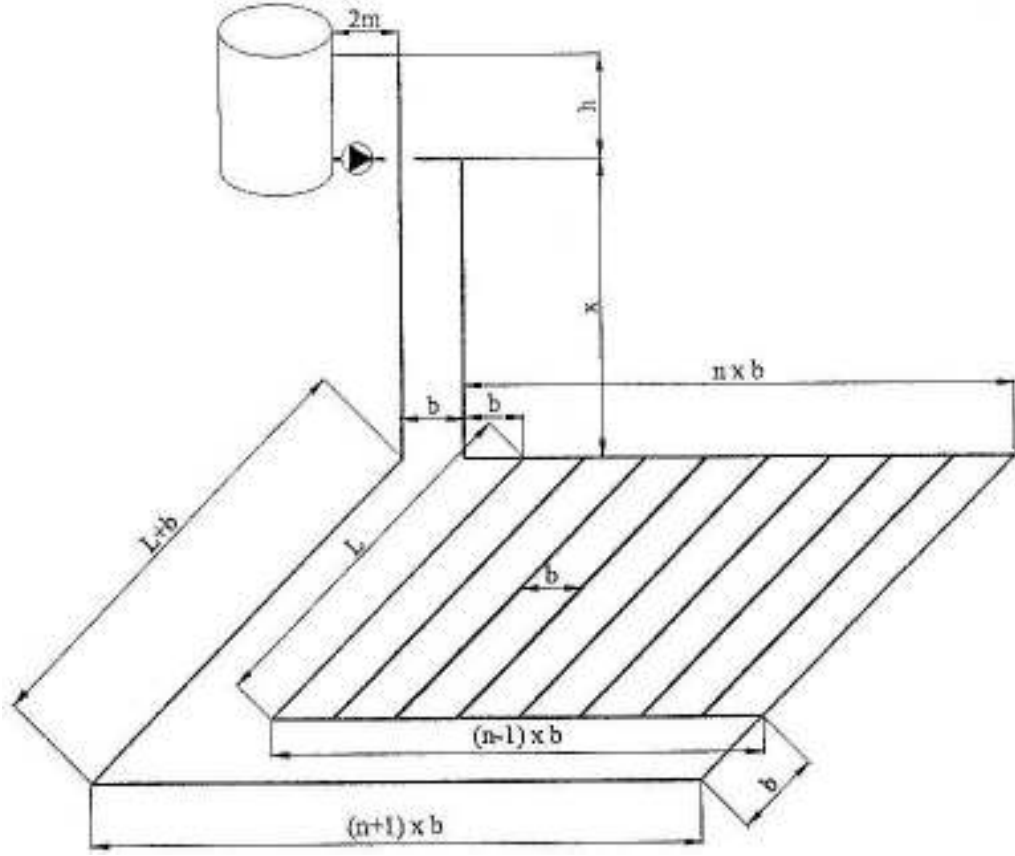
$$\sum L_k = h + 2 \cdot x + n \cdot b + (n - 1) \cdot b + b + (n + 1) \cdot b + L + b + 4 \quad (6.35)$$

Gerekli değerler denklem (6.35)'de yerlerine konarak aşağıdaki ifade elde edilir.

$$\sum L_k = 2 \cdot x + 3 \cdot n + L + 7,5 \quad (6.36)$$

Şimdi de Şekil 6.10'daki paralel akışlı toprak ısı değiştiricisi için dolaşım pompasının manometrik basma yüksekliğini aşağıdaki denklemi kullanarak hesaplayalım.

$$H_m = H_g + \sum \Delta H_{lin} + \sum \Delta H_{lok} \quad (6.37)$$



Şekil 6.10 Toprak ısı değiştiricisi devresi şeması

Denklem (6.37)'de “ H_g ” pompanın geometrik basma yüksekliğini, “ $\sum \Delta H_{lin}$ ” kritik devredeki lineer basınç kayıplarını, “ $\sum \Delta H_{lok}$ ” ise kritik devredeki lokal basınç kayıplarını belirtmektedir. Pompanın geometrik basma yüksekliğinin, ısı eşanjörü yüksekliğine eşit olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. Kritik devredeki modül boru lineer basınç kaybı aşağıdaki ifade ile hesaplanır.

$$\Delta H_{lin-m} = \lambda \cdot \frac{L}{d_i} \cdot \frac{u^2}{2g} \quad (6.38)$$

Buradaki “ λ ” lineer yük kayıp katsayısıdır ve toprak ısı değiştiricisi içerisindeki akışın türüne bağlı olarak hesaplanır. Bir ortamdaki akışın türü boyutsuz “ Re ” sayısı ile belirlenir.

$$Re = \frac{\rho \cdot u \cdot d_i}{\mu_s} \quad (6.39)$$

$Re < 2320$ ise akış laminerdir ve λ aşağıdaki ifade ile bulunur;

$$\lambda = \frac{64}{\text{Re}} \quad (6.40)$$

2320 < Re < 100000 ise akış türbülanslıdır ve λ aşağıdaki ifade ile bulunur.

$$\lambda = \frac{0,316}{\sqrt[4]{\text{Re}}} \quad (6.41)$$

Denklem (6.39)'da “ μ_s ” suyun dinamik viskozitesidir. Suyun toprak ısı değiştiricisindeki sezon boyunca ortalama sıcaklığı $T_{s\text{-ort}} \approx 7^\circ\text{C} = 280\text{ K}$ olarak kabul edilirse, bu sıcaklığa göre suyun dinamik viskozitesi, suyun termofiziksel özelliklerini gösteren tablodan $\mu_s = 0,001422$ kg/ms olarak okunur.

Bu bilgilerden yola çıkarak, bir modüldeki lineer basınç kaybını bulmaya çalışalım. İlk olarak modüldeki akış türünü belirlemek için Re sayısı hesaplanır. Akış hızı ve gömme derinliği daha önce belirtildiği gibi sırasıyla $u = 0,5$ m/s ve $x = 200$ cm, toprak ısı değiştiricisi modül boru çapı da $d_d = 20$ mm alınmıştır. Bu çaptaki borunun iç çapı $d_i = 13,2$ mm'dir (Çizelge 6.2). Bir modülde dolaşan su debisi daha önce denklem (3.16) kullanılarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştı.

$$m = \rho \cdot u \cdot \frac{\pi \cdot d_i^2}{4} = 1000 \times 0,5 \times \frac{\pi \times 0,0132^2}{4} = 0,0684 \text{ kg/s}$$

Re sayısı denklem (6.39) kullanılarak bulunur.

$$\text{Re} = \frac{1000 \times 0,5 \times 0,0132}{0,001422} \cong 4641$$

2320 < Re < 100000 olduğundan lineer yük kayıp katsayısı λ , Re sayısının bu aralığı için denklem (6.41) kullanılarak bulunur.

$$\lambda = \frac{0,316}{\sqrt[4]{4641}} = 0,0383$$

Daha önceki bölümde modül boru boyu $L = 100$ m, modül sayısı $n = 20$ kabul edilmişti. Burdan yola çıkarak toprak ısı değiştiricisi modül boru lineer basınç kaybı denklem (6.38) kullanılarak bulunur.

$$\Delta H_{lin-m} = 0,0383 \times \frac{100 \times 0,5^2}{0,0132 \times 2 \times 9,81} = 3,7 \text{ m}$$

Dağıtım borusundaki basınç kaybını bulmak için, önce dağıtım boru boyunun hesaplanması ve akış hızının tespit edilmesi gerekir. Toprak ısı değiştiricisi dağıtım boru boyu L_k , denklem (6.36) kullanılarak bulunur.

$$\sum L_k = 2 \times 2 + 3 \times 20 + 100 + 7,5 = 171,5 \text{ m}$$

Modüllerde dolaştırılan su dağıtım borusu vasıtasıyla toplandığından, dağıtım borusundaki su debisi sistemin toplam debisine eşittir. Modül sayısı $n = 20$ kabul edilmiştir. Dağıtım borusu dış çapı $d_{dk} = 50 \text{ mm}$ alınmıştır. Bu çaptaki borunun içi çapı $d_{ik} = 33,2 \text{ mm}$ 'dir (Çizelge 6.2). Buradan yola çıkarak dağıtım borusundaki su hızını bulalım. Bunun için, sistemin toplam debisinin bulunması gerekir. Sistemin toplam debisi, aşağıdaki denklem ile ifade edilebilir.

$$m_t = n \cdot m = n \cdot \rho_s \cdot u_k \cdot A_{kb} = \rho_s \cdot u_k \cdot \frac{\pi \cdot d_{ik}^2}{4} \quad (6.42)$$

Buradan, dağıtım borusundaki su akış hızı bulunur.

$$u_k = \frac{4 \cdot n \cdot m}{\rho_s \cdot \pi \cdot d_{ik}^2} = \frac{4 \times 20 \times 0,0684}{1000 \times \pi \times 0,0332^2} = 1,58 \text{ m/s}$$

Bu değer kullanılarak Re sayısı denklem (6.39)'un dağıtım borusu için uygulanmasıyla bulunur.

$$Re_k = \frac{\rho \cdot u_k \cdot d_{ik}}{\mu_s} = \frac{1000 \times 1,58 \times 0,0332}{0,001422} \cong 36894$$

$2320 < Re_k < 100000$ olduğundan, dağıtım borusu için lineer yük kayıp katsayısı, denklem (6.41) kullanılarak bulunur.

$$\lambda = \frac{0,316}{\sqrt[4]{36894}} = 0,0228$$

Buradan hareketle, dağıtım borusundaki lineer basınç kaybı aşağıdaki denklem kullanılarak bulunabilir.

$$\Delta H_{lin-k} = \lambda_k \cdot \frac{L_k}{d_{ik}} \cdot \frac{u_k}{2g} \quad (6.43)$$

$$\Delta H_{lin-k} = 0,0228 \times \frac{171,5}{0,0332} \times \frac{1,58^2}{2 \times 9,81} = 15 \text{ m}$$

Toplam lineer basınç kaybı aşağıda hesaplanmıştır.

$$\sum \Delta H_{lin} = \Delta H_{lin-m} + \Delta H_{lin-k} = 3,7 + 15 = 18,7 \text{ m}$$

Lokal kayıplar, lineer kayıpların yaklaşık olarak % 10'u alınabilir.

$$\sum \Delta H_{lok} = \sum \Delta H_{lin} \times 0,10 = 18,7 \times 0,10 = 1,87 \text{ m}$$

Tüm lokal ve lineer kayıplar hesaplandıktan sonra denklem (6.37) kullanılarak artık pompanın manometrik basma yüksekliğini belirlemek mümkündür.

$$H_m = H_g + \sum \Delta H_{lin} + \sum \Delta H_{lok} = 1,5 + 18,7 + 1,87 = 22,07 \text{ m}$$

Pompanın manometrik basma yüksekliği bilindiğine göre, pompanın efektif gücünü denklem (6.44)'ü kullanarak hesaplayabiliriz. Pompanın verimi $\eta_p = 0,6$ olarak alınmıştır.

$$N_e = \frac{n \cdot m \cdot g \cdot H_m}{1000 \cdot \eta_p} \quad (6.44)$$

$$N_e = \frac{20 \times 0,0684 \times 9,81 \times 22,07}{1000 \times 0,6} = 0,494 \text{ kW} = 6,57 \text{ HP}$$

Pompa motorunun gücü, bulunan efektif pompa gücünün bir emniyet katsayısı ile çarpılmasıyla bulunur. Bu emniyet katsayısı pompanın efektif gücüne bağlı olarak tespit edilir. Pompa efektif gücünün 5 HP'den küçük olması durumunda, emniyet katsayısı 1,3'dür. Pompanın efektif gücünün 5 HP'den büyük 25 HP'den küçük olması durumunda emniyet katsayısı 1,2 , pompa efektif gücünün 25 HP'den büyük olması durumunda ise emniyet katsayısı 1,1'dir.

Pompa motor gücü aşağıdaki gibi bulunabilir.

$$N_m = \alpha_{emn} \cdot N_e \quad (6.45)$$

N_e : Pompa efektif gücü (kW)

N_m : Pompa motor gücü (kW)

α_{emn} : Emniyet katsayısı

5 HP < N_e < 25 HP olduğundan $\alpha_{emn} = 1,2$ olmalıdır.

$$N_m = 1,2 \times 0,494 = 0,593 \text{ kW}$$

olarak bulunur.

Pompa, ısıtma sezonunun büyük kısmında çalışacaktır ancak bazı zamanlarda buharlaştırıcı ihtiyacı, topraktan alınabilecek maksimum ısıdan daha düşük olacağından, toprak ısı değiştiricisinde dolaşan su debileri de, hesaplanan ısı değiştiricisi su akış hızından daha küçük değerler olacaktır. Bu durumda pompa daha düşük kapasiteyle çalışacaktır. Bu göz önünde bulundurularak pompanın 4392 saatlik ısıtma sezonunda $t_{\text{ç}} = 1500$ saat boyunca tam kapasiteyle çalıştığı varsayılmıştır. Bu yıllık çalışma süresi bedelinin her ay eşit taksitler halinde ödendiği varsayımıyla pompanın aylık ortalama çalışma süresi $t_{\text{ç-ort}} = 1500/12 = 125$ saat olarak bulunur. Bu durumda sistemin geri ödeme süresi boyunca toplam pompa işletme maliyetinin bugünkü değerini hesaplamaya çalışalım.

Yıllık faiz oranı %15 olarak kabul edilmiştir. Bu yıllık faizin aylara eşit olarak bölüştürüldüğü kabulü yapılarak aylık faiz oranı $i = 0,15/12 = 0,0125$ bulunmuş ve sabit alınmıştır. Elektrik birim maliyeti $M_{\text{elektrik}} = 0,158$ YTL/kWsaat olarak alınmıştır.

Sistemin geri ödeme süresi sonuna kadar her ay eşit miktarlardaki taksitler halinde ödendiği varsayılan pompa işletme toplam bedelinin bugünkü değeri aşağıdaki denklem yardımıyla hesaplanabilir.

$$C_{i-pompa} = N_m \cdot t_{\text{ç-ort}} \cdot M_{\text{elektrik}} \cdot \frac{(1+i)^v - 1}{(1+i)^v \cdot i} \quad (6.46)$$

M_{elektrik} : Elektrik birim maliyeti (YTL/kWsaat)
 $t_{\text{ç-ort}}$: Pompa aylık ortalama çalışma süresi (saat)
 i : Aylık faiz oranı
 v : İşletme dönem sayısı (ay)

Değerler yerine konarak 5 senelik pompa işletme bedelinin bugünkü değeri aşağıda hesaplanmıştır.

$$C_{i-pompa} = 0,593 \times 125 \times 0,158 \times \frac{(1+0,0125)^{60} - 1}{(1+0,0125)^{60} \times 0,0125} = 493 \text{ YTL}$$

Bu sonuç, pompa işletme maliyetinin sistem yatırım ve işletme maliyetleri yanında ihmal edilebileceğini göstermektedir.

6.3.4 Isıl Enerji Deposu Yatırım Maliyeti

Isıl enerji deposu yatırım maliyeti; hafriyat, faz değişim malzemesi ve depo sac maliyetlerinden oluşmaktadır. Bu maliyetler aşağıda sırayla açıklanmıştır.

1) Hafriyat maliyeti: Isıl enerji deposunun toprağa gömülmesi, toprak hafriyat yatırım maliyeti getirmektedir. Deponun silindirik ve çapının $D_d = 2$ m olduğu kabul edilmiştir. Farklı depo hacimleri için, depo çapının sabit kaldığı ve boyunun değiştiği varsayılacaktır. Hafriyat yapılan yerin eni depo çapına eşit, boyu da depo boyuna eşittir. Deponun toprak yüzeyinden 1 m derine gömüldüğü varsayılmıştır. Depo hafriyat maliyeti aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$C_{y-depohafriyat} = M_{depohafriyat} \cdot V_{depohafriyat} \quad (6.47)$$

$M_{depohafriyat}$: Hafriyat birim hacim maliyeti (YTL/m³)

$V_{depohafriyat}$: Depo hafriyat hacmi (m³)

$$V_{depohafriyat} = h_d \cdot 2r_d \cdot L_d \quad (6.48)$$

$$h_d = 2 \cdot r_d + 1 = 2 \cdot 1 + 1 = 3 \text{ m}$$

h_d : Depo hafriyat derinliği (m)

r_d : Depo yarıçapı (m)

L_d : Depo uzunluğu (m)

V_d : Depo hacmi (m³)

$$L_d = \frac{V_d}{\pi \cdot r_d^2} \quad (6.49)$$

Piyasadan edinilen bilgilerden yararlanılarak hafriyat birim hacim maliyeti nakliye de düşünülerek 12 YTL/m³ olarak alınmıştır.

Gerekli ifadeler denklem (6.47)'de yerlerine konarak aşağıdaki denklem elde edilir.

$$C_{y-depohafriyat} = M_{depohafriyat} \cdot h_d \cdot 2 \cdot \frac{V_d}{\pi \cdot r_d} \quad (6.50)$$

Depo hafriyat yatırım maliyeti, $V_d = 30$ m³'lük depo için, gerekli değerler denklem (6.50)'de yerlerine konarak hesaplanır.

$$C_{y-depohafriyat} = 12 \times 3 \times 2 \times \frac{30}{\pi \times 1} = 690 \text{ YTL}$$

2) Faz değişim malzemesi maliyeti : Farklı depo hacimleri için, seçilen faz değişim

malzeme kütlesi belirlenir Faz değişim malzeme yatırım maliyeti aşağıdaki denklem yardımıyla hesaplanabilir.

$$C_{y-FDM} = M_{FDM} \cdot m_{FDM} \quad (6.51)$$

C_{y-FDM} : Faz değişim malzeme yatırım maliyeti (YTL)
 M_{FDM} : Faz değişim malzeme birim kütle yatırım maliyeti (YTL/kg)
 m_{FDM} : Faz değişim malzeme kütlesi (kg)

$$m_{FDM} = V_d \cdot \rho_{FDM} \quad (6.52)$$

Piyasadan edinilen bilgiler ışığında, $M_{FDM} = 0,5$ YTL/kg olarak alınmıştır. Seçilen faz değişim malzemesinin sıvı faz yoğunluğunun $\rho_{FDM} = 760 \text{ kg/m}^3$ olduğu bölüm (6.2.5)'de belirtilmiştir.

Seçtiğimiz $V_d = 30 \text{ m}^3$ 'lük depo hacmi için faz değişim malzeme yatırım maliyetini denklem (6.51)'i kullanarak hesaplayalım.

$$C_{y-FDM} = M_{FDM} \cdot V_d \cdot \rho_{FDM} = 0,5 \times 30 \times 760 = 11400 \text{ YTL}$$

3) Sac Maliyeti : Isıl enerji deposu malzemesi olarak 3 mm kalınlığında siyah çelik sac kullanılması uygun bulunmuştur. Seçilen faz değişim malzemesi korozyona sebep olmadığından çelik sac kullanılması herhangi bir sakınca doğurmaz. Isıl enerji depo sac yatırım maliyeti aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$C_{y-deposac} = M_{deposac} \cdot A_{deposac} \quad (6.53)$$

$$M_{deposac} = f + g \quad (6.54)$$

Sac birim alan işçilik maliyeti sac birim alan maliyetinin % 20 'si olarak alınmıştır (Denklem (6.55)).

$$g = f \cdot 0,2 \quad (6.55)$$

$$A_{deposac} = 2 \cdot \pi \cdot r_d^2 + \frac{2 \cdot V_d}{r_d} \quad (6.56)$$

$M_{deposac}$: Depo sac birim alan yatırım maliyeti (YTL/m²)
 $A_{deposac}$: Sac yüzey alanı (m²)
 f : Sac birim alan maliyeti (YTL/m²)
 g : Sac birim alan işçilik maliyeti (YTL/m²)

Piyasadan edinilen bilgiler ışığında sac birim alan maliyeti $f = 18,84$ YTL/m² alınmıştır.

Yukarıdaki bilgilerden yola çıkılarak ve gerekli ifadeler denklem (6.53)'de yerlerine konarak aşağıdaki denklem elde edilir.

$$C_{y-deposac} = (f + g) \cdot \left[2 \cdot \pi \cdot r_d^2 + \frac{2 \cdot V_d}{r_d} \right] \quad (6.57)$$

Depo sac yatırım maliyeti, $V_d = 30$ m³ lük depo hacmi için, gerekli değerler denklem (6.57)'de yerlerine konarak hesaplanır.

$$C_{y-deposac} = 18,84 \times 1,2 \times \left[2 \times \pi \times 1^2 + \frac{2 \times 30}{1} \right] = 1498 \text{ YTL}$$

Depo toplam yatırım maliyeti aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$C_{y-depo} = C_{y-depohafriyat} + C_{y-FDM} + C_{y-deposac} = 690 + 11400 + 1498 = 13588 \text{ YTL}$$

6.3.5 Güneş Toplaç Yatırım Maliyeti

Sistemde düz yüzeyli güneş toplaçları kullanılmıştır. Güneş toplaçları yatırım maliyeti aşağıdaki formülle hesaplanabilir.

$$C_{y-kollektör} = M_{kollektör} \cdot l \quad (6.58)$$

$$M_{kollektör} = y + z \quad (6.59)$$

$$l = \frac{A_{kt}}{A_k} \quad (6.60)$$

Güneş toplaç birim işçilik maliyeti güneş toplaç birim maliyetinin % 20'si olarak kabul edilmiştir (Denklem (6.61)).

$$z = y \cdot 0,2 \quad (6.61)$$

$M_{güneştoplacı}$: Güneş toplaç birim yatırım maliyeti (YTL/adet)

l : Güneş toplaç adedi (adet)

y : Güneş toplaç birim maliyeti (YTL/adet)

z : Güneş toplaç birim işçilik maliyeti (YTL/adet)

A_{kt} : Toplam güneş toplaç yüzey alanı (m²)

A_k : Güneş toplaç adet yüzey alanı (m²/adet)

Piyasadan edinilen bilgiler ışığında $y = 200$ YTL/adet, $A_k = 2$ m²/adet olarak alınmıştır.

Güneş toplaç sayısı “1”, muhtemelen tam sayı çıkmayacağından kendinden büyük ilk tam sayıya yuvarlanır.

Seçtiğimiz güneş toplaç toplam alanı $A_{kt} = 25$ m² için güneş toplaç yatırım maliyetini hesaplayalım.

$$l = \frac{A_{kt}}{A_k} = \frac{25}{2} = 12,5$$

Güneş toplaç adedi küsuratlı olamayacağından $l = 13$ alınır. Güneş toplaç yatırım maliyeti, denklem (6.58) kullanılarak hesaplanır.

$$C_{y-kollektör} = (200 + 200 \times 0,2) \times 13 = 3120 \text{ YTL}$$

6.3.6 Isı Pompası Yatırım ve İşletme Maliyeti

Piyasadan edinilen bilgiler ışığında ısı pompası yatırım maliyeti, $C_{y-ısıpompası} = 10000$ YTL olarak alınmıştır.

Isı pompası işletme maliyeti kompresör işletme maliyetinden kaynaklanmaktadır. Kompresör minimum işletme maliyeti, ısı pompası tasarımına göre, her saat için COP = 6,1 kabul edilerek hesaplanmıştır. Yani, ısı pompasının, her saat COP = 6,1’lik etkinlik katsayısıyla çalışması için, kompresörün, hesaplanan bu toplam enerji miktarı kadar iş yapması gerekmektedir. Ancak, ısı pompasının bu etkinlik katsayısıyla çalışabilmesi için buharlaştırıcıya verilmesi gereken ısının verilemediği saatlerde, ısı pompası bu açığı, kompresörün daha fazla iş yapmasıyla kapatacaktır ve bu durumda daha düşük etkinlik katsayısıyla çalışmış olacaktır. Hesaplarımız saatlik olarak yapıldığından, kompresörün yapacağı minimum yıllık iş miktarı aşağıdaki denklemlerle bulunur.

$$W_{k-min-yıl} = \sum_{t=1}^{t=t} W_{k-min} \quad (6.62)$$

W_{k-min} : Kompresörün saatlik olarak yaptığı minimum iş miktarı (kWsaat)

$W_{k-min-yıl}$: Kompresörün yıllık olarak yaptığı minimum iş miktarı (kWsaat)

Yıllık elektrik masrafını bulmak için, kompresörün fazladan yaptığı işi de hesaba katmamız gerekmektedir. Fazladan yapılması gereken yıllık kompresör işi aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$W_{k-ek-gereken-yil} = \sum_{t=1}^{t=t} W_{k-ek-gereken} \quad (6.63)$$

$W_{k-ek-gereken}$: Kompresörün ek olarak yapması gereken saatlik iş miktarı (kWsaat)
 $W_{k-ek-gereken-yil}$: Kompresörün ek olarak yapması gereken yıllık iş miktarı (kWsaat)

Kompresörün yapması gereken yıllık toplam iş miktarı aşağıdaki denklemlerle hesaplanır.

$$W_{k-gereken-yil} = W_{k-min-yil} + W_{k-ek-gereken-yil} \quad (6.64)$$

Sistemimiz için kompresörün yapması gereken yıllık toplam işi hesaplayalım.

$$W_{k-min-yil} = 18243 \text{ kWsaat/yıl (Ek 3)}$$

$$W_{k-ek-gereken-yil} = 10992 \text{ kWsaat/yıl (Ek 3)}$$

$$W_{k-gereken-yil} = W_{k-min-yil} + W_{k-ek-gereken-yil} = 18243 + 10992 = 29235 \text{ kWsaat/yıl}$$

Yapılması gereken yıllık ek kompresör işinin bir kısmı ısı enerjisi deposu tarafından karşılanmaktadır. Depo tarafından karşılanan yıllık toplam enerji miktarı aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$Q_{d-harcanan-yil} = \sum_{t=1}^{t=t} Q_{d-harcanan} \quad (6.65)$$

$Q_{d-harcanan-yil}$: Depo tarafından karşılanan yıllık ek kompresör işi miktarı (kWsaat/yıl)
 $Q_{d-harcanan}$: Depo tarafından karşılanan saatlik ek kompresör işi miktarı (kWsaat)

Sistemimiz için deponun karşıladığı yıllık ek kompresör işi miktarı aşağıda verilmiştir.

$$Q_{d-harcanan-yil} = 2983 \text{ kWsaat/yıl (Ek 3)}$$

Burada bir depo karşılama oranı (DKO) ifadesi tanımlamak mümkündür. Çalışmamızın amaçlarından biri de, ısı enerjisi deposunda depolanan enerjinin, kompresörün ek olarak yapması gereken iş miktarını ne oranda karşılayabileceğini görmektir. Bu durumda depo karşılama oranı, harcanan yıllık depo enerji miktarının kompresörün ek olarak yapması gereken yıllık iş miktarına oranıdır (Denklemler (6.66)).

$$DKO = \frac{Q_{d-harcanan-yil}}{W_{k-ek-gereken-yil}} \quad (6.66)$$

Yukarıdaki denklemi kullanarak sistemimiz için depo karşılama oranını hesaplayalım.

$$DKO = \frac{2983}{10992} = 0,27$$

Kompresörün yaptığı saatlik ek iş miktarı aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$W_{k-ek-harcanan} = W_{k-ek-gereken} - Q_{d-harcanan} \quad (6.67)$$

Kompresörün yaptığı yıllık ek iş miktarı aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$W_{k-ek-harcanan-yil} = \sum_{t=1}^{t=t} W_{k-ek-harcanan} \quad (6.68)$$

$$W_{k-ek-harcanan-yil} = 8009 \text{ kWsaat/yıl (Ek 3)}$$

Yukarıdaki bilgilerden yola çıkılarak kompresörün yıllık olarak yaptığı toplam iş miktarı aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$W_{k-harcanan-yil} = W_{k-min-yil} + W_{k-ek-harcanan-yil} \quad (6.69)$$

$$W_{k-harcanan-yil} = 18243 + 8009 = 26252 \text{ kWsaat/yıl (Ek 3)}$$

Bu şekilde hesaplanan yıllık toplam kompresör işi bedelinin her ay eşit miktarlar halinde ödendiği varsayılarak aylık ortalama elektrik harcamı olarak toplam yıllık elektrik harcamının 1/12'si alınmıştır (Denklem (6.70)).

$$W_{k-harcanan-ay} = W_{k-harcanan-yil} / 12 \quad (6.70)$$

$$W_{k-harcanan-ay} = 26252/12 = 2188 \text{ kWsaat/ay}$$

Yıllık faiz oranı %15 olarak kabul edilmiştir. Bu yıllık faizin aylara eşit olarak bölüştürüldüğü kabulü yapılarak aylık faiz oranı $i = 0,15/12 = 0,0125$ olarak bulunmuş ve sabit alınmıştır. Elektrik birim maliyeti $M_{elektrik} = 0,158 \text{ YTL/kWsaat}$ olarak alınmıştır.

Sistemin kendini amorti etme süresinin sonuna kadar her ay eşit miktarlardaki taksitler halinde ödendiği varsayılan ısı pompası işletme toplam bedelinin şimdiki zaman değeri aşağıdaki denklem yardımıyla hesaplanabilir (Ek 3).

$$C_{i-ısıpompası} = W_{k-harcanan-ay} \cdot M_{elektrik} \cdot \frac{(1+i)^v - 1}{(1+i)^v \cdot i} \quad (6.71)$$

Bu değeri, örnek olarak 12. ay sonu için hesaplayalım.

$$C_{i-ısıpompası} = 2188 \cdot 0,158 \cdot \frac{(1+0,0125)^{12} - 1}{(1+0,0125)^{12} \cdot 0,0125} = 3830 \text{ YTL}$$

Sistem toplam yatırım maliyeti aşağıdaki denklemle hesaplanır.

$$C_{y-sistem} = C_{y-boru} + C_{y-boruhafriyat} + C_{y-depo} + C_{y-kollektör} + C_{y-ısıpompası} \quad (6.72)$$

$$C_{y-sistem} = 5987 + 12000 + 13588 + 3120 + 10000 = 44695 \text{ YTL}$$

Sistem yatırım ve işletme maliyetleri toplamı şimdiki zaman değeri denklem (6.73) kullanılarak hesaplanabilir.

$$C_{t-sistem} = C_{y-sistem} + C_{i-ısıpompası} \quad (6.73)$$

Bu değeri 12. ay sonu için hesaplayalım.

$$C_{t-sistem} = 44695 + 3830 = 48525 \text{ YTL (Çizelge 6.3)}$$

6.4 Sistem Geri Ödeme Süresinin Bulunması

Sistem geri ödeme süresinin bulunması için sistem yatırım ve işletme maliyetleri toplamının konvansiyonel bir ısıtma sisteminin yatırım ve işletme maliyetleri toplamıyla karşılaştırılması gerekir. Konvansiyonel sistem dediğimizde aklımıza ilk gelen; katı, sıvı veya gaz yakıt yakan bir kazan tesisatıdır. Seramızı, bizim düşündüğümüz sistem yerine sıvı yakıt yakan bir kazanla ısıttığımızı düşünelim. Seranın 6 ay boyunca saatlik olarak maksimum ısı ihtiyacı, $Q_s = 57312 \text{ W} = 57312 \times 3600 / 4180 = 49360 \text{ kcal/saat}$ olarak hesaplandığından $Q_{ka} = 50000 - 60000 \text{ kcal/saat}$ kapasiteli bir kazan sera ihtiyacını karşılamaya yetecektir. Bu kapasiteye sahip bir kazanın yatırım ve işletme maliyeti hesaplanacaktır. Bu kapasitedeki bir kazanın yatırım maliyeti piyasadan edinilen bilgiler ışığında $C_{y-kazan} = 5000 \text{ YTL}$ olarak kabul edilmiştir.

Kazanın işletme maliyetini bulmak için ise, 6 aylık ısıtma sezonu boyunca yakacağı toplam yakıt miktarının bulunması gerekir. Seranın her saat için ısı ihtiyacı hesaplanmıştır ve bu

değerlerden faydalanarak her saat için harcanan yakıt miktarı aşağıdaki denklem kullanılarak bulunabilir.

$$Y = \frac{Q_s}{\eta_{ka} \cdot B} \quad (6.74)$$

Y : Harcanan saatlik yakıt miktarı (kg/saat)

Q_s : Sera saatlik ısı ihtiyacı (kcal/saat)

η_{ka} : Kazan verimi

B : Yakıt alt ısı değeri (kcal/kg)

Seranın ısı ihtiyacı her saat için farklı olduğundan kazan da her saat için farklı yükte çalıştırılacaktır ve bu yüzden her saat için verimi farklı olacaktır. Kazanın farklı ısıtma yüklerine karşılık gelen verim değerleri, kazanların ısı yüküne bağlı verim değişim eğrilerine uygun olarak uydurulan Şekil 6.11'deki eğriden bulunabilir. Bu eğrinin denklemi aşağıda verilmiştir.

$$\eta_{ka}(Q_s) = -2 \cdot 10^{-10} \cdot Q_s^2 + 2 \cdot 10^{-5} \cdot Q_s + 0,5482 \quad (6.75)$$

Bu denklem kullanılarak, kazanın ısı yüküne bağlı verim değerleri her saat için hesaplanmıştır (Ek 3).

Bu değeri sezonun ilk saati için hesaplayalım. Bu saat için ısı ihtiyacı $Q_s = 16,61 \text{ kWsaat} = 14305 \text{ kcal}$ 'dir. Bu değer saatlik bir değerdir ve denklemde yerine konarak o saat için kazan verimi bulunur.

$$\eta_{ka}(Q_s) = -2 \times 10^{-10} \times 14305^2 + 2 \times 10^{-5} \times 14305 + 0,5482 = 0,79$$

Kazan verimi bu şekilde her saat için hesaplanmıştır (Ek 3).

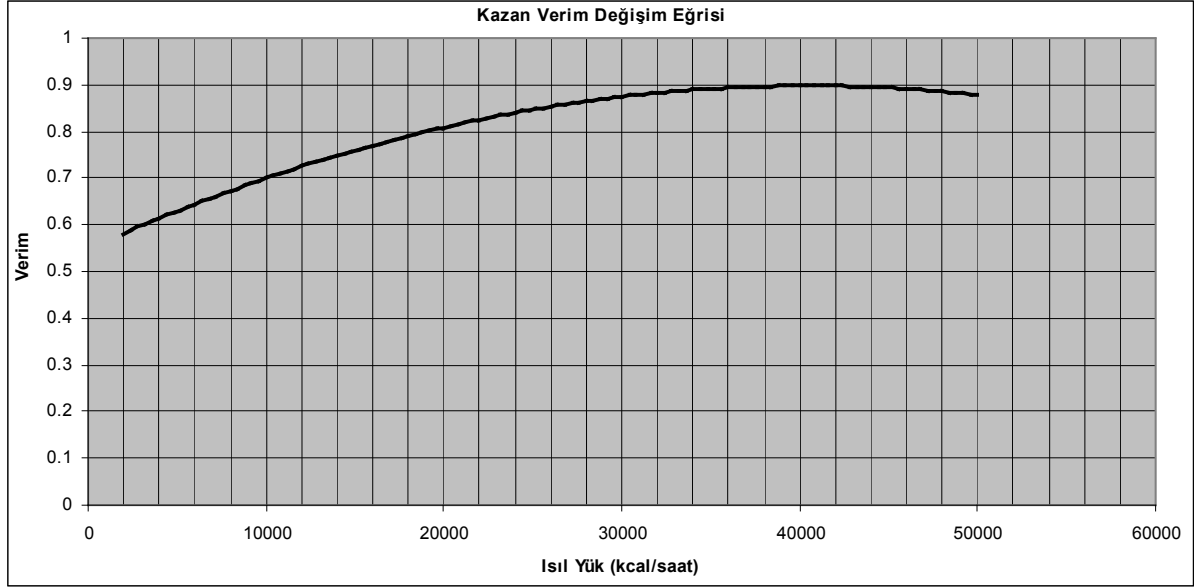
Yakıt olarak kalorifer yakıtı kullanıldığını düşünelim. Bu yakıtın alt ısı değeri $B = 9300 \text{ kcal/kg}$ 'dir. Saatlik olarak değişen sera ısı ihtiyacı ve kazan verimi değerleri denklem (6.74)'de yerlerine konursa, saatlik olarak harcanan yakıt miktarı bulunabilir.

Harcanan yakıt miktarını sezonun ilk saati için hesaplayalım.

$$Y = \frac{14305}{0,79 \times 9300} = 1,94 \text{ kg}$$

Yukarıdaki işleme göre sezonun ilk saati için kazanın yakıt harcamı 1,94 kg olarak bulunmuştur.

Harcanan yakıt miktarı bu şekilde her saat için hesaplanmıştır (Ek 3).



Şekil 6.11 Kazan veriminin ısı yüküne bağlı değişim eğrisi

Kazanın harcadığı yıllık yakıt miktarı aşağıdaki denklem yardımıyla hesaplanabilir.

$$Y_{yil} = \sum_{t=1}^{t=t} Y \quad (6.76)$$

Seramız için yıllık toplam yakıt harcamı $Y_{yil} = 11223$ kg/yıl olarak bulunmuştur (Ek 3).

Yıllık yakıt masrafının her ay eşit miktarlarda ödendiği varsayılarak Y_{ay} olarak toplam yıllık yakıt harcamasının 1/12'si alınmıştır (Denklem (6.77)).

$$Y_{ay} = Y_{yil} / 12 \quad (6.77)$$

$$Y_{ay} = 11223 / 12 = 935 \text{ kg/ay}$$

Yıllık faiz oranı %15 olarak kabul edilmiştir. Bu yıllık faizin aylara eşit olarak bölüştürüldüğü kabulü yapılarak aylık faiz oranı $i = 0,15/12 = 0,0125$ bulunmuş ve sabit alınmıştır. Kalorifer yakıtı birim maliyeti $M_{yakıt} = 1,4$ YTL/kg olarak alınmıştır. (<http://www.petrolofisi.com.tr>).

Çizelge 6.3 Yatırım ve işletme maliyetleri dönem toplamları şimdiki zaman değerleri

Ay	C _{t-sistem} (YTL)	C _{t-kazan} (YTL)	Ay	C _{t-sistem} (YTL)	C _{t-kazan} (YTL)	Ay	C _{t-sistem} (YTL)	C _{t-kazan} (YTL)
1	45036	6293	41	55733	46794	81	62240	71435
2	45374	7570	42	55938	47570	82	62365	71907
3	45707	8831	43	56140	48338	83	62488	72374
4	46036	10076	44	56341	49095	84	62610	72835
5	46361	11307	45	56538	49844	85	62730	73291
6	46681	12522	46	56733	50583	86	62849	73740
7	46998	13722	47	56926	51313	87	62966	74185
8	47311	14907	48	57117	52034	88	63082	74623
9	47620	16077	49	57305	52746	89	63197	75057
10	47926	17233	50	57490	53450	90	63310	75484
11	48227	18375	51	57674	54145	91	63421	75907
12	48525	19503	52	57855	54831	92	63532	76325
13	48819	20617	53	58034	55508	93	63641	76737
14	49110	21717	54	58211	56178	94	63748	77144
15	49397	22803	55	58385	56839	95	63854	77546
16	49680	23876	56	58558	57491	96	63959	77943
17	49960	24936	57	58728	58136	97	64063	78336
18	50236	25983	58	58896	58773	98	64165	78723
19	50510	27016	59	59062	59402	99	64266	79106
20	50779	28038	60	59227	60023	100	64366	79484
21	51045	29046	61	59389	60637	101	64465	79857
22	51309	30042	62	59549	61243	102	64562	80226
23	51568	31026	63	59707	61841	103	64658	80590
24	51825	31997	64	59863	62432	104	64753	80950
25	52078	32957	65	60017	63016	105	64847	81305
26	52329	33904	66	60169	63593	106	64940	81656
27	52576	34840	67	60320	64162	107	65031	82002
28	52820	35765	68	60468	64725	108	65121	82344
29	53061	36678	69	60615	65280	109	65211	82682
30	53299	37580	70	60760	65829	110	65299	83016
31	53534	38470	71	60903	66371	111	65386	83346
32	53767	39350	72	61044	66906	112	65472	83671
33	53996	40219	73	61184	67434	113	65557	83993
34	54223	41077	74	61322	67956	114	65641	84311
35	54447	41924	75	61458	68472	115	65724	84624
36	54668	42761	76	61592	68981	116	65805	84934
37	54886	43588	77	61725	69484	117	65886	85240
38	55102	44404	78	61856	69981	118	65966	85542
39	55315	45211	79	61986	70472	119	66045	85841
40	55525	46007	80	62114	70956	120	66123	86136

Sistemin kendini amorti etme süresi sonuna kadar her ay eşit miktarlardaki taksitler halinde ödendiği varsayılan kazan toplam işletme bedelinin şimdiki zaman değeri aşağıdaki denklem yardımıyla hesaplanabilir.

$$C_{i-kazan} = Y_{ay} \cdot M_{yakit} \cdot \frac{(1+i)^v - 1}{(1+i)^v \cdot i} \quad (6.78)$$

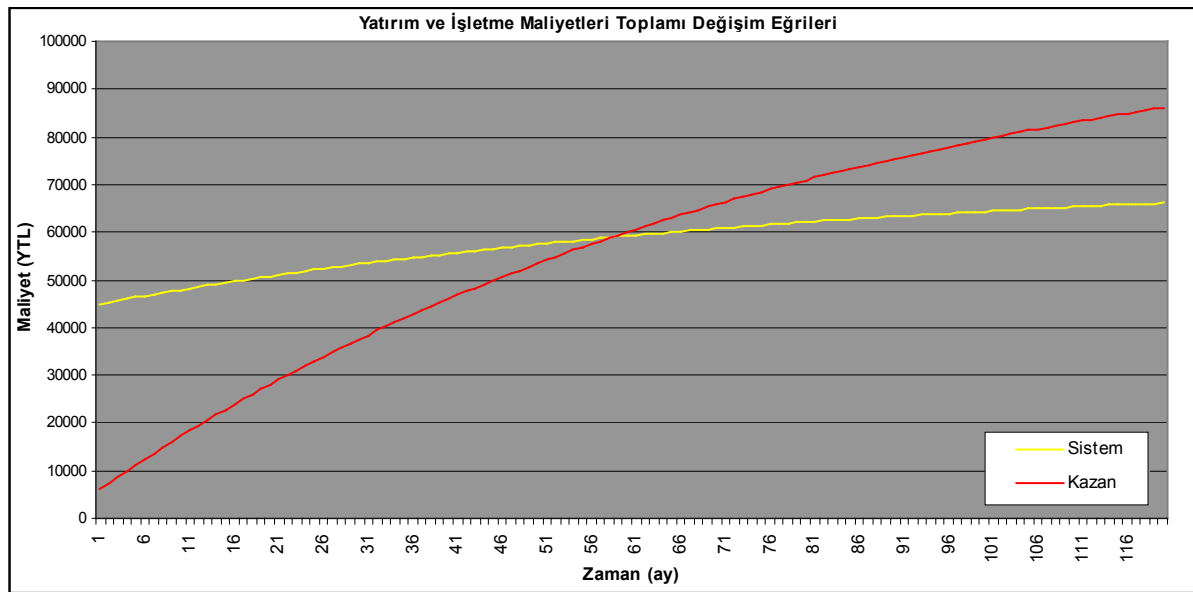
Bu değeri örnek olarak 12. ay sonu için hesaplayalım.

$$C_{i-kazan} = 935 \times 1,4 \cdot \frac{(1 + 0,0125)^{12} - 1}{(1 + 0,0125)^{12} \times 0,0125} = 14503 \text{ YTL}$$

Buradan, 12. ay sonundaki kazan yatırım ve işletme maliyetleri toplamı şimdiki zaman değeri denklem (6.79) kullanılarak hesaplanır.

$$C_{t-kazan} = C_{y-kazan} + C_{i-kazan} \quad (6.79)$$

$$C_{t-kazan} = 5000 + 14503 = 19503 \text{ YTL (Çizelge 6.3)}$$



Şekil 6.12 Sistem ve kazan yatırım ve işletme maliyetleri toplamalarının karşılaştırılması

Sistemin kendini amorti etme süresinin bulunabilmesi için, sistem yatırım maliyetine, her ay eşit taksitler halinde ödendiği varsayılan ısı pompası işletme bedellerinin hesap yapılan aya kadar olan toplamalarının şimdiki zaman değerleri eklenmelidir. Bu işlem her ay için tekrarlanmalıdır. Aynı şekilde kazan yatırım maliyetine, her ay eşit taksitler halinde ödendiği varsayılan kazan işletme bedellerinin hesap yapılan aya kadar olan toplamalarının şimdiki zaman değerleri eklenerek, sistem için ve kazan için bulunan toplam değerler her ay için karşılaştırılmalıdır. Çizelge 6.3'de, aylık dönemler için hesaplanan değerler hem sistem hem de kazan için verilmiştir.

Bu karşılaştırma işlemi, sistem ve kazan için, hesap yapılan ilk aydan son aya kadar olan toplamaların zamana bağlı değişim eğrileri çizilerek yapılabilir. İki eğrinin kesiştiği noktada

sistem kendini amorti etmiş demektir. Şekil 6.12’de sistem ve kazan için çizilen eğriler görülmektedir.

Bu eğrilerin kesiştiği noktaya dikkat edilirse sistemin kendini sistem geri ödeme süresinin 59 ay olduğu görülür. Bu sonuca, Çizelge (6.3) incelendiğinde de varılabilir.

6.5 Saatlik Değer Tablosunun Hazırlanması

EXCEL ortamında, sistemin sezon boyunca saatlik değerlerini hesaplayabilmek için bir tablo hazırlanmıştır (Ek 3). Ancak hesaplar 6 aylık bir zaman dilimi (4392 saat) için saatlik olarak yapıldığından Ek 3’de her ay için sadece 4 gün için hesaplanan değerler gösterilebilmiştir. Saatlik olarak hesaplanan her değer için hangi günün hangi saati için hesaplandığı açıkça görülmektedir. Bu tablonun hazırlanışı aşağıda anlatılmıştır.

1) Dış sıcaklıklar (T_d) : Hesapların yapıldığı zaman dilimi olan 15 Ekim 2004 ile 15 Nisan 2005 tarihleri arasındaki her günün her saati için dış hava sıcaklık değerleri Ek 1’den alınmıştır.

2) Sera ısı kaybı (Q_s) : Sera ısı kaybı denklem (6.1) kullanılarak her saat için hesaplanmıştır.

$$Q_s = \left[\frac{A_1}{R_1} + \frac{A_2}{R_2} \right] \cdot (T_i - T_d) \cdot f_w \cdot f_c \cdot f_s \quad (6.1)$$

Sera ısı kaybı bölüm (6.2.1)’de sezonun ilk saati için hesaplanmıştır.

3) Buharlaştırıcı ısı ihtiyacı (Q_{bi}) : Isı pompası buharlaştırıcısının ısı ihtiyacı denklem (6.4) kullanılarak her saat için hesaplanmıştır.

$$Q_b = \frac{Q_s}{1,196} \quad (6.4)$$

Buharlaştırıcı ısı ihtiyacı bölüm (6.2.2)’de sezonun ilk saati için hesaplanmıştır.

4) Toprak sıcaklığı (T_{top}) : Belirlenen bir derinlikteki toprak sıcaklıkları denklem (3.11) kullanılarak her saat için hesaplanmıştır.

$$T_{top} = T_m + T_0 e^{-x\sqrt{\pi/a_t P}} \cdot \cos\left(2\pi \cdot \frac{t^*}{P^*} - x\sqrt{\frac{\pi}{a_t P}}\right) \quad (3.11)$$

Toprak sıcaklığı bölüm (6.2.3)’de sezonun ilk saati için hesaplanmıştır.

5) Su çıkış sıcaklığı (T_{s2}) : Toprak ısı değiştiricisinde topraktan ısı alan suyun toprak ısı değiştiricisinden çıkış sıcaklığı denklem (3.12) kullanılarak her saat için hesaplanmıştır.

$$T_{s2} = T_{top} - (T_{top} - T_{s1}) \cdot e^{-\frac{k_t \cdot F(z) \cdot L}{m \cdot c_p}} \quad (3.12)$$

Suyun toprak ısı değiştiricisinden çıkış sıcaklığı bölüm (6.2.3)'de sezonun ilk saati için hesaplanmıştır.

6) “ z ” ifadesi: Topraktan ısı değiştirici içindeki suya ısı geçiş mekanizmasının çözümünü kolaylaştırmak için tanımlanmış bir ifade olan “ z ” denklem (3.17) kullanılarak her saat için hesaplanmıştır.

$$z = \frac{a \cdot t}{r^2} \quad (3.17)$$

Sezonun ilk saati için “z” değeri, bölüm (6.2.3)'de hesaplanmıştır.

7) “F(z)” ifadesi: Topraktan suya ısı geçiş mekanizmasını çözmek için uygulanması gereken uzun integral işlemleri yerine “ z ” ifadesinin bazı farklı aralıktaki değerlerine bağlı olarak farklı F(z) formülleri tanımlanmıştır. Bu formüller aşağıda “ z ” değerinin farklı aralıklarına göre verilmiştir.

$$0,01 \leq z \leq 1 \text{ için } F(z) = 5,8555 \cdot z^{-0,3927} \quad (3.18)$$

$$1 \leq z \leq 100 \text{ için } F(z) = 5,8339 \cdot z^{-0,2261} \quad (3.19)$$

$$100 \leq z \leq 1000 \text{ için } F(z) = 4,1001 \cdot z^{-0,1392} \quad (3.20)$$

$$1000 \leq z \leq 25000 \text{ için } F(z) = 3,2006 \cdot z^{-0,1035} \quad (3.21)$$

Her saat için hesaplanmış olan “z” değerlerinin bulunduğu aralıklara uygun denklemin kullanılmasıyla her saat için F(z) değerleri hesaplanmıştır.

Sezonun ilk saati için “F(z)” değeri, bölüm (6.2.3)'de hesaplanmıştır.

8) Topraktan suya aktarılan ısı miktarı (Q_t) : Toprak ısı değiştiricisi tasarımına bağlı olarak topraktan suya aktarılan ısı miktarları denklem (3.15) kullanılarak sezonun her saati için hesaplanmıştır.

$$Q_t = n \cdot m \cdot c_p \cdot (T_{top} - T_{s1}) \cdot \left[1 - e^{-\frac{k \cdot F(z) \cdot L}{m \cdot c_p}} \right] \quad (3.15)$$

Sezonun ilk saati için topraktan çekilen ısı miktarı bölüm (6.2.3)'de hesaplanmıştır.

9) Yatay düzleme gelen güneş ışınım miktarı (Q_y) : Hesapların yapıldığı zaman dilimi olan 15 Ekim 2004 ile 15 Nisan 2005 tarihleri arasındaki her günün her saati için yatay düzleme gelen birim alan güneş ışınımı değerleri Ek 2'den alınmıştır.

10) Güneşten elde edilen toplam faydalı ısı miktarı (Q_{ft}) : Güneşten elde edilen toplam faydalı ısı yani bütün güneş toplaçları vasıtasıyla toplanıp güneş toplacında dolaşan suya aktarılan ısı miktarı denklem (6.9) kullanılarak her saat için hesaplanmıştır.

$$Q_{ft} = Q_y \cdot R \cdot \eta_k \cdot \eta_m \cdot \eta_e \cdot A_{kt} \quad (6.9)$$

15.10.2004 tarihinin 12. saati için güneşten elde edilen toplam faydalı ısı bölüm (6.2.4)'de hesaplanmıştır.

11) Isıl depo enerji miktarı (Q_d): Isıl enerji deposu güneş enerjisiyle beslenmekte ve depolanan enerji ihtiyaç olduğu zaman kullanılmaktadır. Isıtma sezonunun en başında depoda hiç enerji olmadığı ancak deponun devamlı faz değişim sıcaklığında olduğu kabulleri yapılarak duyulur ısı değişimleri ihmal edilmiştir. Bu kabullerle depoda depolanmış halde bulunan enerji miktarının, aşağıda anlatılacak olan esasa göre değiştiği kabulü yapılmıştır.

Buharlaştırıcı ısı ihtiyacı, topraktan alınan ısı miktarı ve güneş toplaç toplam faydalı ısı miktarı, daha önceki sütunlarda her saat için hesaplanmıştır. Sezonun herhangi bir saati için, eğer güneş toplaç toplam faydalı ısı, buharlaştırıcı ısı ihtiyacından büyükse, deponun o saatteki toplam enerjisi, bir önceki saatteki enerjisine, güneş toplaç toplam faydalı ısı ile buharlaştırıcı ısı ihtiyacı arasındaki fark eklenerek bulunur.

$$Q_{d(t+1)} = Q_{d(t)} + Q_{ft(t+1)} - Q_{bi(t+1)} \quad (6.80)$$

Bu ifadeye göre, toplam faydalı ısının buharlaştırıcı ısı ihtiyacından fazla olduğu saatlerde, faydalı ısının buharlaştırıcı ısı ihtiyacı için kullanılan kısmından arta kalan kısım depoyu beslemek için kullanılmaktadır.

Eğer sezonun herhangi bir saati için toplam faydalı ısı, buharlaştırıcı ısı ihtiyacından küçükse iki durum karşımıza çıkmaktadır. Birinci durum, o saatte topraktan alınan ısının, buharlaştırıcı ısı ihtiyacından küçük olma durumudur. Bu durumda deponun o saatteki toplam enerjisi,

$$Q_{d(t+1)} = Q_{d(t)} + Q_{ft(t+1)} + Q_{t(t+1)} - Q_{bi(t+1)} \quad (6.81)$$

ifadesiyle bulunur. Bu ifadeye göre, toplam faydalı ısının buharlaştırıcı ısı ihtiyacından düşük olduğu saatlerde topraktan alınan ısı miktarı da buharlaştırıcı ısı ihtiyacından düşükse, deponun enerjisi, topraktan alınan ısı ile güneşten gelen faydalı ısının toplamıyla buharlaştırıcı ısı ihtiyacı arasındaki fark kadar ya artacak ya da azalacaktır.

İkinci durum ise, o saatte topraktan alınan ısının, buharlaştırıcı ısı ihtiyacından büyük olma durumudur. Bu durumda deponun o saatteki toplam enerjisi ise,

$$Q_{d(t+1)} = Q_{d(t)} + Q_{ft(t+1)} \quad (6.82)$$

ifadesiyle bulunur. Bu ifadeye göre de, toplam faydalı ısının buharlaştırıcı ısı ihtiyacından düşük olduğu saatlerde topraktan alınan ısı buharlaştırıcı ısı ihtiyacından büyükse, faydalı ısının tamamı depoyu beslemek için kullanılmaktadır.

Bu kabullerle, 6 aylık süre için ısı depoda depolanmış halde bulunan enerjinin saatlik değerleri hesaplanmıştır. Bu depolanmış enerjinin zamana bağlı değişim eğrisi Şekil 6.8'de görülmektedir.

12) Güneş toplacından buharlaştırıcıya aktarılan ısı miktarı (Q_{kb}) : Güneş toplaç faydalı ısıısının buharlaştırıcı ısı ihtiyacından fazla olduğu saatlerde, güneş toplacından buharlaştırıcıya buharlaştırıcının ihtiyacı kadar ısı aktarılmaktadır.

$$Q_{kb} = Q_{bi} \quad (6.83)$$

Güneş toplaç faydalı ısıısının buharlaştırıcı ısı ihtiyacından düşük olduğu saatlerde ise, topraktan alınan ısı buharlaştırıcı ısı ihtiyacını karşılayabiliyorsa güneş toplacından buharlaştırıcıya ısı geçişi yoktur.

$$Q_{kb} = 0 \quad (6.84)$$

Topraktan alınan ısı da buharlaştırıcı ısı ihtiyacından düşükse iki durum söz konusudur. Birinci durum, topraktan alınan ısı ile güneş toplaç faydalı ısı toplamının buharlaştırıcı ısı ihtiyacından büyük olma durumudur. Bu durumda, topraktan alınan ısının buharlaştırıcı ısı

ihtiyacını karşılayamadığı miktar kadar güneş toplacından buharlaştırıcıya ısı geçişi olmaktadır.

$$Q_{kb} = Q_{ft} + Q_t - Q_{bi} \quad (6.85)$$

İkinci durum ise, topraktan alınan ısı ile güneş toplaç faydalı ısı toplamının buharlaştırıcı ısı ihtiyacından küçük olma durumudur. Bu durumda, güneş toplaç faydalı ısısının tamamı buharlaştırıcıya aktarılmaktadır.

$$Q_{kb} = Q_{ft} \quad (6.86)$$

Bu kabullere dayanılarak güneş toplacından buharlaştırıcıya aktarılan ısı miktarı her saat için hesaplanmıştır.

13) Güneş toplacından buharlaştırıcıya giden su debisi (m_{kb}) : Güneş toplacından buharlaştırıcıya giden su debisi denklem (6.11) kullanılarak her saat için hesaplanmıştır.

$$Q_{kb} = m_{kb} \cdot c_p \cdot \Delta T \Rightarrow m_{kb} = \frac{Q_{kb}}{c_p \cdot \Delta T} \quad (6.11)$$

Güneş toplacından buharlaştırıcıya giden su debisi, bölüm (6.2.6)'da 15.10.2004 tarihinin 12. saati için hesaplanmıştır.

14) Güneş toplacından depoya aktarılan ısı miktarı (Q_{kd}) : Güneş toplaç faydalı ısısının buharlaştırıcı ısı ihtiyacından fazla olduğu saatlerde depoya, ikisi arasındaki fark kadar ısı aktarılmaktadır.

$$Q_{kd} = Q_{ft} - Q_{bi} \quad (6.87)$$

Güneş toplaç faydalı ısısının buharlaştırıcı ısı ihtiyacından düşük olduğu saatlerde ise, iki durum söz konusudur. Birinci durum, topraktan alınan ısının da buharlaştırıcı ısı ihtiyacından düşük olduğu durumdur. Bu durumda topraktan alınan ısı ile güneş toplaç faydalı ısı toplamı buharlaştırıcı ısı ihtiyacından büyükse, bu toplamdan buharlaştırıcı ısı ihtiyacı karşılandıktan sonra geri kalan kısım depolanmaktadır.

$$Q_{kd} = Q_{ft} + Q_t - Q_{bi} \quad (6.88)$$

Eğer topraktan alınan ısı ile güneş toplaç faydalı ısı toplamı buharlaştırıcı ısı ihtiyacından küçükse, güneş toplacından depoya ısı geçişi olmamaktadır.

$$Q_{kd} = 0 \quad (6.89)$$

İkinci durum ise, topraktan alınan ısının buharlaştırıcı ısı ihtiyacından büyük olduğu durumdur. Bu durumda da faydalı ısının tamamı depolanmaktadır.

$$Q_{kd} = Q_{ft} \quad (6.90)$$

Güneş toplacından depoya aktarılan ısı miktarları yukarıdaki kabullere dayanılarak her saat için hesaplanmıştır.

15) Güneş toplacından depoya giden su debisi (m_{kd}) : Güneş toplacından depoya giden su debisi denklem (6.12) kullanılarak her saat için hesaplanmıştır.

$$Q_{kd} = m_{kd} \cdot c_p \cdot \Delta T \Rightarrow m_{kd} = \frac{Q_{kd}}{c_p \cdot \Delta T} \quad (6.12)$$

Güneş toplacından depoya giden su debisi bölüm (6.2.6)'da, 15.10.2004 tarihinin 12. saati için hesaplanmıştır.

16) Topraktan buharlaştırıcıya aktarılan ısı miktarı (Q_{tb}) : Güneş toplaç faydalı ısısının, buharlaştırıcı ısı ihtiyacından düşük olduğu saatlerde iki durum söz konusudur. Birinci durum topraktan alınan ısının buharlaştırıcı ısı ihtiyacından büyük olma durumudur. Bu durumda, topraktan buharlaştırıcıya, ihtiyacı kadar ısı aktarılmaktadır.

$$Q_{tb} = Q_{bi} \quad (6.91)$$

İkinci durum ise, topraktan alınan ısı miktarının buharlaştırıcı ısı ihtiyacından küçük olma durumudur. Bu durumda topraktan alınan ısının tamamı buharlaştırıcıya aktarılır.

$$Q_{tb} = Q_t \quad (6.92)$$

Topraktan buharlaştırıcıya aktarılan ısı miktarları yukarıdaki kabullere dayanılarak her saat için hesaplanmıştır.

17) Depodan buharlaştırıcıya aktarılan ısı miktarı (Q_{db}) : Güneş toplaç faydalı ısısının buharlaştırıcı ısı ihtiyacından küçük olduğu saatlerde, topraktan alınan ısı da buharlaştırıcı ısı ihtiyacından küçükse iki durum söz konusudur. Birinci durum; topraktan alınan ısı ile güneş toplaç faydalı ısı toplamının buharlaştırıcı ısı ihtiyacından büyük olma durumudur. Bu durumda depodan buharlaştırıcıya ısı aktarımı olmaz.

$$Q_{db} = 0 \quad (6.93)$$

İkinci durum ise topraktan alınan ısı ile güneş toplaç faydalı ısı toplamının buharlaştırıcı ısı ihtiyacından küçük olma durumudur. Bu durumda depodan buharlaştırıcıya, aradaki bu fark kadar ısı geçişi olmaktadır. Ancak depodaki enerji yeterli değilse bu eksiklik ek kompresör işiyle kapatılmaktadır.

$$Q_{db} = Q_{bi} - Q_t - Q_{ft} \quad (6.94)$$

Depodan buharlaştırıcıya aktarılan ısı miktarları yukarıdaki kabullere dayanılarak her saat için hesaplanmıştır.

18) Buharlaştırıcıya aktarılan toplam ısı miktarı (Q_{bg}) : Buharlaştırıcı ısı ihtiyacı; güneş toplaç faydalı ısı, topraktan alınan ısı ve ısıl enerji deposunda depolanmış halde bulunan enerji kullanılarak karşılanmaya çalışılmaktadır. Buharlaştırıcıya bu 3 kaynaktan her saat için farklı miktarlarda ısı geçişi olmaktadır. Bu 3 kaynaktan buharlaştırıcıya aktarılan saatlik ısı miktarları toplanarak buharlaştırıcıya her saat için olan toplam ısı geçişi bulunmuştur.

$$Q_{bg} = Q_{kb} + Q_{tb} + Q_{db} \quad (6.95)$$

19) Isı pompası ile sera arasında dolaşan su debisi (m_{ips}) : Isı pompası ile sera arasında dolaşan su debisi denklem (6.13) kullanılarak her saat için hesaplanmıştır.

$$Q_{ips} = m_{ips} \cdot c_p \cdot \Delta T \Rightarrow m_{ips} = \frac{Q_{ips}}{c_p \cdot \Delta T} \quad (6.13)$$

Isı pompası ile sera arasında dolaşan su debisi, bölüm (6.2.6)'da sezonun ilk saati için hesaplanmıştır.

20) Soğutucu akışkan debisi (m_{sa}) : Soğutucu akışkan debisi denklem (6.14) kullanılarak her saat için hesaplanmıştır.

$$Q_b = m_{sa} \cdot (h_1 - h_4) \Rightarrow m_{sa} = \frac{Q_b}{(h_1 - h_4) \cdot 1000} \quad (6.14)$$

Soğutucu akışkan debisi, bölüm (6.2.6)'da sezonun ilk saati için hesaplanmıştır.

21) Yapılan minimum kompresör işi (W_{k-min}) : Kompresörün yaptığı minimum iş miktarı denklem (6.15) kullanılarak her saat için hesaplanmıştır.

$$W_{k-\min} = m_{sa} \cdot (h_2 - h_1) \quad (6.15)$$

Minimum kompresör işi bölüm (6.2.7)'de 15.03.2005 ve 16.03.2005 tarihlerinin ilk saatleri için hesaplanmıştır.

22) Yapılması gereken ek kompresör işi ($W_{k-ek-gereken}$) : Kompresörün yapması gereken ek iş miktarları denklem (6.16) kullanılarak her saat için hesaplanmıştır.

$$W_{k-ek-gereken} = Q_{bi} - (Q_{bg} - Q_{db}) \quad (6.16)$$

Kompresörün yapması gereken ek iş miktarı bölüm (6.2.7)'de 15.03.2005 ve 16.03.2005 tarihlerinin ilk saatleri için hesaplanmıştır.

23) Harcanan ısı depo enerjisi ($Q_{d-harcanan}$) : Harcanan ısı depo enerjisi daha önce bulunmuş olan, depodan buharlaştırıcıya aktarılan ısı miktarı demektir. Bu değer her saat için tabloda görülmektedir

$$Q_{d-harcanan} = Q_{db} \quad (6.96)$$

24) Yapılan ek kompresör işi ($W_{k-ek-harcanan}$) : Kompresörün yaptığı ek iş miktarları, denklem (6.17) kullanılarak her saat için hesaplanmıştır.

$$W_{k-ek-harcanan} = Q_{bi} - Q_{bg} \quad (6.17)$$

Kompresörün yaptığı ek iş miktarı bölüm (6.2.7)'de 15.03.2005 ve 16.03.2005 tarihlerinin ilk saatleri için hesaplanmıştır.

25) Yapılan kompresör işi ($W_{k-harcanan}$) : Yapılan kompresör işleri denklem (6.18) kullanılarak her saat için hesaplanmıştır.

$$W_{k-harcanan} = W_{k-\min} + W_{k-ek-harcanan} \quad (6.18)$$

Kompresörün yaptığı iş miktarı bölüm (6.2.7)'de 15.03.2005 ve 16.03.2005 tarihlerinin ilk saatleri için hesaplanmıştır.

26) Isı pompası etkinlik katsayısı (COP_{IP}) : Etkinlik katsayısı denklem (6.3) kullanılarak her saat için hesaplanmıştır.

$$COP_{IP} = \frac{Q_s}{W_{k-harcanan}} \quad (6.3)$$

Bölüm (6.2.7)'de, etkinlik katsayısı sezonun ilk saati ve 15.03.2005 tarihinin ilk saati için hesaplanmıştır.

Çizelge 6.4 Yaptığımız çalışmanın özeti niteliğindeki tablo

Q_s (kWsaat)	111321
Q_{bi} (kWsaat)	93078
Q_{kd} (kWsaat)	3866
Q_{d-maks} (kWsaat)	1197
Q_{kb} (kWsaat)	1034
Q_{tb} (kWsaat)	81052
Q_{db}(=Q_{d-harc.-yıl}) (kWsaat)	2983
Q_{bg} (kWsaat)	85069
W_{k-min-yıl} (kWsaat)	18243
W_{k-ek-gereken-yıl} (kWsaat)	10992
W_{k-gereken-yıl} (kWsaat)	29235
Q_{d-harc.-yıl} (=Q_{de}) (kWsaat)	2983
W_{k-ek-harcanan-yıl} (kWsaat)	8009
W_{k-harcanan-yıl} (kWsaat)	26252
DKO	0,27
C_{y-boru} (YTL)	5987
C_{y-boru-hafriyat} (YTL)	12000
C_{y-depo-hafriyat} (YTL)	690
C_{y-FDM} (YTL)	11400
C_{y-depo-sac} (YTL)	1498
C_{y-güneştoplacı} (YTL)	3120
C_{y-ısı pompası} (YTL)	10000
C_{y-sistem} (YTL)	44695
C_{y-kazan} (YTL)	5000
Y_{yıl} (kg/yıl)	11223
Geri Ödeme Süresi (ay)	59

*Çizelge 6.4'deki ifadelerin neyi ifade ettikleri daha önceki bölümlerde açıklanmıştır.

27) Isıl yüke bağlı kazan verimi (η_{ka}) : Kazan verimi değerleri denklem (6.75) kullanılarak her saat için hesaplanmıştır.

$$\eta_{ka}(Q_s) = -2 \cdot 10^{-10} \cdot Q_s^2 + 2 \cdot 10^{-5} \cdot Q_s + 0,5482 \quad (6.75)$$

Bölüm (6.4)'de kazan verimi sezonun ilk saati için hesaplanmıştır.

28) Harcanan saatlik yakıt miktarı (Y) : Kazanın harcayacağı saatlik yakıt miktarları denklem (6.74) kullanılarak her saat için hesaplanmıştır.

$$Y = \frac{Q_s}{\eta_{ka} \cdot B} \quad (6.74)$$

Bölüm (6.4)'de harcanan yakıt miktarı sezonun ilk saati için hesaplanmıştır.

Yukarıda saatlik değerlerinin hesaplanması anlatılan tablodan ve tezimizde yapılan diğer hesaplamalardan yararlanılarak, yapılan çalışmanın özeti niteliğinde bir tablo hazırlanmıştır (Çizelge 6.4).

6.6 Hesaplamaların MATLAB Ortamında Farklı Sistem Tasarımları İçin Yapılması

Sistem bir çok değişkenden oluşmaktadır. Bu değişkenler; toprak ısı değiştiricisi modül sayısı (n), toprak ısı değiştiricisi modül boru boyu (L), toprak ısı değiştiricisi gömme derinliği (x), toprak ısı değiştiricisi modül boru çapı (d_d), güneş toplaç toplam alanı (A_{kt}) ve ısı depo hacmi (V_d) dir. Bunlar içerisinde sadece boru çapı (d_d) sabit alınmıştır. Bu bölümde, farklı sistem tasarımları için sistem toplam yatırım maliyetinin değişimi incelenecektir. Ayrıca ısı enerji deposunun, yapılması gereken ek kompresör işini karşılama yüzdesi hesaplanacaktır. Karşılanamayan kompresör ek iş bedelleri de işletme maliyetine eklenerek, konvansiyonel bir sistemle karşılaştırılmak suretiyle farklı sistemlerin geri ödeme süreleri hesaplanacaktır. Bunun için MATLAB ortamında bir program yazılmıştır. Bu programın ekran görüntüsü Şekil 6.13'de görülmektedir. Bu program çalıştırılarak, farklı sistem tasarımları için sistem yatırım maliyeti (C_{y-sistem}), sisteme verilmesi gereken yıllık ek kompresör iş miktarı (W_{k-ek-gereken-yıl}), ısı enerji deposunda depolanan maksimum enerji miktarı (Q_{d-maks}), ısı enerji deposunun harcadığı yıllık enerji miktarı (Q_{d-harcanan-yıl}), sisteme verilen yıllık ek kompresör işi miktarı (W_{k-ek-harcanan-yıl}), ısı enerji deposunun, sisteme verilmesi gereken yıllık ek kompresör işini karşılama oranı (DKO) ve sistem geri ödeme süresi (AES) hesaplanmıştır. Sonuçlar Ek 4'de tablolar halinde verilmiştir.

Bu tablolardaki bazı ifadeler, gerek tablolara sığmadıklarından dolayı gerekse kolaylık sağlaması açısından daha önce ifade ediliş biçimlerinden farklı şekillerde ifade edilmişlerdir.

```

Editor - C:\MATLAB7\work\Maliyet.m
File Edit Text Cell Tools Debug Desktop Window Help
1 - QF=xlsread('DATA.xls','GUNES');
2 - QS=xlsread('DATA.xls','SERA');
3 - fid = fopen('Malzeme.txt','W');
4 - exel = fopen('MalzemeExel.txt','W');
5 - DD = [.020 .025 .032 .040 .050 .063 .075];
6 - DI = [.0132 .0166 .0212 .0266 .0332 .0420 .0500];
7 - FD = [1.36 2.3 4 6.3 10 16 23.5];
8 - GR = ['b' 'g' 'r' 'm' 'k' 'y' 'c'];
9 - hold on;
10 - for i = 1:1000
11 -     DH(i) = 0;
12 -     FTop(i) = 0;
13 - end
14 - cnt = 0;
15 - for L = 100;
16 -     for n = 20;
17 -         for h = 200;
18 -             for A = 25;
19 -                 for i = 1;
20 -                     for Vd = 30;
21 -                         cnt = cnt+1;
22 -                         dd = DD(i);
23 -                         di = DI(i);
24 -                         DMax = 143640*Vd;
25 -                         u = 0.5;
26 -                         D = 0;
27 -                         for x = 1:4392;
28 -                             Z(x) = 0.00245*x/(dd/2)^2;
29 -                             if Z(x) > 1000
30 -                                 FZ(x) = 3.2006*Z(x)^-0.1035;
31 -                             elseif Z(x) > 100
32 -                                 FZ(x) = 4.1001*Z(x)^-0.1392;
33 -                             elseif Z(x) > 1
34 -                                 FZ(x) = 5.8339*Z(x)^-0.2261;
35 -                             else
36 -                                 FZ(x) = 5.8555*Z(x)^-0.3927;
37 -                             end
38 -                         end
39 -                         for x = 1:4392;
40 -                             t(x) = ceil(82+x/24);
41 -                         end
42 -                         for x = 1:4392;
43 -                             QE(x) = QS(x)/1.196;
44 -                         end
45 -                         for x = 1:4392;
46 -                             QT(x) = n*5906340*di^2*((15.85+10.4*exp(-0.00382*h)
47 -                                 *cos(0.0172*t(x)-0.00382*h))-3)*(1-exp((-1.06*10^(-6)*FZ(x)*L)/di^2));
48 -                             QG(x) = A * QF(x);
49 -                             if QG(x) > QE(x)
50 -                                 D = D + QG(x) - QE(x);
51 -                             elseif QT(x) > QE(x)
52 -                                 D = D + QG(x);
53 -                             else
54 -                                 Diff = QG(x) - QE(x) + QT(x);
55 -                                 D = D + Diff;
56 -                                 if Diff < 0 & D > 0

```

```

57 -         DH(cnt) = DH(cnt) - Diff;
58 -     end
59 -     if QE(x) > QG(x) + QT(x)
60 -         FTop(cnt) = FTop(cnt) + QE(x) - QT(x) - QG(x);
61 -     end
62 - end
63 - if D > DMax;
64 -     D = DMax;
65 - elseif D < 0
66 -     D = 0;
67 - end
68 - QD(x) = D;
69 - end
70 - Cyb = 1.35 * FD(i) * n * L;
71 - Cybk = 1.35 * FD(i+4) * (0.02*h + 3*n + L + 7.5);
72 - Cybh = 0.03 * n * h * L;
73 - Cyd = 142 + 448*Vd;
74 - Cyk = 240 * ceil(A / 2);
75 - Cyip = 10000;
76 - Ctop = Cyb + Cybk + Cybh + Cyd + Cyk + Cyip;
77 - SistemYatirimMal = Ctop;
78 - KazanYatirimMal = 5000;
79 - for v = 1:120;
80 -     KompresorIsletmeMal(v) = 0.158*((18243+(FTop(cnt)-DH(cnt))/3600)/12)
81 -     *(1.0125^v-1)/1.0125^v/0.0125;
82 -     YakitMal(v) = 1.4*935*(1.0125^v-1)/1.0125^v/0.0125;
83 -     SistemTopMal(v) = SistemYatirimMal + KompresorIsletmeMal(v);
84 -     KazanTopMal(v) = KazanYatirimMal + YakitMal(v);
85 - end
86 - v = 1;
87 - while (KazanTopMal(v) < SistemTopMal(v) & v < 120)
88 -     v = v + 1;
89 - end
90 - AmortiSuresi = v;
91 - plot(SistemTopMal, GR(mod(cnt,7)+1));
92 - plot(KazanTopMal);
93 - fprintf(exel, '%8.0f\t%4.0f\t%4.0f\t%4.0f\t%8.0f\t%2.1f\t%d\n',
94 -     Ctop, FTop(cnt)/3600, max(QD)/3600, DH(cnt)/3600,
95 -     (FTop(cnt)-DH(cnt))/3600, DH(cnt)*100/FTop(cnt), AmortiSuresi);
96 - plot((QD/3600), GR(mod(cnt,7)+1));
97 - end
98 - end
99 - end
100 - end
101 - end
102 - end
103 - fclose(exel);

```

Şekil 6.13 MATLAB ortamında geliştirilen programın ekran görüntüsü

Bu tablolardaki tüm ifadeler aşağıda açıklanmıştır.

L : Toprak ısı değiştiricisi modül boru boyu (m)

n : Toprak ısı değiştiricisi modül sayısı

x	: Toprak ısı değiştiricisi gömme derinliği (cm)
A(A _{kt})	: Güneş toplaç toplam alanı (m ²)
V(V _d)	: Isıl enerji depo hacmi (m ³)
YM(C _{y-sistem})	: Sistem yatırım maliyeti (YTL)
Kİ(W _{k-ek-gereken-yıl})	: Sisteme verilmesi gereken yıllık ek kompresör işi miktarı (kWsaat)
DM(Q _{d-maks})	: Isıl enerji deposunda depolanan maksimum enerji miktarı (kWsaat)
DH(Q _{d-harcanan-yıl})	: Isıl enerji deposunun harcadığı yıllık enerji miktarı (kWsaat)
KH(W _{k-ek-harcanan-yıl})	: Sisteme verilen yıllık ek kompresör işi miktarı (kWsaat)
DKO	: Isıl enerji deposunun yıllık ek kompresör işini karşılama oranı (%)
AES	: Sistem geri ödeme süresi (ay)

Ek 4'deki tabloların hazırlanışını örnek bir tabloyla açıklayalım. Bunun için Ek 4'deki ilk tabloyu ele alalım. Bu tablo Çizelge 6.5'de görülmektedir. Bu tablo bize, toprak ısı değiştiricisi modül boru boyu $L = 100$ m, modül sayısı $n = 21$, gömme derinliği $x = 100$ cm ve ısıl enerji depo hacmi $V = 10$ m³ olan bir sistem için farklı güneş toplaç yüzey alanlarına (A) bağlı olarak bulunan sonuçları göstermektedir. Çizelge 6.5'e göre örneğin güneş toplaç alanı $A = 25$ m² için sistem yatırım maliyeti $YM = 30226$ YTL, sisteme verilmesi gereken yıllık ek kompresör işi miktarı $Kİ = 19916$ kWsaat, ısıl enerji deposunda depolanan maksimum enerji miktarı $DM = 399$ kWsaat, ısıl enerji deposundan kullanılan yıllık enerji miktarı $DH = 2034$ kWsaat, sisteme verilen yıllık ek kompresör işi miktarı $KH = 17881$ kWsaat, ısıl enerji deposunun yıllık ek kompresör işini karşılama oranı $DKO = 0,102$ ve sistem geri ödeme süresi $AES = 39$ ay'dır. Ek 4'de görülen tüm tablolar bu şekilde hazırlanmıştır.

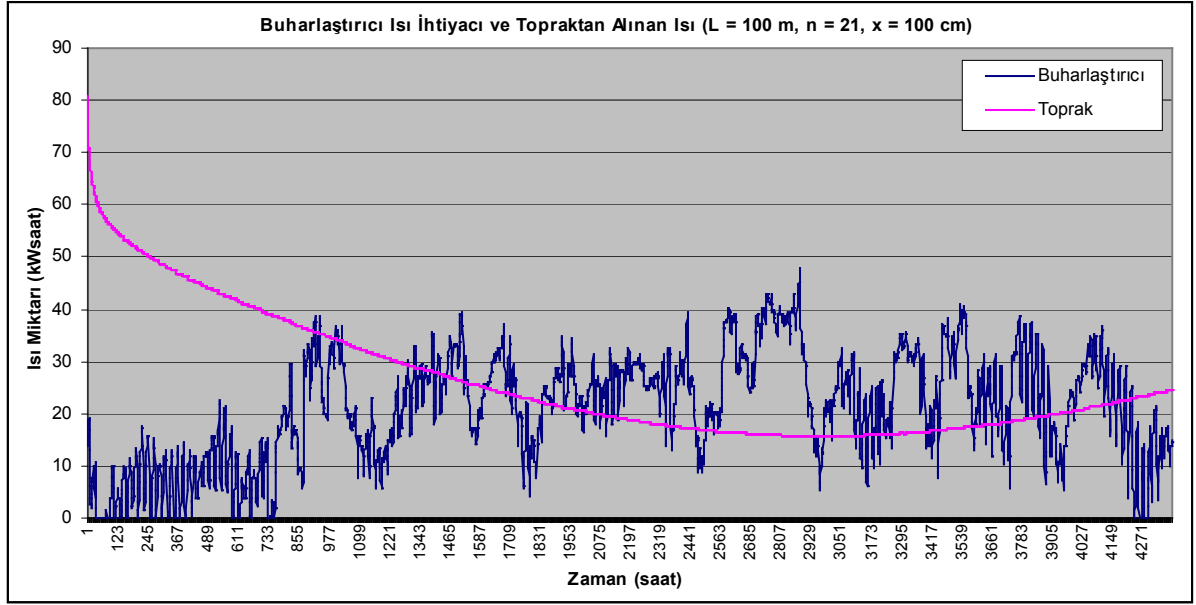
Çizelge 6.5 Farklı güneş toplaç alanları için sisteme ait sonuçları gösteren tablo ($L = 100$ m, $n = 21$, $x = 100$ cm, $V = 10$ m³)

L = 100 m. n = 21. x = 100 cm							
A(m2)	V = 10 m3						
	YM	K i	DM	DH	KH	DKO	AES
5	27826	20921	234	517	20405	2.5	36
10	28306	20642	399	984	19657	4.8	36
15	29026	20378	399	1331	19047	6.5	37
20	29506	20135	399	1639	18496	8.1	38
25	30226	19916	399	2034	17881	10.2	39
30	30706	19717	399	2371	17346	12	39
35	31426	19535	399	2712	16824	13.9	40
40	31906	19367	399	3006	16361	15.5	41
45	32626	19211	399	3222	15990	16.8	42
50	33106	19066	399	3370	15696	17.7	43

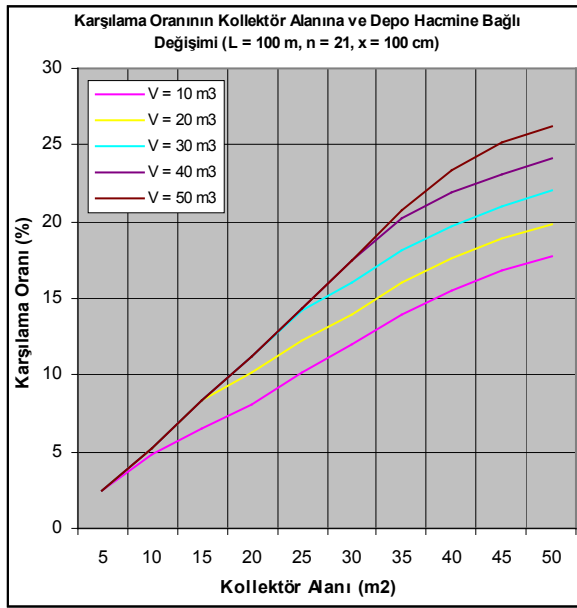
Bu çalışmayı yapmamızın asıl amacı böyle bir sistemde ısı enerji deposu kullanmanın sistemin aşırı elektrik yüklerini karşılamada ne ölçüde fayda sağlayabileceğini görmektir. Bunun için, bulunan sonuçlar içerisinde farklı sistem tasarımlarına bağlı olarak ısı enerji deposunun ek kompresör işini karşılama oranlarının değişim eğrilerini çizelim. Bunu, bazı sistem değişkenlerini sabit tutarken bazılarını değiştirerek yapabiliriz. Bu değişkenler içerisinde toprak ısı değiştiricisi modül boru boyu (L), modül sayısı (n) ve gömme derinliği (x) nin üçünün birden sabit tutulduğu sistemler için buharlaştırıcı saatlik ısı ihtiyacı ile topraktan saatlik olarak alınan ısı miktarlarının zamana bağlı değişim eğrilerini aynı şekil üzerinde gösterebiliriz. Buna bağlı olarak çizilen depo karşılama oranı eğrilerini bu eğrilerle birlikte incelemek yorumlanmalarını kolaylaştıracaktır.

Başlangıç olarak modül boru boyu $L = 100$ m, modül sayısı $n = 21$ ve gömme derinliği $x = 100$ cm olan sistemi ele alalım. Bu sistem için buharlaştırıcı saatlik ısı ihtiyacı ve topraktan saatlik olarak alınan ısı miktarı eğrileri Şekil 6.14'de görülmektedir.

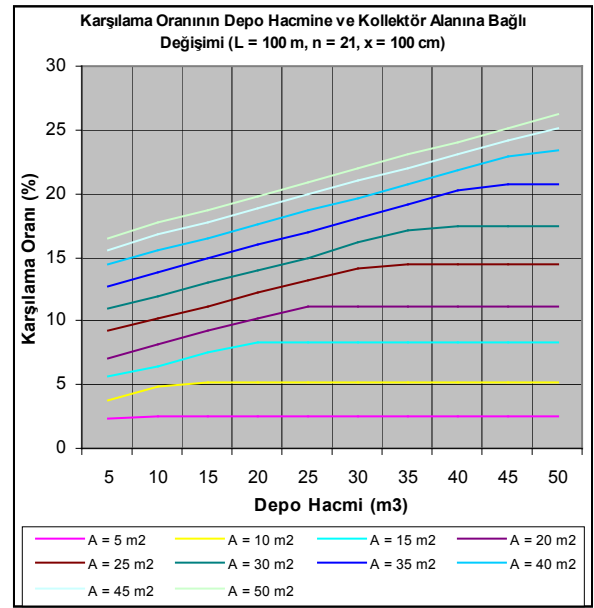
Şekil 6.14'de buharlaştırıcı ısı ihtiyacı ile topraktan alınan ısı miktarının zamana bağlı değişim eğrileri görülen sistem için ısı enerji deposunun yapılması gereken ek kompresör işini karşılama oranları Şekil 6.15'de görülmektedir.



Şekil 6.14 Buharlaştırıcı ısı ihtiyacı ve topraktan alınan ısı miktarının zamana bağlı değişimi (L = 100 m, n = 21, x = 100 cm)



(a)

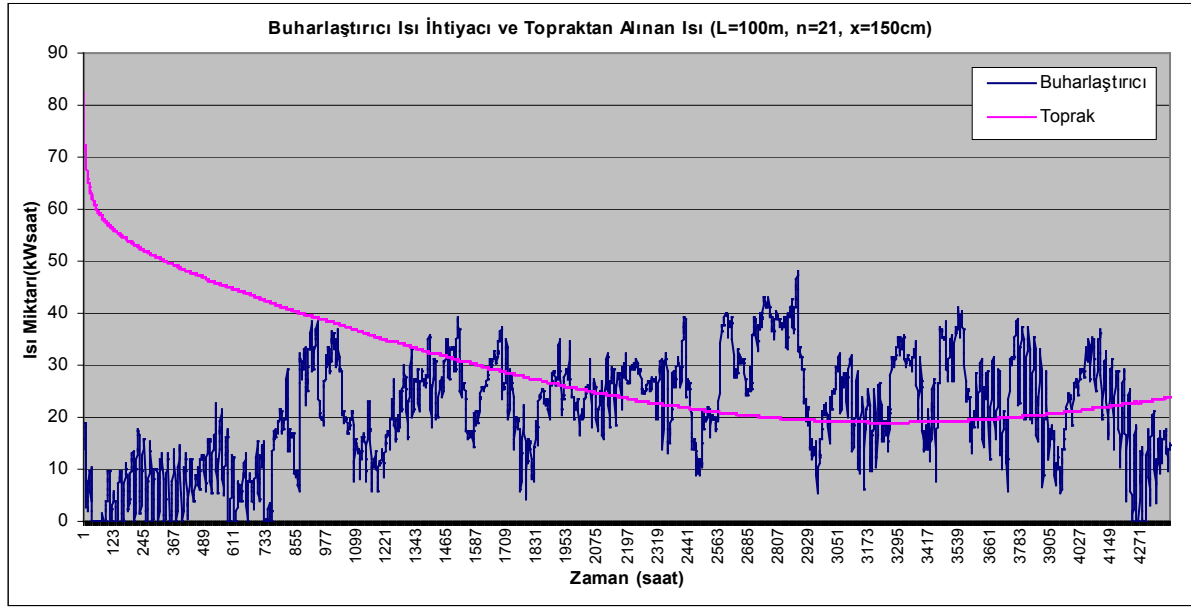


(b)

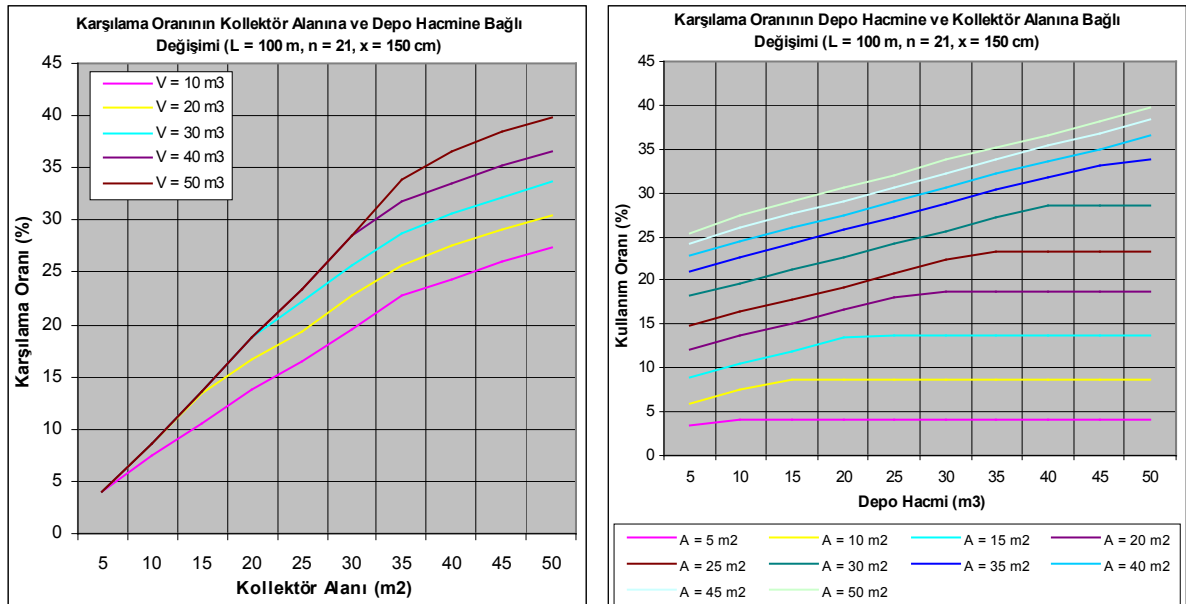
Şekil 6.15 Karşılama oranının güneş toplaç alanı ve depo hacmine bağlı değişimi (L = 100 m, n = 21, x = 100 cm)

Yukarıda sözü edilen eğriler, aşağıdaki şekillerde aynı modül boru boyu (L), aynı modül

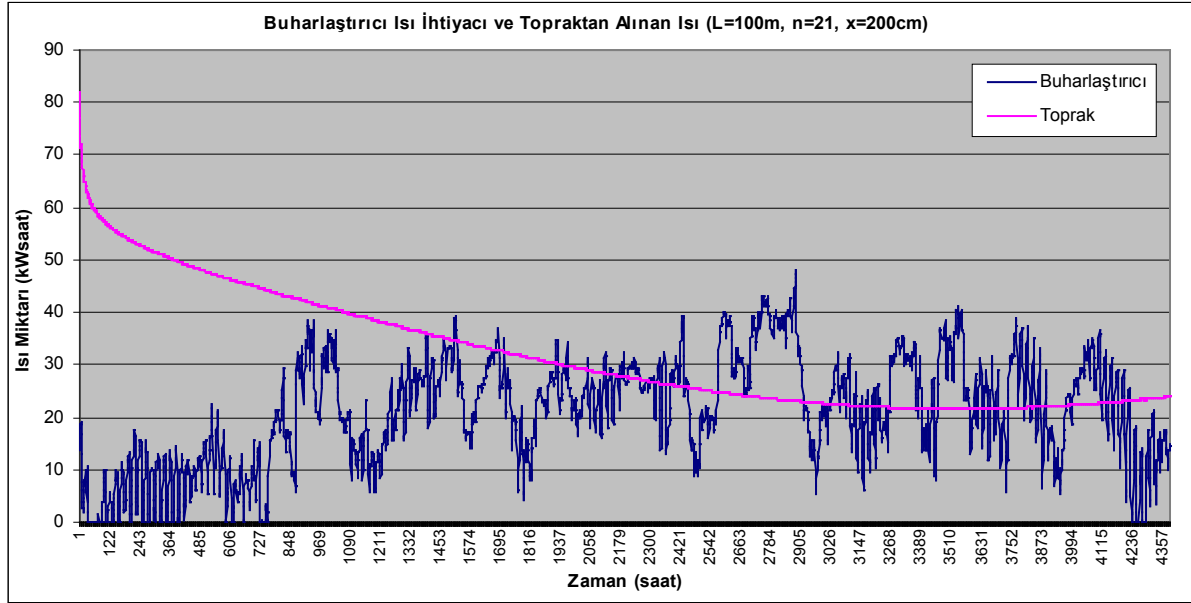
sayısı (n) ve farklı gömme derinlikleri (x) için çizilmiştir.



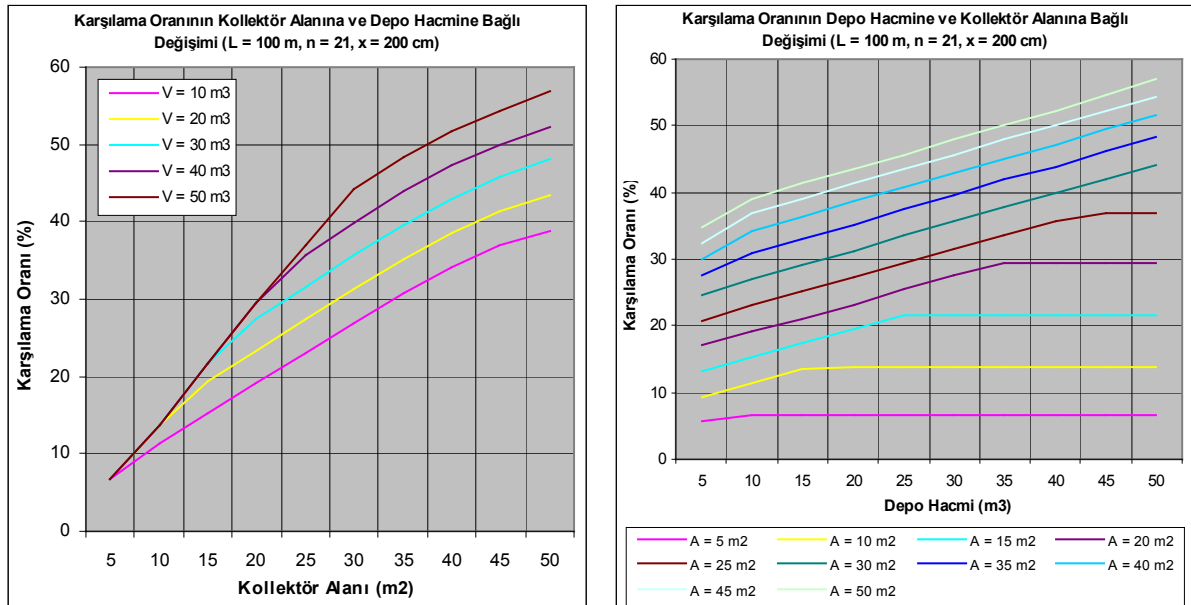
Şekil 6.16 Buharlaştırıcı ısı ihtiyacı ve topraktan alınan ısı miktarının zamana bağlı değişimi (L = 100 m, n = 21, x = 150 cm)



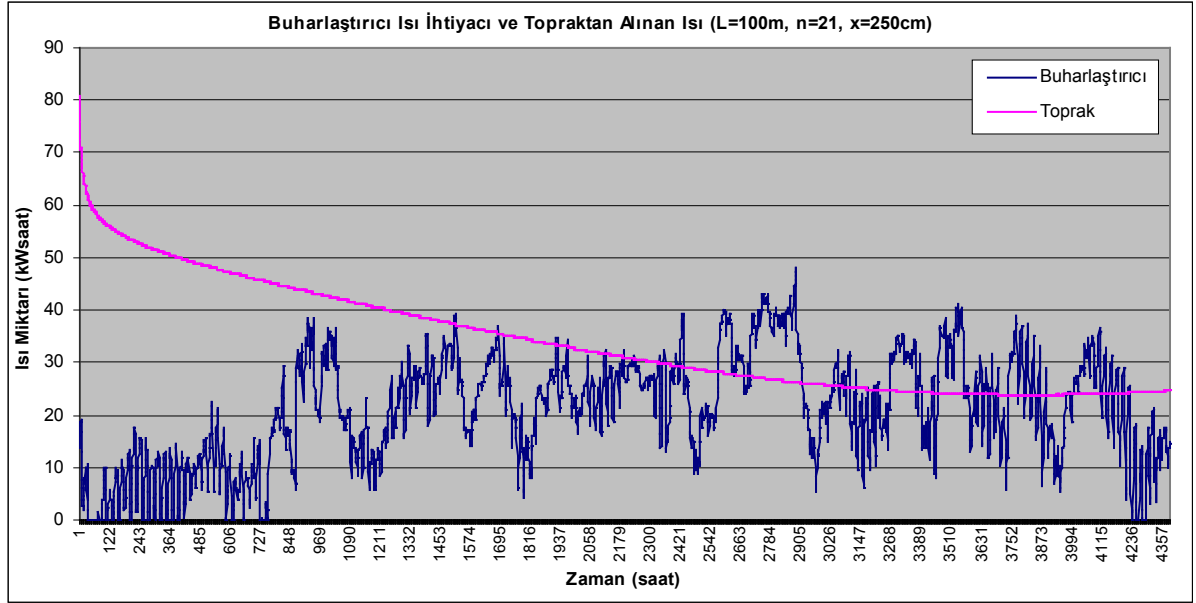
Şekil 6.17 Karşılama oranının güneş toplaç alanı ve depo hacmine bağlı değişimi (L = 100 m, n = 21, x = 150 cm)



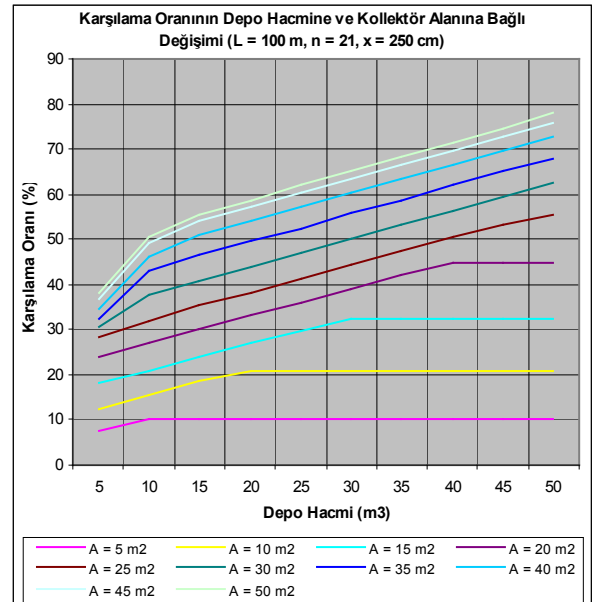
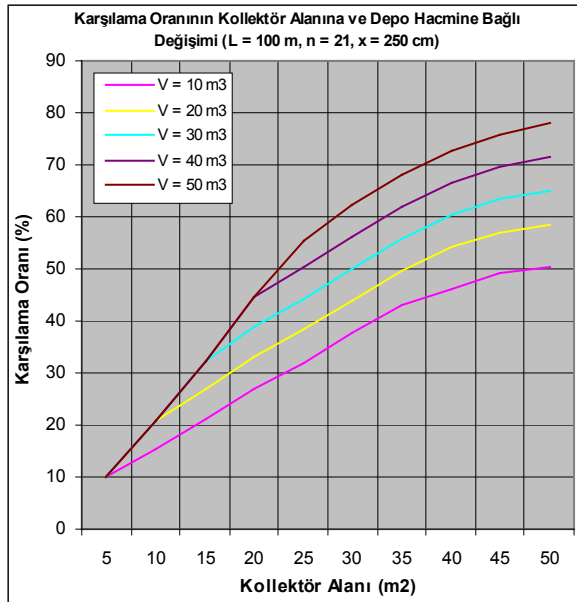
Şekil 6.18 Buharlaştırıcı ısı ihtiyacı ve topraktan alınan ısı miktarının zamana bağlı değişimi
(L = 100 m, n = 21, x = 200 cm)



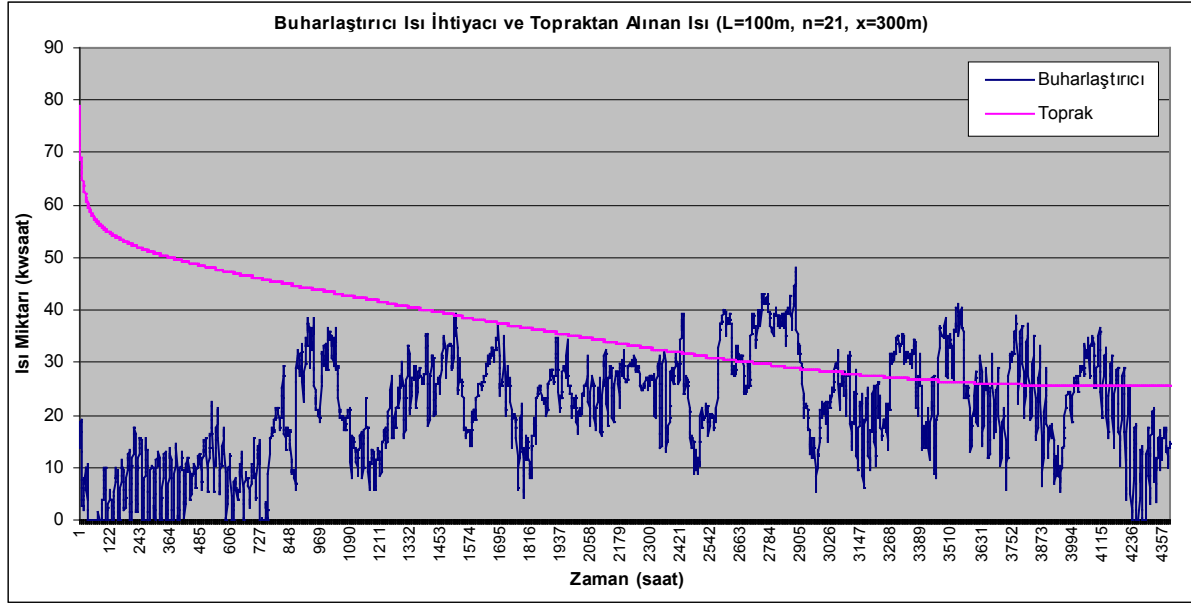
Şekil 6.19 Karşılama oranının güneş toplaç alanı ve depo hacmine bağlı değişimi
(L = 100 m, n = 21, x = 200 cm)



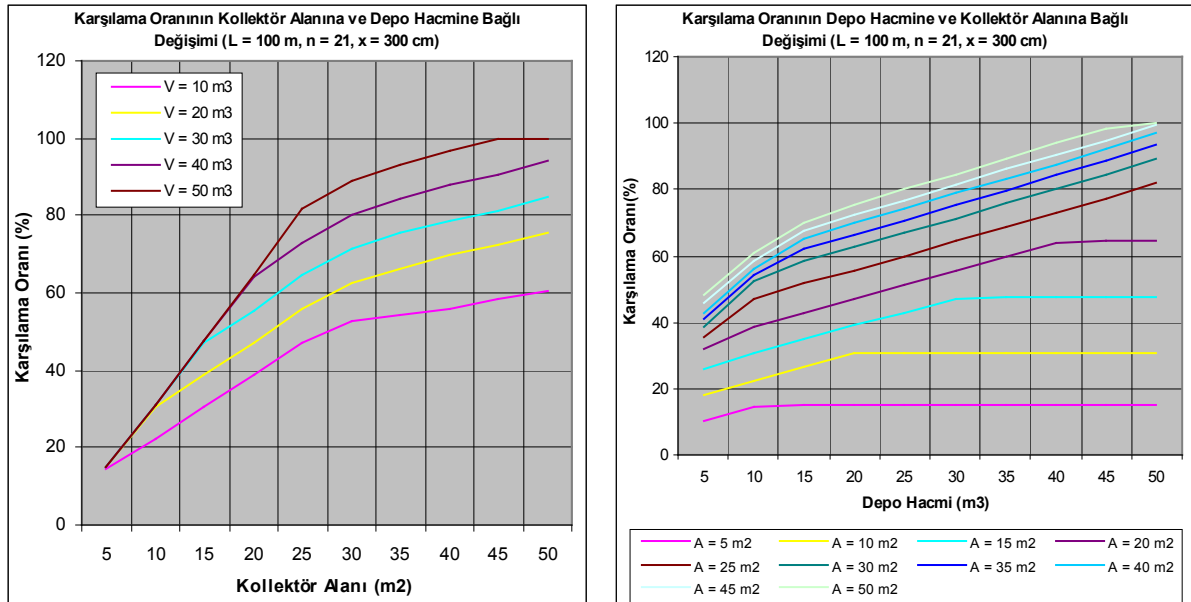
Şekil 6.20 Buharlaştırıcı ısı ihtiyacı ve topraktan alınan ısı miktarının zamana bağlı değişimi
($L = 100 \text{ m}$, $n = 21$, $x = 250 \text{ cm}$)



Şekil 6.21 Karşılama oranının güneş toplaç alanı ve depo hacmine bağlı değişimi
($L = 100 \text{ m}$, $n = 21$, $x = 250 \text{ cm}$)

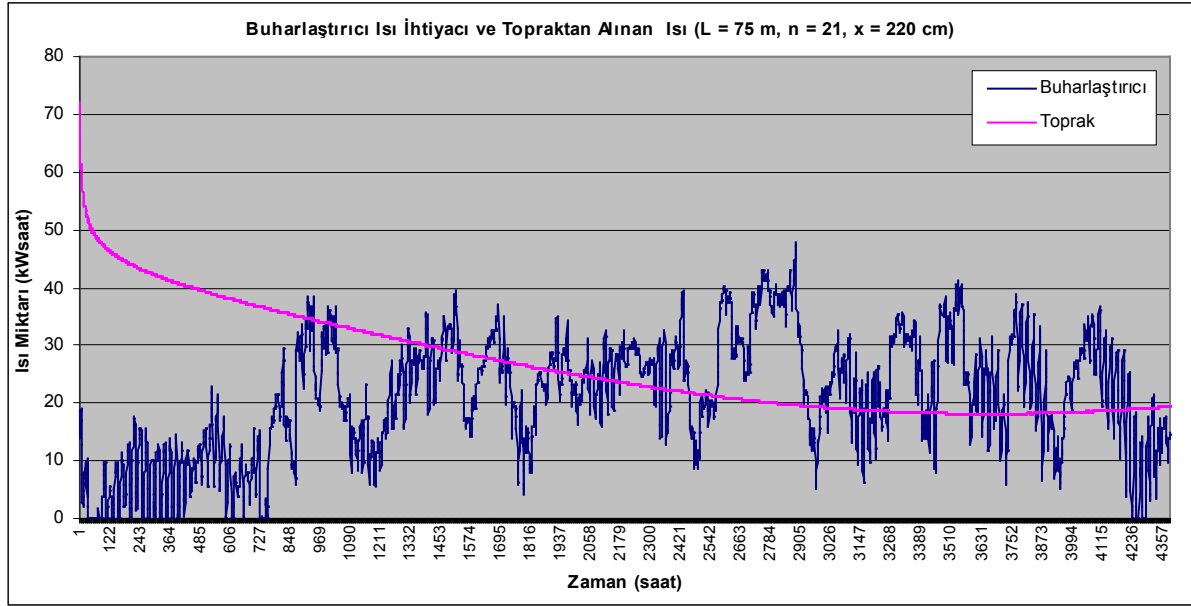


Şekil 6.22 Buharlaştırıcı ısı ihtiyacı ve topraktan alınan ısı miktarının zamana bağlı değişimi
($L = 100 \text{ m}$, $n = 21$, $x = 300 \text{ cm}$)

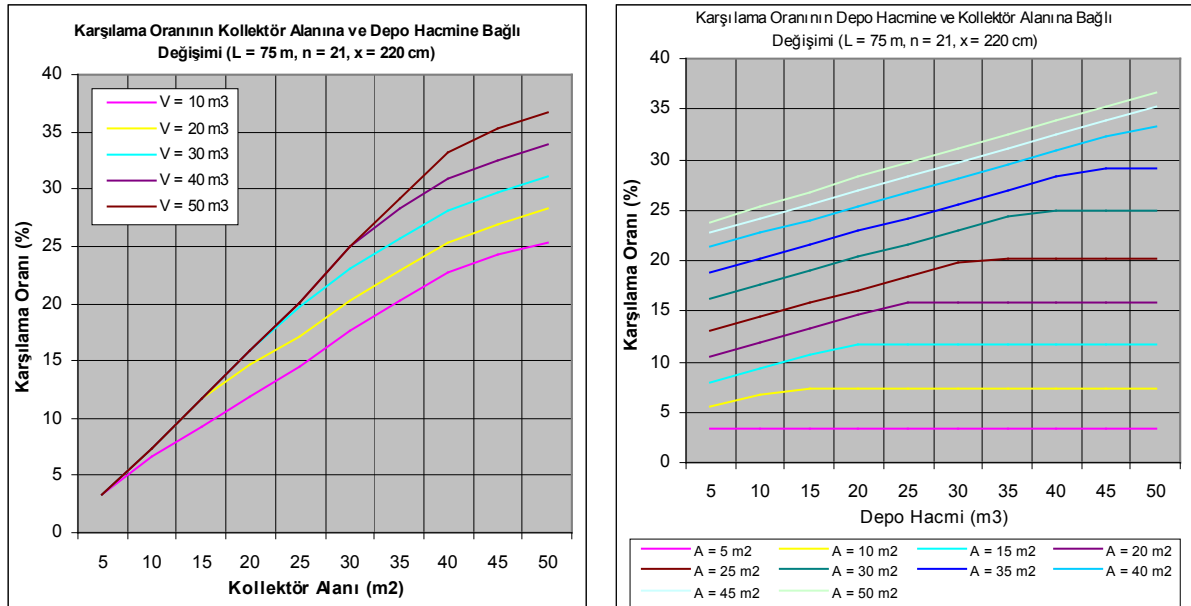


Şekil 6.23 Karşılama oranının güneş toplaç alanı ve depo hacmine bağlı değişimi
($L = 100 \text{ m}$, $n = 21$, $x = 300 \text{ cm}$)

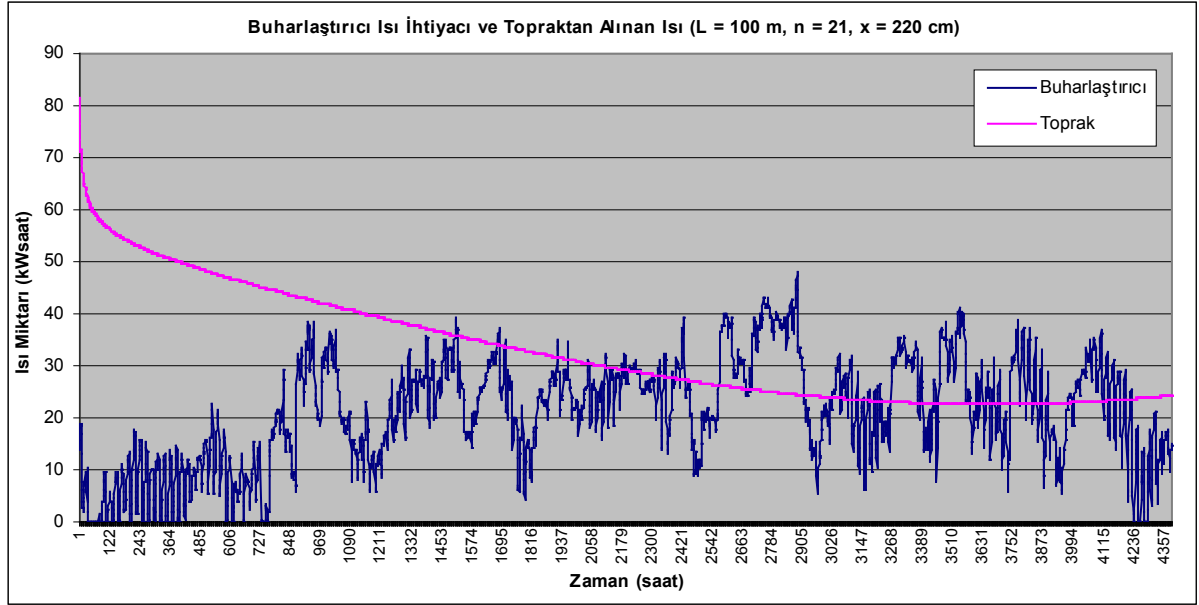
Şimdi de aynı eğrileri modül sayısı (n) ve gömme derinliğini (x) sabit tutarak farklı modül boru boyları (L) için çizelim.



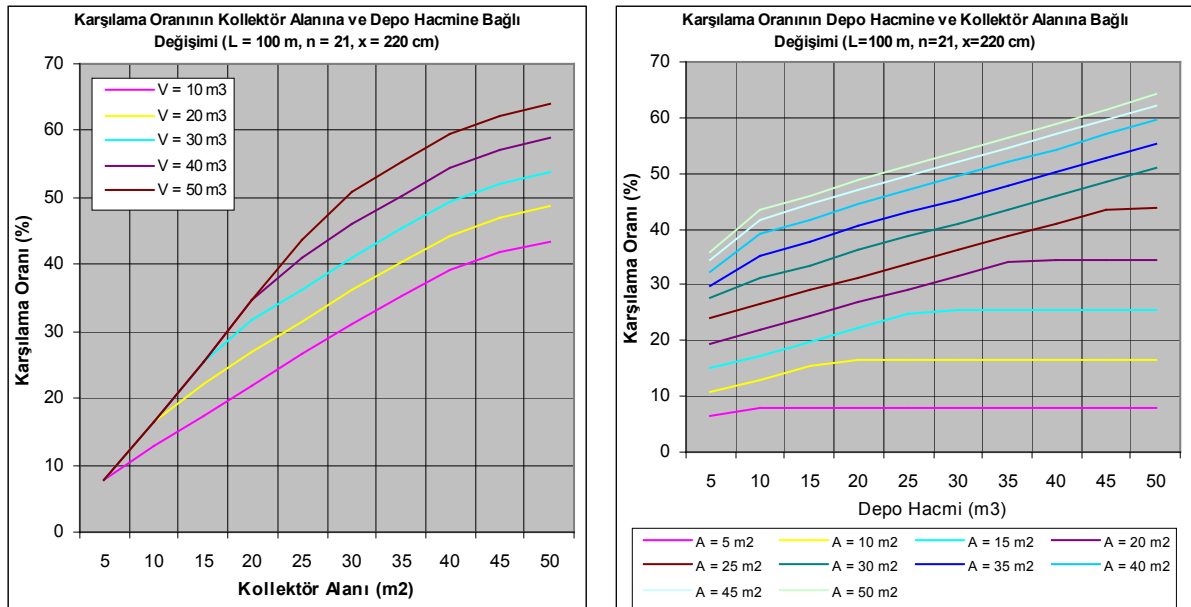
Şekil 6.24 Buharlaştırıcı ısı ihtiyacı ve topraktan alınan ısı miktarının zamana bağlı değişimi (L = 75 m, n = 21, x = 220 cm)



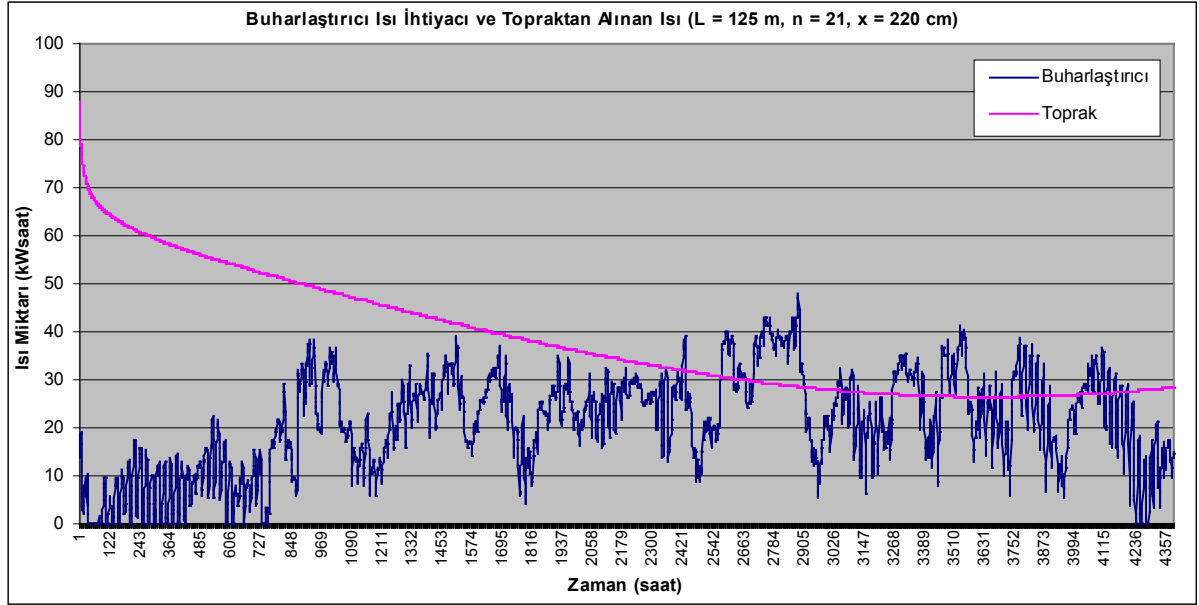
Şekil 6.25 Karşılama oranının güneş toplaç alanı ve depo hacmine bağlı değişimi (L = 75 m, n = 21, x = 220 cm)



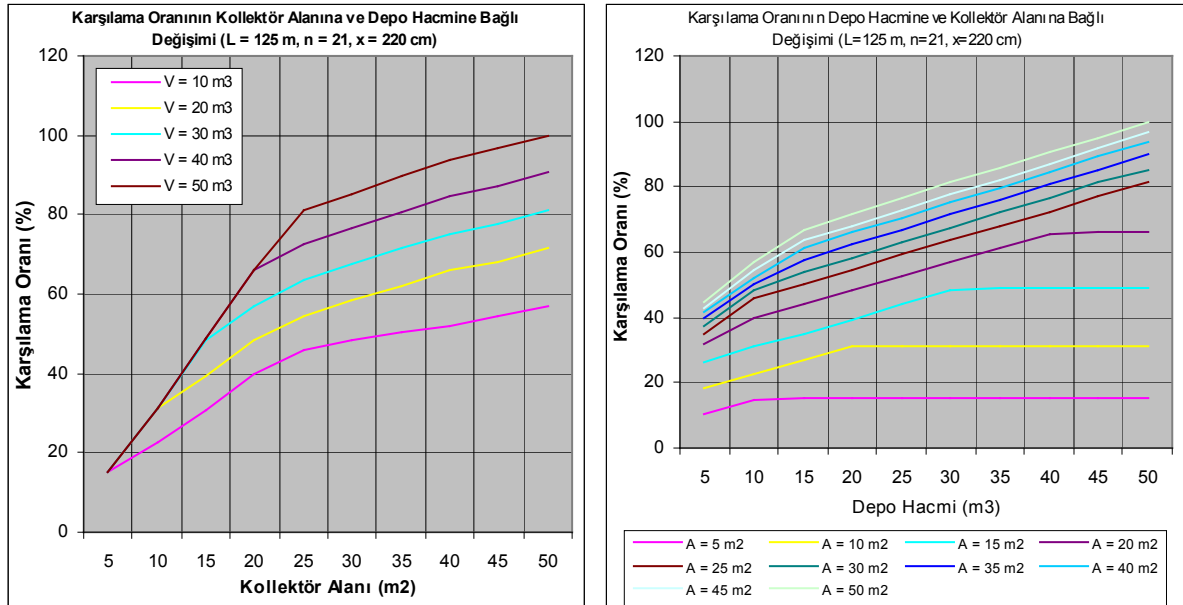
Şekil 6.26 Buharlaştırıcı ısı ihtiyacı ve topraktan alınan ısı miktarının zamana bağlı değişimi (L = 100 m, n = 21, x = 220 cm)



Şekil 6.27 Karşılama oranının güneş toplaç alanı ve depo hacmine bağlı değişimi (L = 100 m, n = 21, x = 220 cm)

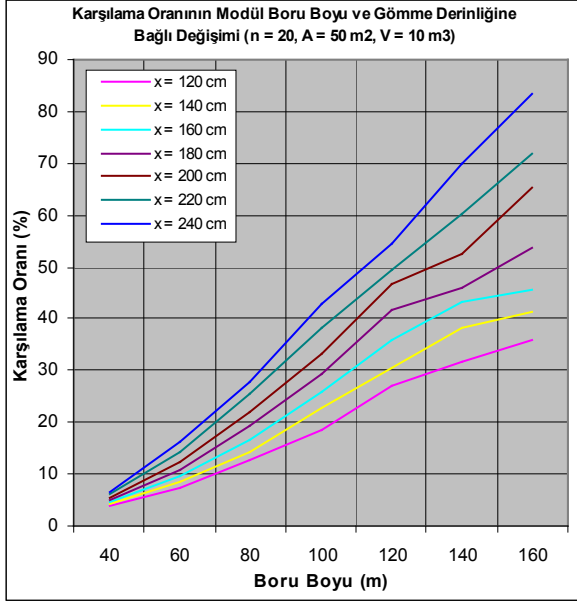


Şekil 6.28 Buharlaştırıcı ısı ihtiyacı ve topraktan alınan ısı miktarının zamana bağlı değişimi (L = 125 m, n = 21, x = 220 cm)

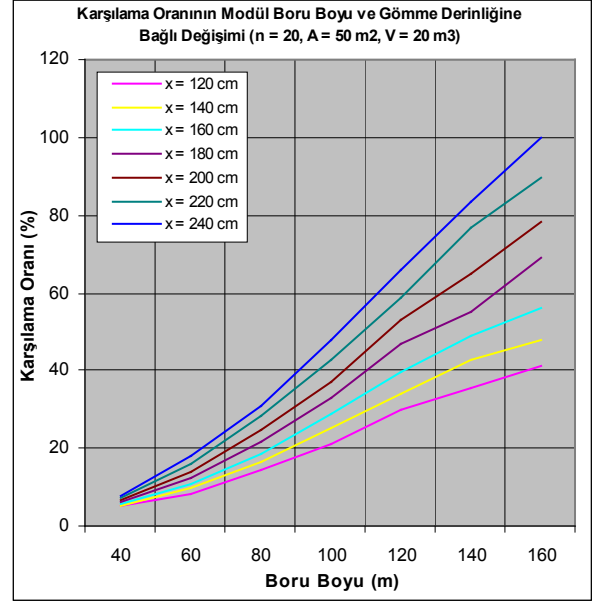


Şekil 6.29 Karşılama oranının güneş toplaç alanı ve depo hacmine bağlı değişimi (L = 125 m, n = 21, x = 220 cm)

Aşağıdaki şekillerde modül boru boyu (L), modül sayısı (n) ve gömme derinliği (x) ifadelerinden en az biri değişken olarak alınarak farklı durumlar için depo karşılama oranı eğrileri çizilmiştir.

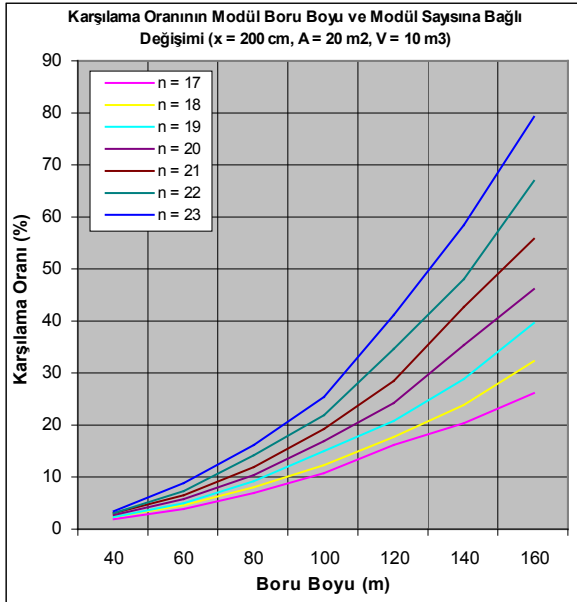


(a) $V = 10 \text{ m}^3$

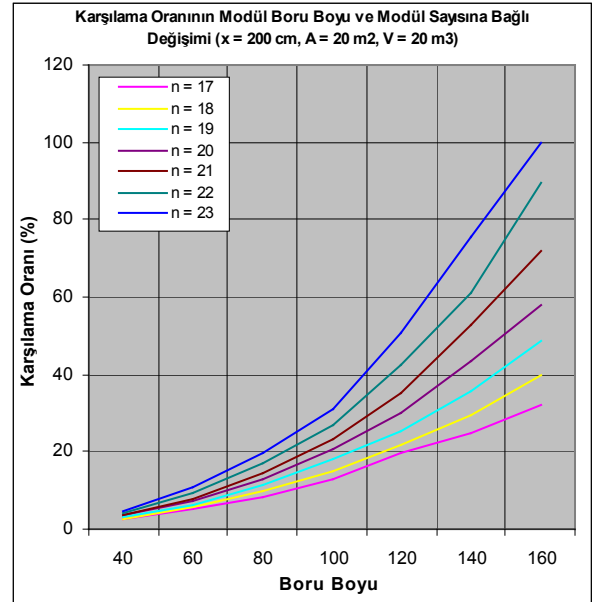


(b) $V = 20 \text{ m}^3$

Şekil 6.30 Karşılama oranının modül boru boyu ve gömme derinliğine bağlı değişimi ($n = 20, A = 50 \text{ m}^2$)

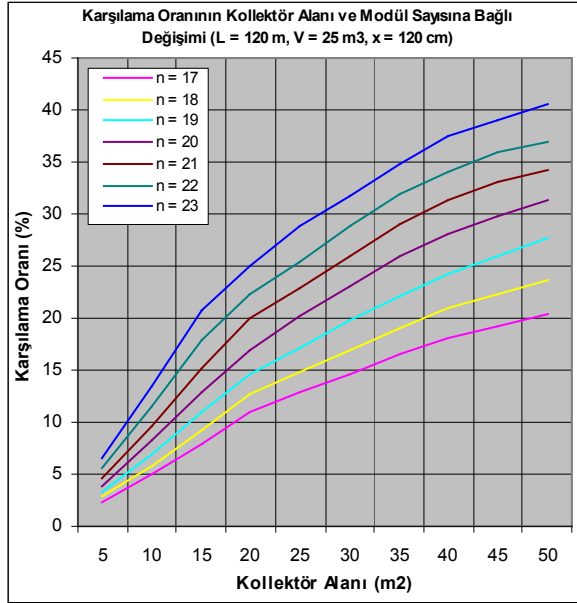


(a) $V = 10 \text{ m}^3$

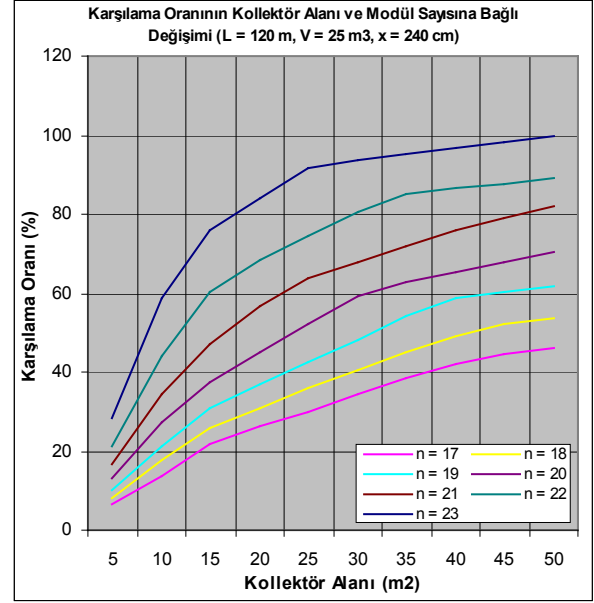


(b) $V = 20 \text{ m}^3$

Şekil 6.31 Karşılama oranının modül boru boyu ve modül sayısına bağlı değişimi ($x = 200 \text{ cm}, A = 20 \text{ m}^2$)

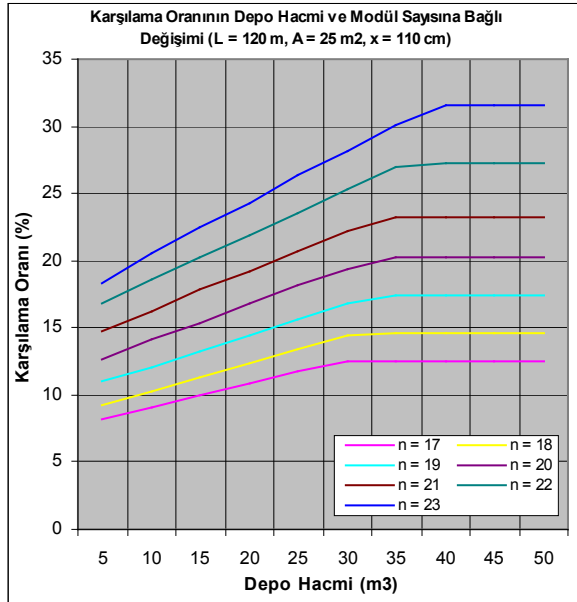


(a) x = 120 cm

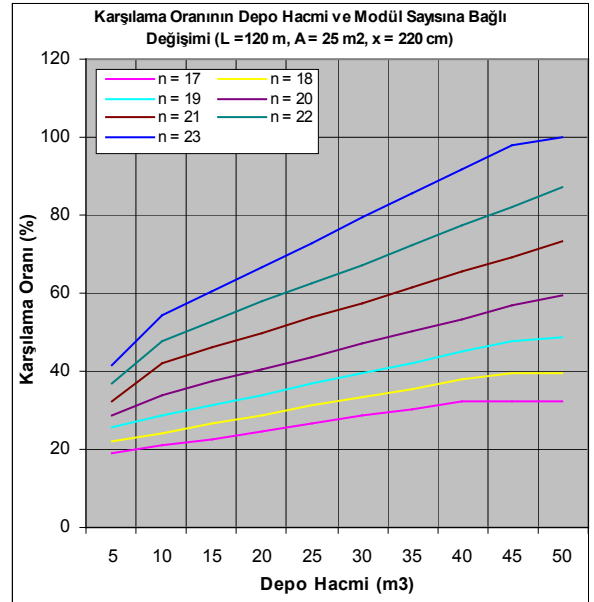


(b) x = 240 cm

Şekil 6.32 Karşılama oranının güneş toplaç alanı ve modül sayısına bağlı değişimi (L = 120 m, V = 25 m³)

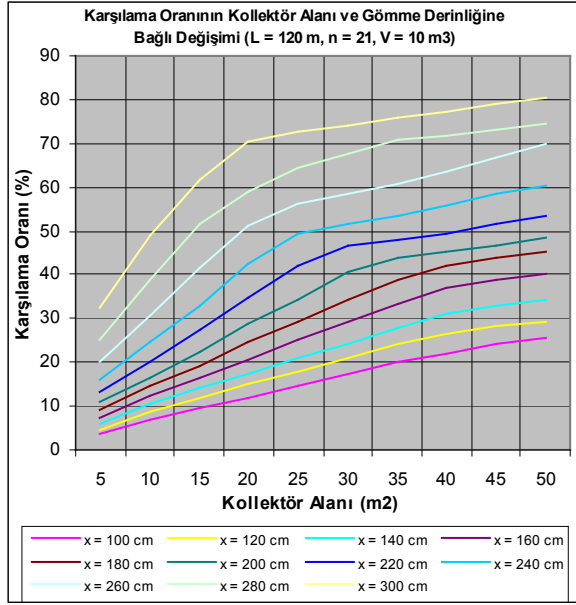


(a) x = 110 cm

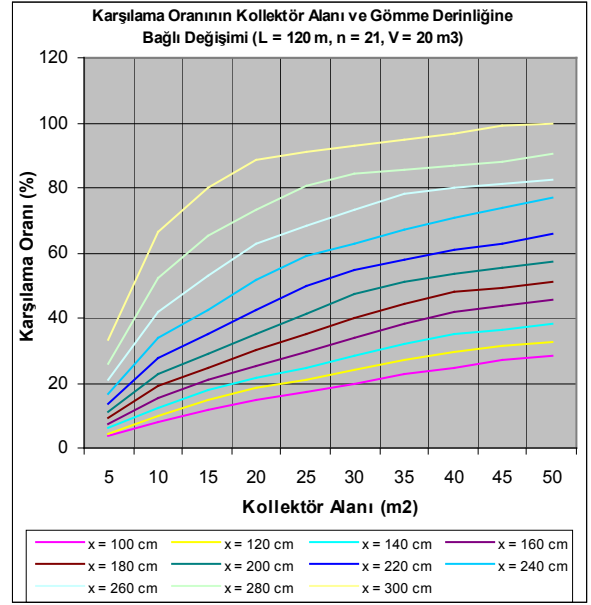


(b) x = 220 cm

Şekil 6.33 Karşılama oranının depo hacmi ve modül sayısına bağlı değişimi (L = 120 m, A = 25 m²)

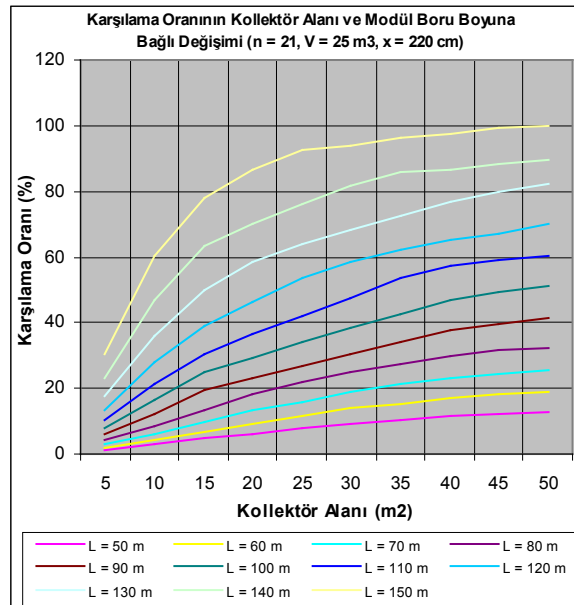


(a) $V = 10 \text{ m}^3$

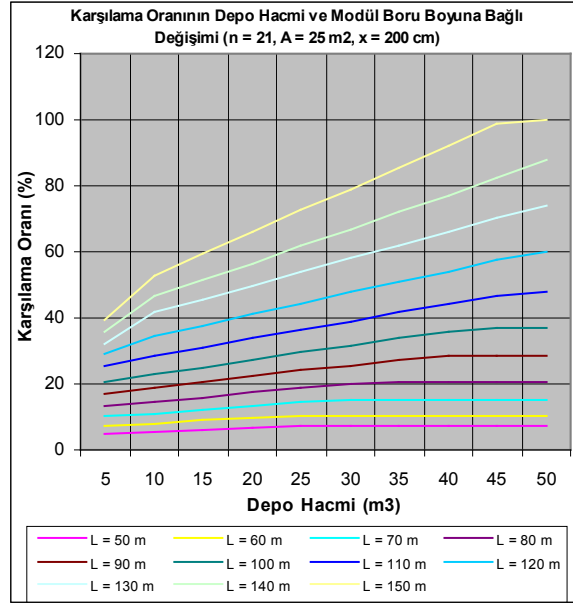


(b) $V = 20 \text{ m}^3$

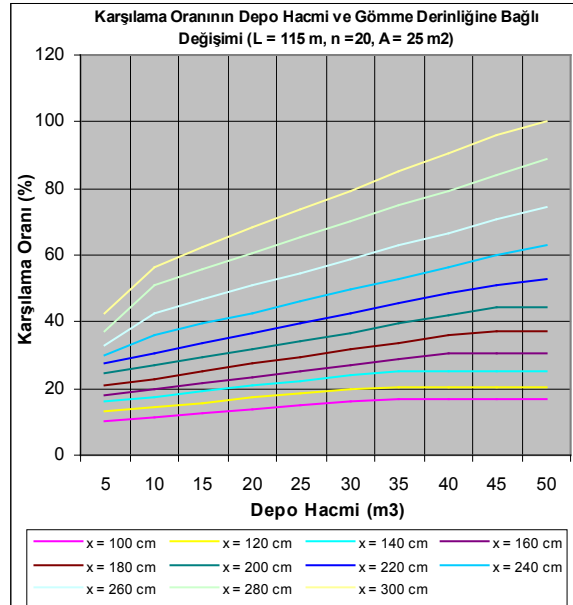
Şekil 6.34 Karşılama oranının güneş toplaç alanı ve gömme derinliğine bağlı değişimi (L = 120 m, n = 21)



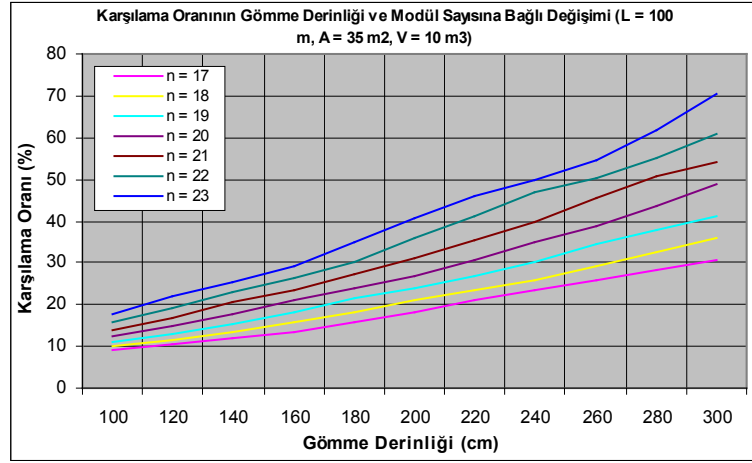
Şekil 6.35 Karşılama oranının güneş toplaç alanı ve modül boru boyuna bağlı değişimi (n = 21, V = 25 m³, x = 220 cm)



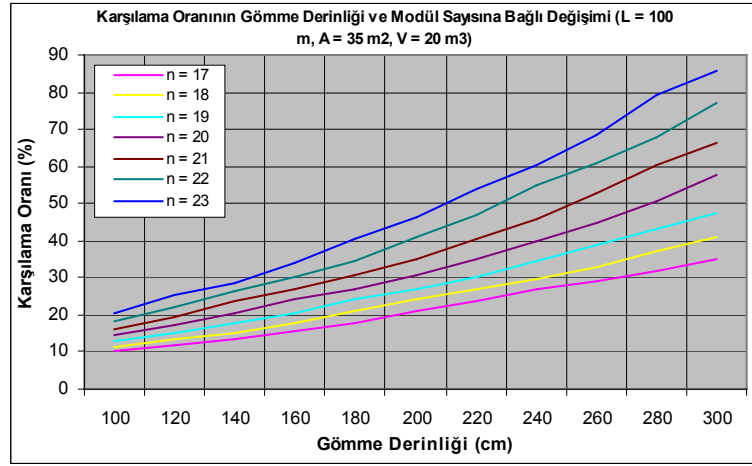
Şekil 6.36 Karşılama oranının depo hacmi ve modül boru boyuna bağlı değişimi (n = 21, A = 25 m², x = 200 cm)



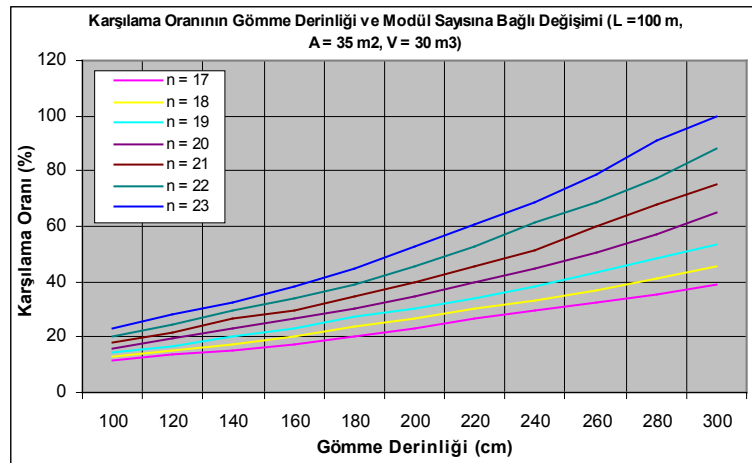
Şekil 6.37 Karşılama oranının depo hacmi ve gömme derinliğine bağlı değişimi (L = 115 m, n = 20, A = 25 m²)



(a) $V = 10 \text{ m}^3$



(b) $V = 20 \text{ m}^3$



(c) $V = 30 \text{ m}^3$

Şekil 6.38 Karşılama oranının gömme derinliği ve modül sayısına bağlı değişimi (L = 100 m, A = 35 m²)

7 SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, alışlagelmiş ısıtma sistemleriyle sera ısıtması yapıldığında, ortaya çıkan yüksek işletme maliyetlerinden kaçınmak için bir ısı pompası sistemi tasarlanmıştır. Bu sistem enerji kaynağı olarak; toprak, güneş ve güneş enerjisinin uygun zamanlarda depolandığı ısı enerji deposundan faydalanmaktadır. Hesaplamaların yeterince hassas olması için, 15 Ekim 2004 ile 15 Nisan 2005 tarihleri arasındaki saatlik hava sıcaklık değerleri kullanılarak, polietilen malzemesiyle kaplı 360 m²'lik bir seranın bu 6 aylık süre için saatlik ısı kayıpları hesaplanmış ve seranın bu süre için yıllık toplam ısı kaybı 111321 kWsaat olarak bulunmuştur. Sistem çalışma sıcaklıkları düşünülerek buna uygun ısı pompası çalışma basınç aralığı belirlenmiş ve bu aralığa bağlı olarak sisteme verilmesi gereken kompresör işi değerleri saatlik olarak hesaplanmıştır ve sistemin çalışması için sistem üzerinde yapılması gereken yıllık toplam minimum kompresör işi 18243 kWsaat olarak bulunmuştur. Toplam ısı kaybı ile minimum kompresör işi arasındaki fark tasarlanan sistem tarafından karşılanmaya çalışılmıştır.

Tasarlanan sistem bazı değişkenlerden oluşmaktadır. Bunlar toprak ısı değiştiricisi modül boru boyu, toprak ısı değiştiricisi modül sayısı, toprak ısı değiştiricisi gömme derinliği, güneş toplaç alanı ve ısı enerji depo hacmidir. Bu değişkenlerden toprak ısı değiştiricisi modül boru boyu, modül sayısı ve gömme derinliğinin değişmesi, toplam ek kompresör işini önemli ölçüde değiştirirken güneş toplaç alanının değişmesi pek etkili olmamaktadır. Ancak güneş toplaç alanının değişmesi depolanan enerji miktarında ve dolayısıyla ısı enerji deposunun ek kompresör işini karşılama oranlarında önemli miktarlarda değişmelere sebep olmaktadır. Bu sonuç depo hacmi için de geçerlidir.

Burada asıl amaç sistemi, ek kompresör işi mümkün olduğunca az olacak şekilde ya da ısı enerji deposunun ek kompresör işini mümkün olduğunda yüksek oranlarda karşılayabileceği şekilde tasarlamaktır. Her iki durumda da sınırlayıcı faktör sistem geri ödeme süresidir. Her farklı durum için sistem yatırım ve işletme maliyetleri toplamları hesaplanmış ve bu toplamlar sıvı yakıtlı bir kazan sisteminin yatırım ve işletme maliyetleri toplamıyla karşılaştırılarak geri ödeme süreleri bulunmuştur. Sonuçlar grafikler ve tablolar halinde gösterilmiştir.

Sonuçlara dikkat edilirse, depo hacminin artmasıyla karşılama oranları artarken geri ödeme sürelerinin de arttığı görülür. Ancak diğer değişkenlerin sonuçlara etkisi de gözardı edilmemelidir. Bu sonuçlar içerisinde en düşük geri ödeme süreli sistemlerin hangi tasarım değişkenleri için en yüksek karşılama oranlarına sahip olduklarını görmek mümkündür.

Bu sistem tasarlanırken, ısıl enerji deposunda enerjiyi gizli ısı şeklinde depolayan faz değişim malzemesi ile ısıyı buradan buharlaştırıcıya aktaracak akışkan olan su arasındaki ısı geçişinin mükemmel olduğu kabul edilmiştir. Ancak bu tezde üzerinde durulmayan ısıl enerji depolarındaki ısı değiştirici tasarımı ve ısı geçiş mekanizması, üzerinde önemle durulması gereken konulardır.

Bu çalışma ayrıca, minimum kompresör işi dolayısıyla harcanan elektrik enerjisinin çok daha aza hatta sıfıra indirgenmesinin mümkün olup olmayacağı konusunda fikir vermeyi de amaçlayarak yapılmıştır. Bunun için elektriğini de kendi üreten bir sistem üzerinde düşünülebilir. Örneğin güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren fotovoltaik panellerin böyle bir sistem için kullanılmasının uygulanabilir olup olmadığı araştırılabilir.

KAYNAKLAR

- Ataman, H. (1985), “Toprak Kaynaklı Isı Pompalarının Tasarımı” Yüksek Lisans Tezi, 1985, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, ASHRAE Handbook, 1997 Fundamentals ASHRAE, Atlanta, GA, 1997
- Başçetinçelik, A., Öztürk, H.H., Paksoy, H.O. ve Demirel, Y., (1999), “Energetic and Exergetic Efficiency of Latent Heat Storage System for Greenhouse Heating”, Renewable Energy, 16(1-4):691-694.
- Bellows, B., (2003), “Solar Greenhouses, http://attra.ncat.org/new_pubs/attra-pub/solar-gh.html?id=other.
- Boulard, T., Razafinjohany, E., Baille, A., Jaffrin, A. ve Fabre, B., (1990), “Performance of a Greenhouse Heating System with a Phase Change Material”, Agricultural and Forest Meteorology, 52(3-4):303-318.
- Chiasson, A.D., (2006), “Greenhouse Heating with Geothermal Heat Pump Systems”, American Society of Agricultural and Biological Engineers Annual Meeting, 2006, St. Joseph, Michigan.
- Chwieduk, D., “Underground Thermal Energy Storage in Poland”, http://intra.web.stockton.edu/eyos/energy_studies/content/docs/proceedings/CHWIE.PDF
- Çengel, Y.A. ve Boles, M.A., (1996), Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik (Çev. T. Derbentli), Literatür Yayıncılık, İstanbul.
- Dağsöz, A.K., (1990), Isı Geçişi, Alp Teknik Yayınları, İstanbul.
- Demir, H., (2005), “Toprak Kaynaklı Isı Pompası ve Toprak Isı Değiştiricilerinin Optimizasyonu ve Geliştirilmesi”, Doktora Tezi, 2005, Yıldız Teknik Üniversitesi.
- Diz, T., (2001), “Minimum Enerjili Bina Tasarımı (Toprak Enerjisiyle)”, Yüksek Lisans Tezi, 2001, Yıldız Teknik Üniversitesi.
- Diz, T., Koyun, A., (2001), “Toprak Isı Değiştiricilerindeki Isı Geçişi İçin Analitik Model”, 13. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi, 5-7 Ey. 2001, Konya.
- Farid, M.M., Khudhair, A.M, Razack, S.A.K. ve Al-Hallaj, S., (2004), “A Review on Phase Change Energy Storage: Materials and Applications”, Energy Conversion and Management, 45:1597-1615.
- Furbo, S., (1980), “Heat Storage with an Incongruently Melting Salt Hydrate as Storage Medium Based on the Extra Water Principle”, 135-145, Thermal Storage of Solar Energy, Proceedings of an International TNO-Symposium, 5-6 Kasım 1980, Amsterdam.
- Ghoneim, A.A. ve Klein, S.A., (1989), “The Effects of Phase Change Materials Properties on the Performance of Solar Air-Based Heating Systems”, Solar Energy, 42(6):441-447.
- Hasnain, S.M., (1998), “Review on Sustainable Thermal Energy Storage Technologies Part I: Heat Storage Materials and Techniques”, Energy Conversion and Management, 39(11):1127-1138.
- Incropera, F.P. ve De Witt, D.P., (2001), Isı ve Kütle Geçişinin Temelleri (Çev., T.Derbentli,

- O.F.Genceli, A.Güngör, A.Hepbaşı, Z.İlken, N.Özbalta, F.Özgüç ve C.Parmaksızoğlu), Literatür Yayıncılık, İstanbul.
- Ingersoll, L.R. ve Plass, H.J., (1955), Heat Conduction with Geological Applications, McGraw-Hill Book Company, Newyork.
- Kahvecioğlu, H., (2005), “Sera Isıtma Sistemleri ve Tasarımlarının Geliştirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, 2005, Yıldız Teknik Üniversitesi.
- Kakaç, S., Paykoç, E. ve Yener, Y. (1989), “Storage of Solar Thermal Energy, Energy Storage Systems”, Applied Sciences, 167:121-161.
- Koçar, G., “Güneş Enerjisinin Sera Isıtılmasında Kullanımı ile İlgili Gelişmeler”, 1. Çevre ve Enerji Kongresi, 14-15 Nisan 1997, Antalya, www.kongre.org/makina/ÇevreEnerji/
- Koyun, A. ve Diz, T., (2001), “Toprak Kaynaklı Isı Pompalarının Tasarım Değişkenlerinin Optimizasyonu”, 13. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi, 5-7 Ey. 2001, Konya.
- Kürklü, A., (1998), “Short-Term Thermal Performance of a Built-In Solar Storage for Frost Prevention in a Greenhouse, Int. J. Energy Res. 22 (1998) 169-174.
- Miles, L. (1994), Heat Pumps Theory and Service, Delmar Publishers Inc. Newyork.
- Özgener, Ö. ve Hepbaşı, A., (2005), “Experimental Performance Analysis of a Solar Assisted Ground-Source Heat Pump Greenhouse Heating System”, Energy and Buildings, 37(1):101-110.
- Öztürk, H.H. ve Başçetinçelik, A., (1999), “Güneş Enerjisi Depolama Yöntemlerinin Karşılaştırılması”, 235-242, Güneş Günü Sempozyumu, 25-27 Haziran 1999, Kayseri.
- Öztürk, H.H. ve Başçetinçelik, A., (2002), Isı Depolama Tekniği, Türkiye Ziraat Odaları Birliği Yayınları, 230.
- Öztürk, H.H. ve Başçetinçelik, A., (2003), “Energy and Exergy Efficiency of a Packed-bed Heat Storage Unit for Greenhouse Heating”, Biosystems Engineering, 86(2):231-245.
- Öztürk, H.H., (2005), “Experimental Evaluation of Energy and Exergy Efficiency of a Seasonal Latent Heat Storage System for Greenhouse Heating”, Energy Conversion and Management, 46(9-10):1523:1542.
- Paksoy, H.Ö., Başçetinçelik, A. ve Öztürk, H.H., “Güneş Enerjisi ve Diğer Yenilenebilir Enerji Uygulamalarındaki Gelişmeler”, 5. Türk-Alman Enerji Sempozyumu, 19-21 Nisan 1995, İzmir.
- Safarik, M., Gramlich, K. ve Schammler, G. (2002) “Solar Absorption Cooling System with 90°C-Latent Heat Storage, Proceedings of the World Renewable Energy Congress WII, Cologne (Germany), 2002.
- Singh, R.D. ve Tiwari, G.N., (2000), “Thermal Heating of Controlled Environment Greenhouse: A Transient Analysis”, Energy Conversion and Management, 41(5):505-522.
- Zalba, B., Marin, J.M., Cabeza, L.F. ve Mehling, H., (2003), “Review on Thermal Energy Storage with Phase Change: Materials, Heat Transfer Analysis and Applications”, Applied Thermal Engineering 23:251-283.

INTERNET KAYNAKLARI

[1]www.yenilenebilirenerjikaynaklari.ws.tc

[2]www.utpb.edu/ceed

[3]www.earthwisescotland.co.uk

[4]www.daviddarling.info

[5]www.energyenv.co.uk

[6]www.eere.energy.gov

[7]www.petrolofisi.com.tr

[8]www.oikos.com

[9]www.borusanmannesmann.com

EKLER

- Ek 1 İstanbul/Göztepe için Meteoroloji Müdürlüğü'nce Ölçülen Saatlik Hava Sıcaklıkları
- Ek 2 İstanbul/Göztepe için Meteoroloji Müdürlüğü'nce Ölçülen Saatlik Güneşlenme Değerleri
- Ek 3 Saatlik Değer Tablosunun Bir Kısmı
- Ek 4 Değişken Sistem Tasarımları İçin Bulunan Sonuçlar

2004 YILI SAATLİK KURU HAVA SICAKLIĞI TABLOSU (°C)																								
İstasyon Adı: GÖZTEPE												Ay: EKİM												
Günler	SAATLER																							
	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	17.0	16.0	15.1	14.8	15.3	15.5	17.8	19.3	21.2	22.2	23.0	23.2	22.2	23.7	23.7	23.0	21.5	20.1	19.5	19.0	19.0	17.0	16.0	15.5
2	15.0	14.9	14.8	14.1	14.0	14.0	15.0	19.0	21.0	21.5	22.0	23.1	24.2	24.0	23.1	23.0	21.5	19.9	19.4	19.1	19.2	19.1	19.0	19.0
3	18.4	18.0	18.0	17.0	17.0	17.0	17.3	18.9	19.1	19.8	20.0	21.0	21.7	21.3	21.3	20.3	19.6	18.8	17.9	17.1	16.0	15.6	15.3	13.8
4	13.0	12.9	13.1	13.7	14.9	14.3	14.1	17.7	18.8	20.0	20.7	21.2	21.0	20.9	20.0	19.8	18.9	18.2	18.0	17.8	17.1	16.6	16.8	16.9
5	16.8	16.5	16.4	15.9	15.0	15.1	15.5	18.0	19.0	20.2	20.9	21.3	21.5	21.3	21.0	20.1	18.9	18.4	18.2	17.7	17.8	17.2	16.9	16.8
6	16.7	16.4	16.1	16.1	16.1	16.2	16.6	18.0	18.8	18.0	18.6	18.0	18.9	18.6	17.5	17.1	17.1	17.2	17.2	17.2	17.2	17.4	17.3	17.3
7	17.1	17.2	17.1	17.1	17.0	17.0	17.0	16.2	16.3	17.2	16.4	16.3	14.8	13.5	14.2	14.3	15.0	15.0	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	15.2
8	15.2	15.4	15.6	15.3	14.8	14.9	15.0	14.5	14.4	14.9	15.0	15.1	15.7	15.8	14.5	14.2	14.4	14.8	15.0	15.0	15.0	14.2	14.3	14.3
9	14.1	13.8	13.6	13.1	13.1	13.0	13.8	14.5	19.2	16.5	18.0	19.1	19.2	19.2	19.0	18.2	17.3	16.2	16.0	15.5	15.8	15.0	14.6	13.7
10	13.2	13.2	15.2	15.6	16.4	16.9	16.1	18.0	19.0	20.0	20.8	21.1	21.3	22.0	22.2	22.0	20.0	17.7	18.1	17.2	18.2	16.8	16.9	16.0
11	17.7	18.7	19.1	19.2	19.2	19.0	19.3	20.6	20.8	21.3	21.5	23.6	23.2	25.0	25.8	24.2	23.2	21.4	19.8	18.9	18.5	18.1	18.1	18.1
12	17.3	17.1	16.5	15.8	15.8	15.3	15.0	14.9	15.0	15.3	15.0	14.9	14.9	15.0	15.2	14.4	13.8	13.6	13.3	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2
13	13.2	13.2	13.1	12.9	12.8	12.3	12.7	13.1	14.1	15.8	15.8	15.1	15.1	14.9	13.9	14.8	13.8	13.8	13.3	13.0	13.0	12.9	12.9	12.9
14	13.0	13.0	13.0	13.0	12.9	12.9	12.9	13.1	13.9	14.3	14.8	15.1	15.8	15.7	15.8	15.2	14.7	14.2	13.9	13.3	13.3	12.8	12.9	13.0
15	12.9	11.9	10.8	10.4	10.3	10.5	11.4	13.4	16.1	16.8	18.1	18.6	18.7	19.0	18.0	17.6	17.0	16.8	16.0	16.5	15.1	15.0	15.0	15.0
16	15.1	15.1	15.1	15.3	15.0	14.9	14.6	16.8	19.0	20.2	21.0	22.2	22.8	23.1	23.1	22.8	21.0	20.3	20.3	21.5	21.9	22.3	23.8	24.0
17	21.6	21.2	21.0	20.4	21.8	21.8	20.3	21.9	23.0	24.8	24.8	26.0	27.0	26.5	26.8	26.9	25.0	23.1	22.2	21.3	22.3	21.8	22.1	22.1
18	21.9	22.5	21.3	21.0	19.2	20.0	20.2	20.6	20.8	21.0	22.8	22.9	23.0	22.7	22.2	22.1	19.9	19.1	18.8	18.5	18.0	18.0	17.4	16.9
19	16.1	15.8	15.2	15.1	15.0	15.0	15.0	17.1	20.0	20.9	21.5	21.3	22.0	22.8	23.7	23.1	20.9	19.1	18.9	18.9	18.4	18.0	17.5	17.6
20	17.2	17.1	17.8	18.0	18.0	18.0	18.0	18.6	20.7	21.2	21.7	21.9	21.1	20.9	19.9	19.4	19.2	18.8	18.2	17.6	17.3	16.2	16.0	15.9
21	15.0	15.7	16.0	16.0	16.0	15.7	15.1	16.3	18.1	19.3	20.1	21.5	22.4	23.0	22.9	21.7	19.9	18.4	17.4	17.1	16.8	16.2	15.7	14.9
22	14.9	14.9	14.2	14.9	15.0	15.2	15.4	16.2	17.0	18.0	18.9	18.9	19.0	18.8	18.2	17.9	17.8	17.0	16.4	16.1	15.9	15.2	15.0	15.0
23	14.7	14.1	14.0	14.0	13.5	13.4	13.2	15.1	17.0	18.5	19.2	20.0	20.0	20.0	19.2	18.2	16.5	15.9	14.9	14.8	14.8	13.9	13.6	13.1
24	12.9	12.9	11.6	11.0	11.1	11.1	11.6	14.9	17.1	17.7	18.1	19.0	19.2	19.3	19.2	18.4	16.4	15.2	15.0	15.0	14.8	14.0	13.5	13.0
25	12.5	12.2	12.0	12.0	12.0	12.0	12.2	15.7	16.8	19.0	20.9	21.3	20.8	20.8	20.8	20.8	18.9	17.9	17.0	16.7	16.1	16.0	15.8	15.3
26	15.0	14.2	13.0	12.1	12.8	13.1	13.2	14.8	17.3	19.2	21.0	22.8	23.1	23.0	21.1	19.9	17.9	16.2	16.1	15.9	15.8	15.2	14.9	14.9
27	14.9	14.8	14.9	14.9	14.9	14.9	14.9	15.3	15.9	17.9	17.9	18.9	19.9	18.6	20.9	19.1	17.4	16.2	15.6	15.0	14.9	14.1	13.9	14.8
28	14.8	14.4	14.3	14.1	13.9	13.4	14.0	15.9	19.5	20.2	20.8	21.1	22.1	22.8	23.0	22.0	19.8	18.7	18.0	17.9	17.9	16.8	16.0	15.2
29	14.8	14.6	14.1	14.0	13.9	13.5	13.3	14.5	19.4	20.8	21.5	22.0	22.2	22.0	23.5	23.0	21.0	19.5	19.0	18.2	17.8	17.2	16.4	16.0
30	15.2	14.7	14.0	13.8	13.0	13.9	13.6	14.2	16.0	19.0	22.0	22.0	22.0	21.8	21.2	21.4	19.0	18.5	18.0	17.4	16.9	16.2	15.5	14.7
31	14.0	13.8	13.2	13.0	12.8	12.6	12.9	15.2	18.8	20.0	19.7	20.8	21.0	22.0	22.2	21.0	19.0	17.2	16.2	15.3	15.0	15.0	15.0	14.7

Ek 1 İstanbul/Göztepe için Meteoroloji Müdürlüğü'nce Ölçülen Saatlik Hava Sıcaklıkları

2004 YILI SAATLİK KURU HAVA SICAKLIĞI TABLOSU (°C)																								
İstasyon Adı: GÖZTEPE												Ay: KASIM												
Günler	SAATLER																							
	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	14.9	14.3	14	13.9	13.3	14	15.1	15.1	15.8	17.5	18.4	18.2	19.1	19.5	19.9	18.5	17.9	16.4	15.4	15.1	14.9	14.9	14.6	14.1
2	14	13.9	14	14.9	15.3	14.7	14.2	15.4	17.1	18.1	18	18	18	17.9	17.5	17.1	16.4	15.9	15.7	15.8	15.5	15.5	15.5	15.5
3	15.5	15.4	15	14.9	14.9	14.9	14.6	15	16.5	16.9	16.9	16.9	16.8	15.5	15.1	15	14	14	13.9	13.8	13.9	13.8	13.7	13.5
4	13.5	13.9	14	14	13.9	13.5	14	14.5	15.1	16.2	17	16.3	16.3	16.2	15.2	14.2	13.7	13.4	13.3	13.2	13.2	12.8	12.3	12.2
5	12.2	12	12	12	12.1	12.1	12.2	13.6	15.1	16.1	16.8	17.2	17.2	17.2	16	14.5	13.9	13.4	13	13	13	12.9	11.7	11.8
6	11.6	11.6	11.4	10.3	9.7	8.9	8.4	11	15	15.1	16.1	17.2	17.2	16.3	15.5	15	14	14.7	13	12.2	11.2	11.4	11.1	11
7	10.7	10.2	9.3	9.8	9	9.8	10.4	12	14.5	15.8	16.7	17.5	17.3	17.5	16.4	15.2	14.8	14.7	14.5	14	13.5	13.6	13.4	12.8
8	12.2	11.8	11.7	11.8	11.2	11.5	11	13.2	15.3	20.2	21.5	22.8	23.6	23	21.7	19.8	18.5	17.9	17.6	17.2	17	16.7	15.1	14.9
9	14.7	14.1	13.5	13.9	13.7	13.7	14	16	17.7	21.2	22.8	24.2	24.5	24.7	21.9	21.1	20.7	20	19	18.7	18.5	16.9	16.2	17
10	16.2	16	16.2	16.4	16.8	16.9	17	16.8	17	18	18.1	18.1	18	18	17.2	17.1	17.1	17.2	16.4	15.4	15.2	15.5	15.7	15.3
11	14.6	14.5	14.3	13.9	13.6	13.4	14	14.9	15.7	17.1	18.4	19.9	20.2	20.2	18.1	17.2	16.4	16.1	16.1	16.1	16.1	15.9	15.5	15.3
12	15.9	16	16	16	16	16	16	16.2	16.6	17	18	18.2	18.5	18.8	18	17.2	16.8	16.4	16.2	15.9	15.7	15.3	15.2	14.9
13	14.6	14.5	14.2	13.8	12.6	12.1	12.1	12.9	15.9	15.5	16	17.3	17.8	17.9	18.1	16.3	15.9	14.6	14	13.6	13.9	13.5	13.1	12.8
14	13.1	12.5	13	14.6	14.1	12.8	12.2	13.2	20.1	21.1	21.9	22.1	21.5	21.1	21.4	19.9	21.3	22.8	23.3	24	23.2	22.6	22.4	21.7
15	20.1	21.1	19.8	18.8	18.2	18.4	18.7	18.4	18.8	19.8	20	19.9	20	20	19	19	19	15.5	13.5	13.1	12.9	12.5	12.1	12
16	12	12	11.8	11.1	11	11.2	11.6	11.8	11.8	11.6	11.4	11.5	11.3	11.3	11	10.7	10.5	10.2	10.1	10.1	10.3	10	9.9	9.3
17	9	9	9	9	9.1	9.1	9.2	9.4	9.2	9.6	10.2	11.3	11.1	11	10.9	10.3	10.1	10	10	10	10	10	9.5	9
18	8	7.1	6	6	6	5	5	8.1	11.3	11.6	12.1	13	13.1	13.1	12.6	11.2	11	11	11.1	11.3	11.7	11.6	11.8	11.8
19	11.8	11.5	11.4	11.5	11.4	11.3	11.3	12.2	13.1	12.6	14.2	14.4	15.3	15.4	15.6	15.2	15.3	15.2	15.2	15.1	15.3	15.1	15.1	15.4
20	15.8	15.9	16.5	16.4	16.4	16.5	17	16.4	6.5	5.1	4.1	4	3.5	4.2	4.2	4.9	5.1	5.1	5.3	5.6	6	5.1	5	4.4
21	4	3.8	3.7	3.7	3.5	3	2.9	3.5	5.7	6	6.5	8.5	7.7	6.9	7.3	7.2	6	6.5	5.5	4.8	4.8	3.1	3	2.3
22	2.3	2.9	3.1	3.1	3	1.6	0.8	1.4	0.3	0.9	0.8	1.2	3	5.2	5	5.1	4.4	3.9	3.1	2.8	3.4	3.3	2.6	2.1
23	2.1	2	1.2	1.3	1.8	1.1	0.3	5.2	5.4	6.6	6.9	7.4	7.6	8	8.2	8.6	8.2	9	9.3	9.3	9.8	9.6	9.9	9.8
24	9.8	9.9	9.9	10	10	10	10	10.1	10.5	9.5	9.1	6.9	6.6	6.3	6.2	6	3.8	3.6	3.9	4	4.4	4.8	4.9	4.7
25	3.2	3.1	3	2.9	2.8	2.9	2.9	3.1	4	4.2	5.4	5.3	5.3	3.8	4.4	4.3	3.4	1.3	2.4	2.4	2.5	2.2	2.1	2.1
26	1.6	1.6	1.8	2.1	2.2	2.3	3	2.4	2.1	4	4.3	4.6	4.6	4.5	4.9	4.1	3	2.7	2.2	2.7	2.2	1.2	3	3.8
27	4.8	5.2	5.3	5.1	5	5	5.1	5.2	5.8	7	7.3	8.2	9.2	9.5	9.4	9.2	9.2	9.4	9.8	10.1	10.1	10.3	10	10
28	9.9	9.9	9.8	10	10	10	10	10.1	10.4	11.1	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3	11.2	10.6	10.6	10.9	10.1	10	9.9	9.9	9.9
29	9.9	9.8	9.4	9.3	9.3	9.2	9.1	9.2	10.5	12	13	14.3	15.8	16	15.4	14.1	12.9	12	12	11.9	12.1	12.3	12.3	12.2
30	12.9	12.9	12.9	12.9	12.9	13.1	13.3	13.2	13.1	13.3	13.9	14.3	14.9	15.6	15.8	14	13.9	13.3	13.1	13.1	13	12.2	11.8	11.8

Ek 1 İstanbul/Göztepe için Meteoroloji Müdürlüğü'nce Ölçülen Saatlik Hava Sıcaklıkları (Devam)

2004 YILI SAATLİK KURU HAVA SICAKLIĞI TABLOSU (°C)																								
İstasyon Adı: GÖZTEPE												Ay: ARALIK												
Günler	SAATLER																							
	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	12.1	12	11.8	11.8	11.5	11.4	11.6	11.9	12.5	14	14	16	15	15	15	13.9	12.6	12	11.9	11.3	11.1	10	9.5	9
2	8.2	8.2	10	10.9	11	11	11.1	11.1	12.1	13.9	14.7	15.3	16.9	17	16.2	14.7	14.3	14.7	14.6	14.4	14.4	14.5	14.2	14
3	13.9	13.6	13.3	13.1	13.1	13.3	13.5	13.8	14.8	15.1	16.2	16.8	17	17.1	16.7	15.6	14.6	14.3	14.2	14.5	14.1	14.2	14.2	14.2
4	14.1	14	13.6	13	13.2	13.3	13.3	13.3	14	14.2	14.2	14.5	15.7	15.3	14.7	13.9	13.3	13.1	12.4	12.4	12.6	12.2	11.8	11.8
5	11.6	11.5	11.5	11.4	11.3	11.1	11.1	11.1	11.4	11.5	11.8	12.9	12.5	12.4	12	11.2	10.6	10	9.9	9.8	9.5	9	8.8	8.5
6	8.3	8	8	7.6	7.3	6.3	6	6.8	8.4	10.5	11	12.1	12	12	11	10.8	10.1	10	10	10	9.5	9.8	11	
7	11.1	11.1	10.7	9.9	9.1	8.8	7.5	7.2	7.4	7.8	9	9	9.1	8.2	7.8	7.2	7.2	7	6.7	6	6	6.2	6.9	5.7
8	4.6	5.4	5.9	5.8	6	7	7	7	8.1	9.1	10.3	12	11.8	11.7	11.2	9.4	8.2	8.2	7.8	7.4	7	6.3	6	5.9
9	5.1	4.8	3.9	3.1	3.1	3.1	3.9	4.5	7	8.2	9.7	9	9	9.2	8	7.6	7	6.7	6.1	6.1	6.2	6.1	6.2	6.3
10	6.3	6.3	6.3	6	5.1	5	5	5.3	7	8.1	8.3	9.1	9	8.6	7.6	7.1	6.4	6.2	6.2	6.2	6.1	5.6	5.3	5.2
11	5.1	5.9	6	6	6	6	6.1	6.1	6.1	6.3	6.6	6.5	6.4	6.8	6.7	6.4	6	5.8	5.7	5.7	5.8	5.7	5.7	5.7
12	5	3.2	2.1	1.8	2.1	2	1.9	3.1	5.6	6.7	9	9.8	10.2	10.8	10.3	8.7	6.7	7.2	7	5.8	6	6	5	4
13	4.1	4.1	4.1	4.4	4.2	4.3	4.3	4.3	7.5	8.3	9.9	9.6	9.5	9.8	9.7	9.4	8.8	8.2	8	7.8	7	6.8	6.8	6.7
14	6.7	6.5	6.4	6.3	6.1	6.2	6.3	6.5	6.2	5.9	6.6	7.8	7.2	6.9	6.3	5.3	4.9	4.4	4.2	4.2	4.1	4	3.8	3.3
15	3.2	3	3	2.1	2.8	2.8	2.2	3.4	3.8	3.8	5	5.8	6.1	6	5	3	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1
16	2.9	2.9	3	2.9	2.9	3	3	3.1	4	4.2	5.2	5.1	5	5	5.3	4.2	3.3	2.8	2.7	2.2	1.9	0.8	0.1	0.3
17	-0.1	0.6	2	1.2	1	1.2	1.2	3.2	4	5.2	7.2	7.3	7.3	7.8	7.1	6.1	5.8	5	4.2	5.9	6.4	6.5	6.4	6.4
18	6.6	6.5	6.6	6.9	7	7.2	8	8.1	9	10.2	11	11.1	11.1	11.3	11.3	11.2	11.1	11.2	11.3	11.8	12	11.8	11.6	11.5
19	11.3	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.2	11.4	11.3	11.2	11.4	11.5	11.8	12.3	12.8	12.8	12	11.2	11.2	9.9	9.4	10.2	10.4	10.5
20	10.3	10.2	9.8	9.2	9.2	9.3	9.4	9.2	9.2	10.1	10.3	10.3	9.9	9.2	8.3	8.2	8	8	7.9	7.9	7.9	7.5	7	6.8
21	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.9	7	7.3	7	6.9	6.9	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.2	6	6
22	6	5.8	5.7	5.7	5.5	5.3	4.9	4.8	4.9	4.4	4	4	4.3	4.7	4.8	4.7	4.7	4.5	4.3	4.2	4.1	4	4	3.9
23	3.8	3.7	3.7	3.3	3.3	3.3	4	3.8	4	4.2	4.4	4.2	4.4	4.5	3.8	3.4	3.4	3.4	3.4	3.2	3.2	2.4	2.4	2.2
24	2.4	2.2	2	1.8	1.6	1.4	1.2	1	4.1	5.2	5.8	7.2	6.8	8	7.2	6.8	6.8	6.9	6.9	7	7	6.4	6.5	6.5
25	5	4.4	4	3	2.9	2.3	2.1	2.9	7.4	8.5	9	9.2	9.2	9.4	9.9	9	6.7	5.6	5	5.8	5.9	6.9	6.1	5.6
26	7	7	7	6.5	6.4	6.2	6.6	7.8	8.4	9.2	10.8	11.6	12.4	13	12	10.7	10.2	10	9.7	9.7	9.9	9.8	9.8	9.9
27	10	10	10.2	10.2	10.4	10	11	11	12	13.8	16.5	16.6	16.9	16.8	17	16	15	13.9	13.6	13.3	13.3	11.8	12	10.8
28	10	9.6	8.6	8.8	9.4	9.8	11.3	12.1	13	13.9	15.2	15.8	17	17.3	17.8	15	13	14.2	14.1	14.1	13.8	12.8	11.9	12
29	12.4	12.1	12.2	12.7	12.3	12.3	13	13	14	14.3	14.6	14.5	15	15.6	15.5	15.9	15.2	15	16	13.1	12.9	12.7	12.8	12.7
30	11.9	11.8	11.1	11.2	11.2	10.8	10.5	10.1	10.7	10.8	11	12.5	11	9.8	8.8	8.2	8.1	7.9	7.8	7.8	7.8	7.8	7.7	7.6
31	7.2	7.2	7.1	7	7	7	7	7.1	7.3	7.3	7.9	8.1	8.1	8.2	8.3	8.3	8.2	8.2	8.1	8.3	8.5	8.4	8.5	8.6

Ek 1 İstanbul/Göztepe için Meteoroloji Müdürlüğü'nce Ölçülen Saatlik Hava Sıcaklıkları (Devam)

2005 YILI SAATLİK KURU HAVA SICAKLIĞI TABLOSU (°C)																								
İstasyon Adı: GÖZTEPE													Ay: OCAK											
Günler	SAATLER																							
	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	8.3	8.1	8.2	8.2	8.4	8.5	8.9	8.9	9	9.9	9.3	9.2	9	8.2	7.2	6.9	6.7	6.7	6.3	6.3	6.3	6	5.9	5.7
2	5.5	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.4	5.5	5.7	5.9	6.4	6.2	6.6	6.7	6.6	6.5	6	5.9	6	6	6	5.3	4.2	3.9
3	2.7	2.3	2.2	2.9	3.1	3.8	5.3	5.3	5.9	7.6	9	9.5	9	9	8.1	8.1	8	8	8	8.1	8.1	7.6	7.6	6.2
4	5.9	5.5	5.3	5.2	5	5.1	5.4	5	5	5.1	5.8	5.1	6	6	6.1	6	5.1	4.1	2.4	3	3.8	5.2	6	6
5	6.4	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	7.1	7.7	7.8	7.8	7.8	8.2	9.9	10	8.9	9	8.9	8.8	8.8	8.9	8.9	9	9	8.8
6	8.3	8.3	8.2	8.1	8	8.1	8.1	8.2	9	9.1	10.5	10.8	11.2	11.4	11.6	10.3	9.9	9.8	9.4	9.2	9	9.6	9.7	9.5
7	9.9	9.9	9.7	9.6	9.1	8.6	9	8.7	8.1	8	7.8	7.5	7.4	7.9	7	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	7	6.9	6.9	6.7
8	6.7	6.7	6.7	6	5.2	5	4	4.4	6	7.1	8.5	9.1	10	10.4	10.8	10.1	8.1	7.7	7.5	6.4	7	7	6.9	6.5
9	6.7	6.3	6	6.8	6.9	7	6.9	7	7.9	8.9	10	10.9	11.2	10.9	10.6	9.8	9.1	9	9	8.5	8.2	7.5	7.2	8.1
10	7.6	8.1	8.2	8.2	8.1	7.7	7	6.2	8	8.9	11.5	11.9	11.5	11.4	10.8	10.1	8.9	8.1	7.9	6.4	7	6.8	6.5	6.5
11	4.5	5	4	3.4	3.9	3.9	3.7	5.1	6.2	7.4	8.6	9.5	10	10.8	10.8	9.9	8.2	7.5	6.2	6.4	5.9	5	4.9	5
12	6.1	6	5.9	5.5	5.2	5.1	5.1	5.1	5.9	7.2	8	10	10.5	10.5	9.8	8.4	7	6.7	7.3	7	5.7	6	5.5	5.6
13	5.8	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.6	5.7	6	6.4	6.7	8	9	7.5	7.2	6.5	5.6	5.1	4.8	4.9	4.6	4.4	4.4
14	5.9	5.9	5.5	5.4	5	4.9	4	3.4	3.7	4.9	5.9	6.1	6.3	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.4	6.4	6.3	6	5.2
15	5	5	5	4.9	4.8	4.8	4.7	4.8	4.8	5	4.9	4.8	4.9	5	5	5	5	4.8	4.4	4.4	4.4	4.8	4.9	4.9
16	4.7	4.5	4.2	4	4.4	4.6	4.9	5	5.4	5.2	5.5	5.4	5.5	5.5	5.1	5.1	5	5	5.2	5.2	5.7	6	6.5	6.9
17	7	7	7	7	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.3	7.2	7.2	7.1	7	7	7	6.9	6.7	6.7	6.4	6.4	6.3
18	6.3	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.8	7.2	7.3	7.1	7	7	6	6	6	6	5.9	6	6	6	6.2	6.2
19	6.3	6.3	6.2	6.1	6	6.1	5.8	6.6	7	8.2	8.9	9.9	9.8	10	9	8.7	8.5	7.8	7.2	6.8	6.4	6	5	5
20	4.8	5.2	5.2	5.4	5	4.2	4	4.8	6.8	8	9	11.6	12.9	12.8	10.9	9	7.4	6.8	6	5.2	4.8	4.2	4	3.4
21	3.8	4	4	4	3.4	4.5	5.3	7	10.2	11	12.3	13.4	13	12.2	12.4	11	11.4	11.6	11.4	11	10.8	10.4	10	10
22	9.5	8.9	8.9	7	5.5	5.4	5.2	5.2	5.5	6	6.4	6.4	6.4	6.8	6.3	6.8	6.7	6.1	6	5.9	5.3	4.9	4.6	4.2
23	3.8	4.2	4.5	4.6	4.5	4.5	4.9	4.8	4.8	5	6	6.1	6.5	6.8	6.3	6	5.1	4.8	4.8	4.2	3.2	2.4	2.2	2
24	1	1.5	1	0.5	0.9	0	-0.1	0.1	3.8	6.8	7	7.8	7.8	7.7	7	7	7	7	6.2	6	6.2	6.2	6.9	6.4
25	6.5	6.5	7	7	7.5	8.2	9	9.3	9.5	9.4	10	11.4	11.7	12.1	13	13	13	13	12	11.9	12.1	12.1	12.4	12.3
26	15.5	15.2	14.8	14.2	14	13.2	13.1	14.2	15.2	15.2	14.2	14	14.2	14.4	15	15.5	15.3	15.1	14	14	13.9	14.2	14.5	14.3
27	14.7	14.3	14.5	12.4	12.4	9.8	9.1	9.7	9.9	9.9	9.9	11	11	9.2	10.2	10	10.2	10	10	10	10.1	10	9.9	9.8
28	9.7	9.3	8.7	9.5	9.2	8.8	8.8	8.9	9	9.5	10.3	10.5	10.4	11.8	10.8	10.5	9.7	9.8	10	9.9	9.9	9.6	9.6	9.6
29	9.8	9.9	9.9	9.9	10	9.9	9.7	9.9	9.9	9.8	10.4	11.2	11	11	10.5	10.4	10	10.2	10	9.8	9.3	9.7	9	8.2
30	7.5	7.1	6.3	5.7	4.8	4.2	3.2	2.5	1.4	1.4	1.4	1	0.8	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.4	0.2	0
31	-0.4	-0.5	-0.5	-0.4	-0.2	-0.2	-0.4	-0.2	-0.1	-0.2	0	0.8	1.8	2	1.1	0.6	0.3	0.4	0.7	0.8	0.8	0.9	0.7	0.6

Ek 1 İstanbul/Göztepe için Meteoroloji Müdürlüğü'nce Ölçülen Saatlik Hava Sıcaklıkları (Devam)

2005 YILI SAATLİK KURU HAVA SICAKLIĞI TABLOSU (°C)																								
İstasyon Adı: GÖZTEPE													Ay: ŞUBAT											
Günlr	SAATLER																							
	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	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0.8	0.9	2.2	3.7	4	5	5.4	5.8	5.8	5	5	5.1	5.9	5.9	5.9	5.7	5.6	5.6
2	5.7	5.4	5.4	4.5	3.9	3.4	3	3	3.2	3.6	3.8	3.8	4	4.4	4.4	4.4	4.3	4.2	4.1	4	4.1	4	4.1	4.2
3	4.4	4.5	4.4	4	4.1	4.1	4.4	4.9	5.5	6.3	6	6	6.8	7	7.7	7.6	7.4	7.3	7.5	7.6	7.7	7.2	7	7
4	7	7	7.2	7.2	7.2	5	4.8	4.8	5.6	6.4	6.4	7	7	6.8	4	2	1.8	1.8	1.6	1.8	1.7	0.9	0.3	0
5	0	0.1	0.2	0.4	1	1	1.2	1	1	2	3	3.2	2.8	2.4	2.4	2.4	1	0.8	1.1	1	1.2	0.1	-0.5	0
6	0.2	0	-0.5	0	0	0.1	0.2	1	-0.4	-0.5	-1.2	-1.8	-1.7	-2	-2	-2	-2	-2	-1.5	-1.5	-1.5	-1.1	-1.2	-1.1
7	-1.1	-1	-1	-1.1	-1.2	-1.2	-1.2	-1.6	-1.8	-2	-1	-1	-0.4	-0.2	-0.3	-0.3	-0.2	-0.1	0	0	0.4	0.4	0.9	1.1
8	1.2	1.3	1.2	1.3	1.3	1.5	1.3	1.7	2.1	0.8	0.1	0.1	0.1	0.2	0	0.1	-0.1	-0.3	-0.7	-0.2	0	0.1	0	0.1
9	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.2	0.8	1	0.2	0.3	1	1	0.5	0.8	1.2	1	0.9	0.7	0.9	1	0.7	0.3	0.2
10	0	-0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0	0.9	1.2	1.3	2.8	3	2	2	0	-0.2	-0.2	-0.4	-0.3	-0.1	-0.4	-0.5	-0.4	-0.5
11	-0.6	-0.6	-1	-1.3	-1.8	-1.9	-1.9	-1.7	-0.1	0.4	0.9	1.1	1.2	1.5	1.1	0.6	0	-0.8	-1	-1	-1	-1.9	-1.9	-2.1
12	-2.9	-3.1	-3.3	-3.8	-4.1	-4.5	-4.1	-2.8	1.4	1.8	2.7	3.2	3.4	3.9	2.9	2.9	2.9	3	3.2	3.4	3.8	3.9	4.1	4.3
13	4.5	4.8	5	5.1	5.1	5	5.3	6.1	6.8	7.8	8.3	8.2	8	8.6	10.1	9.8	9	8.9	8.9	8.8	8.7	8.8	8.9	9
14	8.8	9.2	9.3	10.5	10	10.1	11	11.2	11	11.3	13	12.8	12.4	12.1	13.5	13.5	12.5	12.1	12	13.9	13.2	13	13.2	13
15	13	13.6	12.7	13	12.9	12.1	13.2	13.3	13.9	13.4	14.9	15.4	17.3	16.5	15	15.4	15.2	15.7	15	14.6	14.2	13.8	13.7	13.1
16	13.6	13.5	12.3	12.2	12	12	11	11	10	9.2	9.2	10	9.5	9.4	8.6	8.5	9	9	9.4	9.5	9.5	9.5	9.6	9.5
17	9.3	8.6	8.4	8.8	9.2	9.6	9.9	10.1	10.6	9.9	9.5	10.2	10.7	12.4	12	10.4	9	8.4	8.7	8	7.9	9	9	8.9
18	8.4	8.5	7.9	7.6	7.3	7.3	7.2	7.1	7.4	7.5	7.5	7.3	7.3	7.1	6.6	6.5	6	5.4	4.8	4.8	4.9	5.1	5	5.2
19	5	4.7	4.5	4	3.8	3.4	3.6	5.2	6	6.8	9	8.3	9.3	9	8.5	8.3	7.8	6.8	7	6.2	6.2	5.8	6	6.1
20	6.8	6	6	5.7	5.6	5.5	5.5	5.8	6.5	7.9	8	7.7	7.3	8.2	9.8	9.4	8.2	7	6	5.9	5.8	5.1	4.5	4
21	4	4.3	4.5	4.6	4.1	4	3.7	4.3	6.2	8.3	10.6	11.4	12.4	13.2	12.8	11.6	11	10.8	10.4	10.6	10.5	10	9.8	9.3
22	7.9	8.1	7.6	7.8	7.8	6.2	5.3	10	12.1	13.2	13.8	14.2	14.4	14.9	15.1	15.2	14	12.8	11	10.8	10.5	9.9	9.2	9.1
23	8.5	8.8	8.8	8.7	8	7.8	9.9	11.7	13.2	13.9	15.8	16.4	16.8	16.8	13	10.5	10.3	10.9	10.6	10.3	9.7	8.9	9	8.6
24	8.4	8.1	8.2	8.2	7.3	7.7	7.1	8.6	9.8	12.4	13.8	14.2	14	14.4	15	15.1	14.8	13	11.2	11.2	11.5	11.5	11.1	10.9
25	9.6	8.8	7.8	7.4	7.2	7	7.3	9.3	10.2	12.1	12.4	13	13.8	13.8	14.7	11.5	9	7.2	6.9	6.7	6.7	6.6	6.6	6.5
26	6.5	8.8	10.1	9.8	8.2	7.9	8.1	8.5	9.8	10.1	10.8	11	11.3	12.1	11.9	12.2	11.8	11.9	11.8	11.2	10.5	10.2	10.6	10.4
27	10.2	11	10.6	10.2	10.6	11.5	11	10.3	8.8	8.7	10	11.1	12.2	12.1	13.1	11.8	11	9	8.9	8.6	9.3	9.3	6.2	5.7
28	5	4.7	3.9	3.9	3.8	3.9	3.9	4.1	4.1	4.6	4.5	4.8	4	3.9	4.4	4.3	4	3.8	3.7	3.7	3.8	3.6	3	2.9

Ek 1 İstanbul/Göztepe için Meteoroloji Müdürlüğü'nce Ölçülen Saatlik Hava Sıcaklıkları (Devam)

2005 YILI SAATLİK KURU HAVA SICAKLIĞI TABLOSU (°C)																								
İstasyon Adı: GÖZTEPE												Ay: MART												
Günler	SAATLER																							
	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	2.8	2.4	2.4	2.3	2	2	2.2	2	2	2	2.1	2.3	3.2	3.6	3.3	3.1	3.1	3.1	2.9	2.8	2.8	2.7	2.3	2.1
2	1.9	1.9	1.9	1.8	2.1	2.3	3.2	4	4.5	4.6	4.8	4.4	4.5	4.3	4.2	4.1	4	3.9	3.7	3.7	3.7	4	4.1	4.1
3	4.2	4.2	4.3	4.2	4.3	4.3	4.7	4.7	4.5	4.4	4.1	3.9	4.1	5.2	4.8	4.1	3.9	3.8	3.8	3.4	3.8	3.3	3	3
4	3	3	2.8	2.4	2.5	2.7	3	4.6	6.7	7.2	7.6	8	9	9.1	9.9	9	8	7.2	6.2	6.2	6	5.9	4.4	3.9
5	4.3	6	6.3	6.2	6.9	6.9	7.8	10	11.1	12	13.1	13	12.9	13	11.2	11.9	11.8	11.2	10.8	11.1	12.2	13	12	11
6	10.5	11	13	13	11	11	10.1	9	9.5	11	11	12.1	13	14.1	13.6	13	12.4	12	11.4	10.9	10.4	9.8	9	8.4
7	9.2	7	6.4	6.5	6.2	6	6	7	8.8	10.8	13	15.2	15.5	15.6	16	12.8	11.6	11	10.7	10.2	10.2	9.6	7.8	6.7
8	6.4	6.5	6.5	5.4	4.2	3.3	1.4	1	1.2	1.2	1.3	1.2	1.4	2	2	2	2	2	2	2	2	2.2	2.2	2.2
9	2.2	2.1	1.9	1.8	1	0.4	2.6	3.3	4.4	5	5.2	5.8	6	6.2	5.8	5.2	4.6	4	3.8	3.2	3	2.1	2.4	2.4
10	2.9	2.6	1.8	3.2	2.8	2.9	3	4.3	5	6.2	5.8	5.1	6	5.8	6.3	4.8	3.8	2.5	1.8	1.6	1.4	1.4	1.6	1.5
11	1.2	0.9	1	1.1	0.9	-0.7	-0.4	-1	-0.4	-0.3	-0.2	0.2	0.2	2	0.9	0.7	0	-0.2	-0.2	-0.1	0.4	-0.3	-0.7	-0.4
12	-0.2	0.1	0.9	1.1	1.2	1.3	1.6	2.4	3.4	4.2	4.6	6.2	7	8.1	8.2	8.2	7.8	7.7	7.8	7.8	8	7	7	7.2
13	7.2	7.4	7.8	7.9	7.9	8	9	9.8	10.6	11.2	12.2	12.2	12.8	13.4	12.8	12.2	11	10.7	10.2	10.8	10.8	10	9.2	9.2
14	9.8	9.9	9.7	9.7	9.3	8	5.5	5.5	5.8	6.1	6.2	8.3	10	10.4	10.8	10.1	9	8.3	7.9	7.4	7.2	6.9	6.6	6.2
15	5.8	5.3	4.8	4.5	4	4.2	5.6	7	9	11	11	11.9	12.8	12.6	11.5	10.8	10	7.8	6.8	6.9	7.2	8	7.1	7.3
16	7	6.3	5.4	6	5.3	5.2	5.6	7.8	6.8	7.8	8.8	9.8	13.9	14	14	13.5	12.2	10.5	8.9	8.7	8	7.5	7.1	7.2
17	6.8	6.2	4.8	4.2	3.9	4.8	7	8.3	8.8	9.4	10	10.2	11.2	12	10.4	11.4	11.2	10.2	9.8	9.2	8.7	7.4	7.5	6.7
18	6.1	5.8	5.2	5.1	5.3	5.6	9.9	11	11.4	13.2	13.3	13.6	13	13.1	14.8	13.9	13.6	12.8	12.5	11.8	11.4	11	10.4	10
19	9.8	9.2	9.1	9.3	9.9	9.9	11	12.2	13.2	14.2	14.3	13.5	14	17	14.3	14	13.9	13.8	11	8.6	8	7.2	6	5.2
20	5	4.6	4.3	4.2	4	3.8	4	3.9	4.6	4.2	4	4.2	4	4	3.7	3.8	3.8	3.2	2.6	2.2	2	1.8	1.6	1.4
21	1.2	1.1	0.9	0.8	0.4	0.2	0.3	2.4	4	6	7.3	7.8	8.6	8.4	8.3	7.5	6	4	3.1	2.8	2.8	2.2	1.9	1.7
22	1.3	1	1	1	1.1	1.3	2.2	4.8	5.6	7.5	9.3	10	9.8	9.5	10	9	8	6.2	5	4.2	4	3.8	3.3	2.7
23	2.2	2.1	2.2	2	1.1	0.9	3	6	7	7.5	9.3	9.4	9.3	10	10	10.3	9.8	8.4	7.2	6.4	6	5.4	5	4.7
24	4	3	2.8	2	2	2	3	7	8.2	9	10	10	10.9	11.5	12.2	11.9	11	9.8	9.4	7.8	8.5	8	6.2	6.3
25	5.1	4.8	4.2	3.8	3	3.6	5	8.5	11.8	12.2	13.2	14	15	16.6	15.5	15.4	14	13.6	11.5	11	10.3	10	10	9.5
26	8	7.4	7	6.8	5.5	5.2	8.5	10.6	11	12.2	13	13.4	14	13.6	14	12.5	11.8	11.3	11	11	10.9	11.1	11.2	11.1
27	11.1	10.8	10.6	11	10.8	11.3	12	12	11.1	12.2	13.6	14.7	14.6	14.2	15.5	16.5	16.3	15.8	15	14.5	14.8	15	14.2	14.6
28	13.8	13.7	14.8	14.2	13.5	12.8	14.4	15	15.8	16	16.2	15	14.7	15	17.3	16.8	15.3	15	14.3	14.1	14	13	13	13
29	13	12.7	12	12	12	11.5	11	11	9.8	9	9	9	9	9	8.7	8.2	8	7.8	7.6	7.5	7.5	7.7	7.8	7.8
30	7.7	7.6	7.8	7.9	8	8	8.1	8.2	9.3	10.5	10.5	10.2	10.5	10.5	9.7	8.8	8	7.5	7.2	7	6.8	6.5	6.5	6.5
31	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6	6.1	6.8	6.8	6.7	7	7.5	7.6	7.6	7	6.5	6	6	5.5	5.5	5.5	5	5.2	5.2

Ek 1 İstanbul/Göztepe için Meteoroloji Müdürlüğü'nce Ölçülen Saatlik Hava Sıcaklıkları (Devam)

2005 YILI SAATLİK KURU HAVA SICAKLIĞI TABLOSU (°C)																								
İstasyon Adı: GÖZTEPE													Ay: NİSAN											
Günler	SAATLER																							
	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	5.2	5.2	5.2	5.2	5.1	5	5	5.1	5.3	5.2	5.8	5.8	5.9	5.6	5.2	5.2	3.1	2.9	4.1	4.1	4	3.4	3.9	4
2	4.2	4.1	4	4.1	4.1	4.2	3.9	2.2	2.6	3.2	5.8	6.2	6	6	5.8	5.2	4.8	3	2.6	2.9	3	2.8	2	2.6
3	2.2	2.2	2.8	4	4.1	4.1	5.6	5	6	7.2	7.2	7	7.2	7	6.8	6.6	6	5.2	4.9	4.7	4.2	3.6	2.9	2.2
4	2.4	2	1.2	1.8	1.6	1.6	3.4	5	5.6	7.5	9.5	10	10	9.6	9.5	8.8	8.2	7	6	5.5	5.8	5.1	4.8	4.5
5	4.2	4	3.8	3.3	3.6	3.8	5.5	7	8.2	9.8	11.5	11.4	12	10.5	11.4	10.3	9.3	8	6.5	6	5.8	5.2	5	5
6	5	4.8	4.6	4.3	4	4.1	4.9	7	8.3	10	11.8	12.2	12.7	12.9	12	10.5	9.6	7.8	6.7	6.4	6.3	6	5.9	5.8
7	5.6	5.3	5.2	5.2	5.2	5.3	6	7	8.6	11	11.5	11.8	12.2	12	12.8	14.7	14	13.2	11.5	10.3	10	9.3	9.4	9.2
8	7.5	6.4	6	5.3	5.1	5.2	6	7.7	9.8	11.4	11.5	15	16.8	17.5	18	17	14.2	13	11.5	9.6	9	9.7	9.9	9.7
9	8	7.7	7.2	7	7.3	7.1	9	12	15.3	17.1	17.5	19	20.2	20.8	22	22.2	22.1	19.3	18.8	16	15	14.2	13.3	13
10	12.2	11.5	11	10.8	10.6	11	12.5	16.5	18.2	19	20.2	21.9	23	23	24.2	25.3	24.5	23.2	20	17.8	16.2	16	16.1	15.5
11	16	15	13.2	13.3	13.6	12.8	14.8	19	19.8	22.3	23.5	20.5	22.6	24.8	24.6	23.8	22	20	21	20.5	18.8	17	16.2	16
12	15	14	13.6	13	12.2	11.3	11	11.1	12.4	13.6	15.7	16.8	18.4	17.8	15.8	13.7	13.5	13	11.8	11.6	11	10.8	10.5	9.9
13	9.8	9.7	9.5	9.4	9.2	9.1	9.5	10.4	11.5	13	14.8	16.2	15	15.2	14	16.5	18.2	14.1	15	14.2	14	13.2	12	12
14	12	13	12.2	12	11.8	12	11.2	13	13.1	13.3	15.2	13.6	12.4	12	12.6	13	14.2	13	12	12	12	11.5	11.2	11.1
15	11.6	11.5	12	11.2	11.2	11	11.5	13.3	13	12.8	13.3	13.2	13.8	14.6	15	14.1	14	13	13	13	13	12.6	12.5	12.4
16	12.6	12.7	12.7	12.8	12.5	12.2	12.8	13.6	14	14.5	16	16.8	18.2	19.8	19.8	19.8	20.2	18	16.8	15.8	14	13.5	13	12.6
17	12.6	13.5	13.6	13.4	13	13.1	15.8	17	20	18.2	19	21.8	21	21	20.8	19.8	19.6	19.4	19	19.7	22	20.6	20.2	20.2
18	21	20	19.5	18.8	17.8	18.4	17	17.6	15.5	16.2	17	17.4	19.2	19	17.5	18.4	17	16.8	15.5	15.1	14.2	13.8	12.8	11.4
19	13	12.8	11.6	11.1	11.3	11.4	12	12	12.8	13.8	15	16.2	16.4	18	17	16.6	15.8	14.2	14	13.8	14.2	13.8	12.8	12.9
20	13	13.1	12.8	12.8	12.8	13	15.3	15.8	16.2	16.4	17	18.4	18.8	19.8	19.6	19.2	18	16.8	16.4	16	15.5	15.9	13.9	15.1
21	15.8	15.8	13.9	14.1	14.4	14.1	18	17.9	19	20	20.2	21.4	23.1	22.1	23	22.3	22	21.6	21	20.2	20	19.9	19	17.4
22	16.1	15.8	15.3	15.1	14.9	15.4	16	14.9	14.6	14.4	14	14	14.5	14.8	14.9	15.1	15.6	15.4	14.8	14	14	13.8	13	12.4
23	11.2	10.8	10.6	10.2	9	8.2	8.8	9	9	9	8.9	9.2	9.8	10	9.9	9.9	9.8	9.1	8.9	8.8	8.8	8.5	8	7.9
24	7.4	7.2	7.1	7	7	6.9	8	10	10.8	11.8	13	13.6	14.4	15	15.4	15.3	14.8	13.8	12.2	11.4	10.2	10	9.1	9
25	8.8	8.2	8.1	8	7.6	7.1	8	9.1	10.2	13.9	14.1	14.8	15.5	17	17.6	17.3	16.5	15	13	12.3	11.9	11.1	11	9.5
26	9.3	9.2	10.1	9.5	10.1	10.4	12.5	14	17	17.3	18.5	18.2	19.8	20.5	21.1	21.2	20.4	19.1	17.2	16.3	16	16	16.3	16
27	12.5	11.9	11.1	11.1	11.1	11.3	11.8	12.6	14.3	14.5	14	15.7	15.7	15.8	14.5	16.4	16.5	15.2	14	13	12.8	12.8	12.7	12
28	11.2	12	12.1	11.8	10.8	12	14.7	15.1	15.8	16.3	17	18	17.4	17.2	18.1	18	18.4	17.6	16.5	15.5	15	14.3	15	14.1
29	13.6	14.3	14.5	14.4	13	11.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	11	11.9	12.2	9.7	12	12.1	11.2	10.8	11	10.8	9	10	10.8
30	10.7	10.8	10.8	10.9	10.9	10	10	10.5	12	9	9.6	10.2	13.5	13.6	11	11.8	11.9	11.1	11	10.6	10.8	10.1	10	10

Ek 1 İstanbul/Göztepe için Meteoroloji Müdürlüğü'nce Ölçülen Saatlik Hava Sıcaklıkları (Devam)

2004 YILI SAATLİK GÜNEŞLENME DEĞERLERİ TABLOSU (W/m ²)																								
İstasyon Adı: GÖZTEPE												Ay: EKİM												
Günler	SAATLER																							
	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	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.9	174.2	362.2	487.6	522.5	438.9	348.3	438.9	452.8	390.1	250.8	27.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.9	111.5	264.7	452.8	557.3	585.1	620.0	585.1	508.5	390.1	222.9	48.8	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.9	209.0	209.0	313.5	327.4	452.8	459.8	473.7	459.8	313.5	160.2	34.8	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.9	174.2	306.5	390.1	515.5	376.2	431.9	473.7	376.2	334.4	209.0	34.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	104.5	264.7	550.3	592.1	633.9	640.9	599.1	452.8	362.2	209.0	34.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	125.4	292.6	313.5	320.4	278.6	445.8	390.1	355.3	174.2	83.6	27.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	20.9	48.8	69.7	69.7	62.7	48.8	62.7	69.7	48.8	41.8	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	7.0	27.9	69.7	118.4	111.5	104.5	104.5	118.4	41.8	7.0	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	55.7	118.4	188.1	334.4	459.8	543.3	487.6	404.0	334.4	174.2	27.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	90.6	306.5	452.8	557.3	599.1	606.0	543.3	445.8	313.5	167.2	27.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.4	90.6	125.4	132.4	104.5	153.3	118.4	90.6	69.7	55.7	41.8	13.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	20.9	62.7	153.3	153.3	118.4	111.5	111.5	111.5	83.6	27.9	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	13.9	55.7	243.8	431.9	376.2	215.9	215.9	202.0	125.4	104.5	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	48.8	125.4	167.2	257.7	257.7	243.8	285.6	299.5	125.4	34.8	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	55.7	236.8	376.2	494.6	557.3	571.2	550.3	411.0	195.0	69.7	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	83.6	264.7	438.9	515.5	536.4	508.5	320.4	278.6	146.3	55.7	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	97.5	222.9	327.4	459.8	515.5	508.5	473.7	320.4	299.5	118.4	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	41.8	160.2	376.2	557.3	578.2	557.3	508.5	397.1	236.8	69.7	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	69.7	209.0	362.2	487.6	543.3	494.6	480.7	404.0	236.8	76.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	27.9	209.0	348.3	487.6	543.3	418.0	250.8	160.2	90.6	69.7	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.4	139.3	313.5	431.9	522.5	529.4	564.2	571.2	438.9	250.8	69.7	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	27.9	69.7	118.4	195.0	167.2	306.5	139.3	48.8	41.8	20.9	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	125.4	174.2	236.8	271.7	292.6	278.6	250.8	195.0	125.4	34.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	90.6	278.6	445.8	529.4	578.2	543.3	494.6	376.2	243.8	55.7	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	97.5	285.6	418.0	515.5	564.2	543.3	466.7	348.3	215.9	69.7	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
26	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	97.5	306.5	404.0	508.5	529.4	508.5	424.9	299.5	209.0	41.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
27	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	27.9	90.6	271.7	411.0	473.7	445.8	334.4	376.2	229.9	55.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
28	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	69.7	250.8	390.1	501.6	536.4	536.4	480.7	362.2	229.9	41.8	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
29	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	55.7	222.9	362.2	452.8	508.5	480.7	438.9	369.2	243.8	69.7	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	55.7	243.8	383.1	452.8	508.5	501.6	438.9	348.3	188.1	34.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
31	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	76.6	257.7	397.1	494.6	536.4	529.4	466.7	362.2	202.0	27.9	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Ek 2. İstanbul/Göztepe için Meteoroloji Müdürlüğü'nce Ölçülen Saatlik Güneşlenme Değerleri

2004 YILI SAATLİK GÜNEŞLENME DEĞERLERİ TABLOSU (W/m ²)																								
İstasyon Adı: GÖZTEPE													Ay: KASIM											
Günler	SAATLER																							
	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	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	27.9	90.6	348.3	348.3	383.1	487.6	459.8	334.4	181.1	27.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	55.7	118.4	132.4	125.4	146.3	111.5	104.5	104.5	83.6	27.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	48.8	292.6	362.2	313.5	348.3	348.3	104.5	55.7	55.7	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	55.7	285.6	390.1	431.9	515.5	404.0	334.4	306.5	188.1	20.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	55.7	195.0	438.9	501.6	543.3	522.5	459.8	334.4	167.2	13.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	34.8	229.9	369.2	355.3	522.5	473.7	299.5	181.1	153.3	41.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	27.9	222.9	348.3	418.0	431.9	418.0	334.4	139.3	69.7	13.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.9	188.1	327.4	369.2	487.6	452.8	404.0	299.5	118.4	20.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	41.8	104.5	174.2	348.3	431.9	494.6	320.4	236.8	76.6	20.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.9	132.4	229.9	285.6	424.9	243.8	236.8	111.5	90.6	27.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	41.8	90.6	264.7	320.4	438.9	424.9	376.2	299.5	146.3	27.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	34.8	62.7	125.4	236.8	202.0	250.8	271.7	153.3	69.7	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	34.8	167.2	222.9	236.8	445.8	445.8	404.0	250.8	83.6	10.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	27.9	111.5	222.9	257.7	250.8	97.5	83.6	97.5	27.9	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.9	55.7	104.5	132.4	132.4	195.0	202.0	69.7	55.7	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	27.9	76.6	97.5	111.5	97.5	34.8	7.0	7.0	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	20.9	27.9	69.7	209.0	355.3	188.1	160.2	76.6	20.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.9	139.3	285.6	271.7	431.9	515.5	459.8	341.3	174.2	13.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	27.9	167.2	341.3	250.8	515.5	515.5	390.1	348.3	215.9	27.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	7.0	7.0	20.9	20.9	27.9	41.8	41.8	20.9	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.9	104.5	278.6	153.3	306.5	564.2	480.7	320.4	139.3	13.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	7.0	7.0	13.9	7.0	111.5	348.3	334.4	250.8	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.9	55.7	209.0	222.9	341.3	236.8	160.2	76.6	20.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	27.9	27.9	20.9	34.8	27.9	27.9	20.9	13.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	90.6	320.4	195.0	445.8	376.2	181.1	153.3	97.5	20.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
26	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	62.7	236.8	243.8	445.8	355.3	320.4	188.1	111.5	10.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
27	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.4	90.6	195.0	285.6	341.3	459.8	418.0	306.5	167.2	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
28	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.4	76.6	167.2	209.0	153.3	160.2	174.2	139.3	69.7	20.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
29	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	83.6	195.0	195.0	418.0	431.9	355.3	264.7	125.4	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	55.7	55.7	97.5	202.0	327.4	271.7	236.8	132.4	13.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Ek 2 İstanbul/Göztepe için Meteoroloji Müdürlüğü'nce Ölçülen Saatlik Güneşlenme Değerleri (Devam)

2004 YILI SAATLİK GÜNEŞLENME DEĞERLERİ TABLOSU (W/m ²)																								
İstasyon Adı: GÖZTEPE													Ay: ARALIK											
Günler	SAATLER																							
	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	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	97.5	160.2	278.6	250.8	376.2	222.9	222.9	55.7	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	55.7	160.2	229.9	299.5	292.6	362.2	278.6	132.4	20.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.7	76.6	195.0	229.9	431.9	424.9	376.2	341.3	111.5	20.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	76.6	118.4	132.4	153.3	209.0	209.0	111.5	34.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	55.7	90.6	167.2	174.2	348.3	236.8	209.0	55.7	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	48.8	167.2	167.2	431.9	431.9	383.1	292.6	118.4	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	7.0	20.9	125.4	215.9	111.5	69.7	83.6	41.8	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	48.8	195.0	209.0	411.0	418.0	348.3	243.8	111.5	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	55.7	160.2	264.7	222.9	236.8	278.6	139.3	55.7	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	55.7	209.0	278.6	438.9	445.8	341.3	188.1	83.6	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	7.0	20.9	55.7	27.9	20.9	48.8	83.6	55.7	13.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	55.7	153.3	215.9	397.1	431.9	397.1	285.6	125.4	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	90.6	195.0	278.6	355.3	271.7	167.2	181.1	55.7	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	7.0	13.9	41.8	139.3	174.2	195.0	167.2	111.5	13.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	7.0	7.0	20.9	243.8	431.9	334.4	292.6	209.0	20.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	48.8	125.4	229.9	320.4	494.6	369.2	250.8	111.5	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	55.7	209.0	111.5	452.8	466.7	418.0	306.5	167.2	20.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	97.5	243.8	285.6	257.7	215.9	160.2	181.1	97.5	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.9	90.6	55.7	97.5	118.4	97.5	97.5	139.3	55.7	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	7.0	27.9	55.7	90.6	222.9	118.4	76.6	20.9	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	13.9	27.9	69.7	125.4	90.6	90.6	69.7	20.9	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	20.9	20.9	27.9	41.8	41.8	48.8	48.8	20.9	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	34.8	83.6	125.4	146.3	146.3	160.2	62.7	27.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	104.5	243.8	209.0	334.4	397.1	320.4	306.5	69.7	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	55.7	195.0	229.9	452.8	466.7	431.9	292.6	160.2	13.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
26	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	90.6	174.2	153.3	459.8	445.8	404.0	257.7	76.6	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
27	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	41.8	118.4	174.2	404.0	390.1	390.1	341.3	229.9	48.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
28	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	48.8	132.4	118.4	390.1	418.0	355.3	250.8	125.4	13.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
29	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	34.8	90.6	90.6	125.4	83.6	167.2	83.6	27.9	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	118.4	174.2	118.4	139.3	418.0	250.8	278.6	118.4	13.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
31	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	20.9	34.8	20.9	118.4	69.7	55.7	69.7	55.7	13.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Ek 2 İstanbul/Göztepe için Meteoroloji Müdürlüğü'nce Ölçülen Saatlik Güneşlenme Değerleri (Devam)

2005 YILI SAATLİK GÜNEŞLENME DEĞERLERİ TABLOSU (W/m ²)																								
İstasyon Adı: GÖZTEPE													Ay: OCAK											
Günler	SAATLER																							
	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	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	34.8	188.1	125.4	76.6	48.8	20.9	76.6	41.8	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	13.9	83.6	90.6	41.8	111.5	125.4	41.8	20.9	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	41.8	167.2	195.0	404.0	438.9	348.3	160.2	69.7	20.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	27.9	76.6	174.2	229.9	153.3	97.5	97.5	104.5	20.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	48.8	222.9	188.1	153.3	369.2	348.3	153.3	48.8	13.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	48.8	209.0	118.4	459.8	466.7	431.9	320.4	195.0	27.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	13.9	27.9	34.8	111.5	62.7	62.7	55.7	7.0	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	83.6	118.4	195.0	431.9	404.0	362.2	306.5	188.1	13.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	62.7	167.2	167.2	431.9	438.9	397.1	327.4	222.9	34.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	55.7	174.2	188.1	376.2	397.1	404.0	299.5	174.2	34.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	55.7	139.3	209.0	411.0	438.9	418.0	327.4	209.0	27.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	90.6	222.9	181.1	431.9	459.8	376.2	257.7	132.4	13.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	41.8	83.6	167.2	348.3	306.5	313.5	222.9	139.3	20.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.9	62.7	97.5	55.7	27.9	27.9	20.9	27.9	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	13.9	34.8	48.8	62.7	48.8	69.7	90.6	13.9	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	48.8	69.7	97.5	104.5	111.5	76.6	34.8	27.9	13.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	20.9	27.9	48.8	83.6	76.6	76.6	55.7	20.9	13.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	20.9	90.6	236.8	167.2	118.4	125.4	69.7	69.7	20.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	118.4	195.0	257.7	278.6	431.9	313.5	209.0	104.5	20.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.4	104.5	222.9	209.0	313.5	390.1	452.8	313.5	195.0	20.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	69.7	250.8	125.4	473.7	473.7	418.0	348.3	153.3	55.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	13.9	41.8	90.6	139.3	181.1	83.6	48.8	13.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	41.8	236.8	160.2	320.4	306.5	404.0	306.5	236.8	55.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	111.5	264.7	209.0	473.7	438.9	348.3	181.1	83.6	20.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	7.0	13.9	62.7	55.7	62.7	83.6	104.5	83.6	13.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
26	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	48.8	209.0	139.3	111.5	125.4	132.4	111.5	69.7	41.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
27	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	20.9	27.9	34.8	69.7	209.0	209.0	55.7	83.6	13.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
28	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	20.9	83.6	195.0	181.1	104.5	90.6	146.3	90.6	20.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
29	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	7.0	13.9	13.9	292.6	209.0	34.8	27.9	125.4	13.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	13.9	20.9	34.8	41.8	34.8	41.8	27.9	20.9	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
31	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	69.7	139.3	181.1	264.7	508.5	445.8	188.1	27.9	13.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Ek 2 İstanbul/Göztepe için Meteoroloji Müdürlüğü'nce Ölçülen Saatlik Güneşlenme Değerleri (Devam)

2005 YILI SAATLİK GÜNEŞLENME DEĞERLERİ TABLOSU (W/m ²)																								
İstasyon Adı: GÖZTEPE												Ay: ŞUBAT												
Günler	SAATLER																							
	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	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	125.4	250.8	222.9	222.9	376.2	313.5	383.1	229.9	69.7	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	20.9	48.8	83.6	34.8	55.7	48.8	69.7	83.6	55.7	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	27.9	48.8	48.8	41.8	104.5	125.4	83.6	83.6	13.9	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	55.7	13.9	27.9	41.8	7.0	7.0	34.8	76.6	20.9	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	20.9	48.8	97.5	250.8	264.7	139.3	69.7	83.6	34.8	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.9	146.3	125.4	167.2	146.3	181.1	320.4	348.3	222.9	48.8	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.3	90.6	195.0	188.1	209.0	90.6	104.5	55.7	111.5	20.9	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	55.7	181.1	222.9	90.6	69.7	111.5	167.2	69.7	34.8	20.9	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.4	153.3	97.5	69.7	111.5	139.3	306.5	62.7	90.6	34.8	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	48.8	195.0	418.0	557.3	557.3	473.7	418.0	334.4	34.8	7.0	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.4	195.0	438.9	522.5	571.2	571.2	404.0	424.9	313.5	83.6	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.7	181.1	327.4	376.2	445.8	557.3	494.6	313.5	209.0	55.7	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.2	118.4	445.8	397.1	585.1	334.4	202.0	418.0	348.3	202.0	10.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	13.9	27.9	55.7	452.8	146.3	76.6	299.5	334.4	97.5	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.9	125.4	125.4	153.3	160.2	264.7	487.6	69.7	20.9	7.0	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	69.7	153.3	83.6	104.5	132.4	90.6	62.7	20.9	7.0	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26.1	278.6	174.2	125.4	418.0	153.3	445.8	508.5	278.6	139.3	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	48.8	90.6	181.1	69.7	111.5	125.4	139.3	181.1	139.3	13.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.2	55.7	104.5	362.2	661.8	640.9	606.0	508.5	390.1	174.2	10.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.4	97.5	306.5	473.7	418.0	222.9	438.9	487.6	313.5	125.4	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.4	90.6	160.2	313.5	522.5	508.5	640.9	487.6	341.3	90.6	10.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	62.7	313.5	473.7	578.2	626.9	647.8	613.0	508.5	369.2	188.1	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	48.8	174.2	327.4	313.5	626.9	654.8	522.5	264.7	69.7	20.9	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	167.2	376.2	501.6	599.1	647.8	640.9	578.2	473.7	327.4	104.5	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	90.6	313.5	452.8	578.2	640.9	654.8	557.3	515.5	278.6	118.4	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
26	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	20.9	55.7	104.5	83.6	118.4	118.4	215.9	62.7	48.8	13.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
27	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	7.0	13.9	27.9	90.6	592.1	487.6	501.6	431.9	348.3	13.9	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
28	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	7.0	55.7	97.5	97.5	181.1	111.5	111.5	118.4	97.5	41.8	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Ek 2 İstanbul/Göztepe için Meteoroloji Müdürlüğü'nce Ölçülen Saatlik Güneşlenme Değerleri (Devam)

2005 YILI SAATLİK GÜNEŞLENME DEĞERLERİ TABLOSU (W/m ²)																								
İstasyon Adı: GÖZTEPE													Ay: MART											
Günler	SAATLER																							
	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	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	48.8	90.6	97.5	97.5	69.7	125.4	118.4	62.7	41.8	10.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	13.9	20.9	20.9	76.6	104.5	111.5	83.6	83.6	34.8	27.9	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	27.9	34.8	48.8	139.3	125.4	257.7	424.9	257.7	167.2	55.7	34.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	41.8	222.9	285.6	613.0	640.9	703.6	675.7	571.2	473.7	236.8	69.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	90.6	229.9	404.0	466.7	431.9	327.4	313.5	209.0	83.6	76.6	24.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	27.9	48.8	376.2	571.2	418.0	487.6	487.6	431.9	222.9	27.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.4	188.1	390.1	522.5	585.1	647.8	696.6	557.3	487.6	285.6	132.4	62.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	27.9	41.8	55.7	111.5	125.4	195.0	195.0	90.6	41.8	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.4	90.6	313.5	473.7	626.9	696.6	717.5	668.7	585.1	452.8	257.7	62.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	69.7	236.8	529.4	529.4	348.3	522.5	473.7	654.8	209.0	48.8	41.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	97.5	146.3	243.8	250.8	397.1	431.9	571.2	376.2	181.1	139.3	34.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	97.5	362.2	557.3	668.7	731.4	738.4	717.5	640.9	473.7	306.5	55.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	202.0	418.0	578.2	675.7	717.5	731.4	682.7	599.1	452.8	229.9	41.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	20.9	48.8	62.7	118.4	264.7	188.1	243.8	390.1	250.8	125.4	48.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.4	139.3	292.6	480.7	599.1	682.7	738.4	675.7	599.1	473.7	292.6	111.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	139.3	334.4	390.1	445.8	487.6	557.3	640.9	557.3	348.3	278.6	41.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.9	153.3	334.4	522.5	613.0	717.5	731.4	682.7	585.1	438.9	243.8	69.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	90.6	313.5	515.5	633.9	675.7	661.8	264.7	111.5	278.6	313.5	104.5	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.4	153.3	355.3	529.4	647.8	710.5	599.1	459.8	494.6	250.8	118.4	41.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	34.8	118.4	313.5	299.5	278.6	278.6	118.4	111.5	125.4	153.3	41.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	31.3	243.8	445.8	578.2	661.8	731.4	731.4	668.7	640.9	522.5	320.4	69.7	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	27.9	229.9	431.9	508.5	668.7	731.4	724.5	661.8	543.3	459.8	243.8	69.7	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	41.8	236.8	404.0	578.2	696.6	696.6	661.8	640.9	564.2	459.8	243.8	55.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	41.8	264.7	431.9	529.4	696.6	731.4	724.5	675.7	536.4	397.1	236.8	62.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	83.6	313.5	452.8	592.1	710.5	710.5	710.5	654.8	390.1	292.6	250.8	41.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
26	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	55.7	250.8	445.8	543.3	640.9	717.5	696.6	557.3	383.1	313.5	181.1	69.7	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
27	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	34.8	118.4	167.2	174.2	257.7	264.7	306.5	243.8	167.2	320.4	264.7	69.7	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
28	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	34.8	139.3	167.2	229.9	383.1	209.0	90.6	104.5	250.8	536.4	348.3	188.1	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
29	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	27.9	125.4	188.1	69.7	55.7	118.4	125.4	153.3	125.4	90.6	41.8	20.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	34.8	69.7	222.9	452.8	696.6	529.4	278.6	592.1	592.1	243.8	195.0	34.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
31	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	48.8	188.1	250.8	222.9	222.9	348.3	362.2	278.6	104.5	41.8	13.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Ek 2 İstanbul/Göztepe için Meteoroloji Müdürlüğü'nce Ölçülen Saatlik Güneşlenme Değerleri (Devam)

2005 YILI SAATLİK GÜNEŞLENME DEĞERLERİ TABLOSU (W/m ²)																								
İstasyon Adı: GÖZTEPE												Ay: NİSAN												
Günler	SAATLER																							
	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	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	34.8	76.6	83.6	209.0	236.8	243.8	236.8	250.8	118.4	195.0	69.7	27.9	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	97.5	132.4	209.0	508.5	557.3	550.3	459.8	487.6	341.3	278.6	139.3	10.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.7	229.9	97.5	390.1	508.5	515.5	487.6	473.7	376.2	188.1	229.9	97.5	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	34.8	195.0	250.8	348.3	668.7	738.4	731.4	557.3	487.6	445.8	362.2	139.3	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	62.7	313.5	487.6	731.4	752.3	822.0	808.1	759.3	689.6	543.3	369.2	83.6	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	41.8	278.6	473.7	613.0	703.6	759.3	752.3	724.5	571.2	418.0	209.0	104.5	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	55.7	222.9	452.8	571.2	654.8	752.3	724.5	710.5	626.9	473.7	334.4	125.4	20.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	41.8	236.8	404.0	418.0	418.0	557.3	738.4	682.7	613.0	487.6	348.3	104.5	10.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	69.7	278.6	452.8	592.1	696.6	752.3	794.1	731.4	626.9	501.6	313.5	125.4	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	62.7	278.6	487.6	633.9	766.3	696.6	557.3	494.6	473.7	313.5	90.6	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	125.4	285.6	313.5	543.3	620.0	717.5	696.6	606.0	606.0	452.8	195.0	62.7	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	48.8	209.0	404.0	571.2	682.7	710.5	654.8	445.8	167.2	153.3	222.9	125.4	48.8	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0
13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	90.6	160.2	236.8	557.3	696.6	717.5	731.4	717.5	452.8	466.7	257.7	27.9	15.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	125.4	404.0	487.6	557.3	452.8	348.3	195.0	418.0	264.7	174.2	376.2	69.7	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	69.7	348.3	355.3	299.5	243.8	397.1	167.2	390.1	348.3	313.5	209.0	55.7	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	69.7	334.4	543.3	320.4	383.1	794.1	794.1	731.4	661.8	487.6	306.5	118.4	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	69.7	257.7	369.2	424.9	188.1	473.7	578.2	334.4	160.2	48.8	48.8	41.8	5.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	55.7	195.0	125.4	97.5	195.0	599.1	571.2	745.4	243.8	418.0	243.8	167.2	69.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	20.9	41.8	111.5	348.3	766.3	794.1	626.9	710.5	626.9	522.5	229.9	111.5	10.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.9	160.2	369.2	487.6	675.7	738.4	787.2	745.4	731.4	501.6	487.6	376.2	83.6	15.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	69.7	313.5	445.8	606.0	668.7	675.7	647.8	501.6	445.8	369.2	222.9	125.4	13.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	146.3	111.5	125.4	195.0	292.6	236.8	397.1	397.1	341.3	243.8	313.5	69.7	27.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	48.8	76.6	41.8	97.5	195.0	236.8	285.6	264.7	167.2	181.1	160.2	34.8	13.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.4	139.3	376.2	522.5	661.8	626.9	870.8	863.8	738.4	731.4	592.1	466.7	236.8	27.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	139.3	348.3	522.5	661.8	752.3	822.0	766.3	780.2	710.5	557.3	362.2	174.2	27.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
26	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.9	69.7	188.1	487.6	640.9	787.2	835.9	787.2	668.7	620.0	418.0	383.1	139.3	20.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
27	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.9	118.4	522.5	445.8	696.6	390.1	626.9	766.3	348.3	278.6	431.9	278.6	27.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
28	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	27.9	209.0	397.1	557.3	675.7	759.3	849.9	808.1	787.2	592.1	522.5	327.4	111.5	20.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
29	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.4	27.9	62.7	97.5	69.7	167.2	243.8	452.8	278.6	278.6	445.8	97.5	27.9	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0
30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	27.9	83.6	55.7	278.6	90.6	55.7	264.7	397.1	571.2	139.3	125.4	69.7	55.7	27.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Ek 2 İstanbul/Göztepe için Meteoroloji Müdürlüğü'nce Ölçülen Saatlik Güneşlenme Değerleri (Devam)

Ek 3 Saatlik Değer Tablosunun Bir Kısmı

15 Ekim 2004 - 18 Ekim 2004 Tarihleri Arası İçin Saatlik Değerler

Tarih	Saat	T _d (°C)	Q _s (kWsaat)	Q _{bi} (kWsaat)	T _{top} (°C)	T _{s2} (°C)	z	F(z)	Q _t (kWsaat)	Q _y (kWsaat/m ²)	Q _{ft} (kWsaat)	Q _d (kWsaat)	Q _{kb} (kWsaat)	m _{kb} (kg/s)	Q _{kd} (kWsaat)	m _{kd} (kg/s)	Q _{tb} (kWsaat)	Q _{db} (kWsaat)	Q _{bg} (kWsaat)	m _{ips} (kg/s)	m _{sa} (kg/s)	W _{k-min} (kWsaat)	W _{k-ek-ger.} (kWsaat)	Q _{d-har.} (kWsaat)	W _{k-ek-har.} (kWsaat)	W _{k-har.} (kWsaat)	COP	η _{ka}	Y (kg/saat)
15.10.2004	1	12,9	16,61	13,89	19,66	16,66	24,5	2,83	78,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,89	0,00	13,89	0,28	0,10	2,72	0,00	0,00	0,00	2,72	6,10	0,79	1,94
	2	11,9	18,95	15,84	19,66	16,66	49,0	2,42	73,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15,84	0,00	15,84	0,32	0,11	3,11	0,00	0,00	0,00	3,11	6,10	0,82	2,14
	3	10,8	21,52	17,99	19,66	15,29	73,5	2,21	70,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	17,99	0,00	17,99	0,37	0,13	3,53	0,00	0,00	0,00	3,53	6,10	0,85	2,34
	4	10,4	22,46	18,78	19,66	14,90	98,0	2,07	68,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18,78	0,00	18,78	0,38	0,13	3,68	0,00	0,00	0,00	3,68	6,10	0,86	2,42
	5	10,3	22,69	18,97	19,66	14,99	122,5	2,10	68,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18,97	0,00	18,97	0,39	0,13	3,72	0,00	0,00	0,00	3,72	6,10	0,86	2,44
	6	10,5	22,22	18,58	19,66	14,84	147,0	2,05	67,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18,58	0,00	18,58	0,38	0,13	3,64	0,00	0,00	0,00	3,64	6,10	0,86	2,40
	7	11,4	20,12	16,82	19,66	14,71	171,5	2,00	66,95	0,00	0,04	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	16,82	0,00	16,82	0,34	0,12	3,30	0,00	0,00	0,00	3,30	6,10	0,83	2,23
	8	13,4	15,44	12,91	19,66	14,60	196,0	1,97	66,31	0,06	0,63	0,67	0,00	0,00	0,00	0,02	12,91	0,00	12,91	0,26	0,09	2,53	0,00	0,00	0,00	2,53	6,10	0,78	1,84
	9	16,1	9,12	7,63	19,66	14,50	220,5	1,93	65,75	0,24	2,68	3,35	0,00	0,00	0,00	0,06	7,63	0,00	7,63	0,16	0,05	1,50	0,00	0,00	0,00	1,50	6,10	0,69	1,22
	10	16,8	7,49	6,26	19,66	14,41	245,0	1,91	65,24	0,38	4,25	7,60	0,00	0,00	0,00	0,10	6,26	0,00	6,26	0,13	0,04	1,23	0,00	0,00	0,00	1,23	6,10	0,67	1,04
	11	18,1	4,44	3,72	19,66	14,33	269,5	1,88	64,78	0,49	5,59	9,47	0,00	0,00	0,00	0,04	4,44	0,00	4,44	0,08	0,03	0,73	0,00	0,00	0,00	0,73	6,10	0,62	0,66
	12	18,6	3,28	2,74	19,66	14,26	294,0	1,86	64,36	0,56	6,30	13,03	0,00	0,00	0,00	0,09	3,28	0,00	3,28	0,06	0,02	0,54	0,00	0,00	0,00	0,54	6,10	0,60	0,50
	13	18,7	3,04	2,54	19,66	14,19	318,5	1,84	63,97	0,57	6,45	16,84	0,00	0,00	0,00	0,09	3,04	0,00	3,04	0,05	0,02	0,50	0,00	0,00	0,00	0,50	6,10	0,60	0,47
	14	19,0	2,34	1,96	19,66	14,13	343,0	1,82	63,61	0,55	6,22	21,20	0,00	0,00	0,00	0,10	2,34	0,00	2,34	0,04	0,01	0,38	0,00	0,00	0,00	0,38	6,10	0,59	0,37
	15	18,0	4,68	3,91	19,66	14,07	367,5	1,80	63,27	0,41	4,64	21,93	0,00	0,00	0,00	0,07	4,68	0,00	4,68	0,08	0,03	0,77	0,00	0,00	0,00	0,77	6,10	0,63	0,69
	16	17,6	5,61	4,69	19,66	14,01	392,0	1,79	62,96	0,20	2,20	24,13	0,00	0,00	0,00	0,05	4,69	0,00	4,69	0,10	0,03	0,92	0,00	0,00	0,00	0,92	6,10	0,64	0,81
	17	17,0	7,02	5,87	19,66	13,96	416,5	1,77	62,67	0,07	0,79	24,92	0,00	0,00	0,00	0,02	5,87	0,00	5,87	0,12	0,04	1,15	0,00	0,00	0,00	1,15	6,10	0,66	0,98
	18	16,8	7,49	6,26	19,66	13,91	441,0	1,76	62,39	0,01	0,08	25,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,26	0,00	6,26	0,13	0,04	1,23	0,00	0,00	0,00	1,23	6,10	0,67	1,04
	19	16,0	9,36	7,82	19,66	13,87	465,5	1,74	62,12	0,00	0,00	25,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,82	0,00	7,82	0,16	0,05	1,53	0,00	0,00	0,00	1,53	6,10	0,70	1,24
	20	16,5	8,19	6,85	19,66	13,82	490,0	1,73	61,87	0,00	0,00	25,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,85	0,00	6,85	0,14	0,05	1,34	0,00	0,00	0,00	1,34	6,10	0,68	1,12
	21	15,1	11,46	9,58	19,66	13,78	514,5	1,72	61,64	0,00	0,00	25,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,58	0,00	9,58	0,20	0,07	1,88	0,00	0,00	0,00	1,88	6,10	0,73	1,46
	22	15,0	11,70	9,78	19,66	13,74	539,0	1,71	61,41	0,00	0,00	25,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,78	0,00	9,78	0,20	0,07	1,92	0,00	0,00	0,00	1,92	6,10	0,73	1,49
	23	15,0	11,70	9,78	19,66	13,70	563,5	1,70	61,19	0,00	0,00	25,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,78	0,00	9,78	0,20	0,07	1,92	0,00	0,00	0,00	1,92	6,10	0,73	1,49
	24	15,0	11,70	9,78	19,66	13,67	588,0	1,69	60,98	0,00	0,00	25,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,78	0,00	9,78	0,20	0,07	1,92	0,00	0,00	0,00	1,92	6,10	0,73	1,49
16.10.2004	1	15,1	11,46	9,58	19,61	13,60	612,5	1,68	60,60	0,00	0,00	25,00	0,00	0,00	0,00	9,58	0,00	9,58	0,20	0,07	1,88	0,00	0,00	0,00	1,88	6,10	0,73	1,46	
	2	15,1	11,46	9,58	19,61	13,57	637,0	1,67	60,41	0,00	0,00	25,00	0,00	0,00	0,00	9,58	0,00	9,58	0,20	0,07	1,88	0,00	0,00	0,00	1,88	6,10	0,73	1,46	
	3	16,1	9,12	7,63	19,61	13,53	661,5	1,66	60,22	0,00	0,00	25,00	0,00	0,00	0,00	7,63	0,00	7,63	0,16	0,05	1,50	0,00	0,00	0,00	1,50	6,10	0,69	1,22	
	4	17,1	6,78	5,67	19,61	13,50	686,0	1,65	60,05	0,00	0,00	25,00	0,00	0,00	0,00	5,67	0,00	5,67	0,12	0,04	1,11	0,00	0,00	0,00	1,11	6,10	0,66	0,95	
	5	18,1	4,44	3,72	19,61	13,47	710,5	1,64	59,87	0,00	0,00	25,00	0,00	0,00	0,00	3,72	0,00	3,72	0,08	0,03	0,73	0,00	0,00	0,00	0,73	6,10	0,62	0,66	
	6	14,9	11,93	9,98	19,61	13,44	735,0	1,64	59,71	0,00	0,00	25,00	0,00	0,00	0,00	9,98	0,00	9,98	0,20	0,07	1,96	0,00	0,00	0,00	1,96	6,10	0,73	1,51	
	7	14,6	12,63	10,56	19,61	13,42	759,5	1,63	59,55	0,00	0,04	25,04	0,00	0,00	0,00	10,56	0,00	10,56	0,22	0,07	2,07	0,00	0,00	0,00	2,07	6,10	0,74	1,58	
	8	16,8	7,49	6,26	19,61	13,39	784,0	1,62	59,40	0,08	0,94	25,98	0,00	0,00	0,00	0,02	6,26	0,00	6,26	0,13	0,04	1,23	0,00	0,00	0,00	1,23	6,10	0,67	1,04
	9	19,0	2,34	1,96	19,61	13,36	808,5	1,61	59,25	0,26	2,99	27,02	0,00	0,00	0,00	0,02	1,96	0,00	1,96	0,04	0,01	0,38	0,00	0,00	0,00	0,38	6,10	0,59	0,37
	10	20,2	0,00	0,00	19,61	13,34	833,0	1,61	59,10	0,44	4,96	31,98	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55	0,00
	11	21,0	0,00	0,00	19,61	13,31	857,5	1,60	58,96	0,52	5,82	37,80	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55	0,00
	12	22,2	0,00	0,00	19,61	13,29	882,0	1,60	58,82	0,54	6,06	43,86	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55	0,00
	13	22,8	0,00	0,00	19,61	13,27	906,5	1,59	58,69	0,51	5,75	49,61	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55	0,00
	14	23,1	0,00	0,00	19,61	13,24	931,0	1,58	58,56	0,32	3,62	53,23	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55	0,00
	15	23,1	0,00	0,00	19,61	13,22	955,5	1,58	58,43	0,28	3,15	56,38	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55	0,00
	16	22,8	0,00	0,00	19,61	13,20	980,0	1,57	58,31	0,15	1,65	58,03	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55	0,00
	17	21,0	0,00	0,00	19,61	13,17	1004,5	1,57	58,16	0,06	0,63	58,66	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55	0,00
	18	20,3	0,00	0,00	19,61	13,16	1029,0	1,56	58,07	0,01	0,08	58,74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55	0,00
	19	20,3	0,00	0,00	19,61	13,14	1053,5	1,56	57,99	0,00	0,00	58,74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55	0,00
	20	21,5	0,00	0,00	19,61	13,13	1078,0	1,55	57,91	0,00	0,00	58,74	0,00</																

Ek 3 Saatlik Değer Tablosunun Bir Kısmı (Devam)

15 Kasım 2004 - 18 Kasım 2004 Tarihleri Arası İçin Saatlik Değerler																														
Tarih	Saat	T _d (°C)	Q _s (kWsaat)	Q _{bi} (kWsaat)	T _{top} (°C)	T _{s2} (°C)	z	F(z)	Q _t (kWsaat)	Q _y (kWsaat/m ²)	Q _{ft} (kWsaat)	Q _d (kWsaat)	Q _{kb} (kWsaat)	m _{kb} (kg/s)	Q _{kd} (kWsaat)	m _{kd} (kg/s)	Q _{tb} (kWsaat)	Q _{db} (kWsaat)	Q _{bg} (kWsaat)	m _{ips} (kg/s)	m _{sa} (kg/s)	W _{k-min} (kWsaat)	W _{k-ek-ger.} (kWsaat)	Q _{d-har.} (kWsaat)	W _{k-ek-har.} (kWsaat)	W _{k-har.} (kWsaat)	COP	η _{ka}	Y (kg/saat)	
15.11.2004	1	20.1	0.00	0.00	17.62	10.37	18252.5	1.16	42.16	0.00	0.00	839.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.55	0.00
	2	21.1	0.00	0.00	17.62	10.37	18277.0	1.16	42.16	0.00	0.00	839.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.55	0.00
	3	19.8	0.47	0.39	17.62	10.37	18301.5	1.16	42.15	0.00	0.00	839.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	0.00	0.39	0.01	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	6.10	0.56	0.08
	4	18.8	2.81	2.35	17.62	10.37	18326.0	1.16	42.15	0.00	0.00	839.91	0.00	0.00	0.00	0.00	2.35	0.00	2.35	0.05	0.02	0.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.46	6.10	0.60	0.44
	5	18.2	4.21	3.52	17.62	10.37	18350.5	1.16	42.15	0.00	0.00	839.91	0.00	0.00	0.00	0.00	3.52	0.00	3.52	0.07	0.02	0.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69	6.10	0.62	0.63
	6	18.4	3.74	3.13	17.62	10.37	18375.0	1.16	42.14	0.00	0.00	839.91	0.00	0.00	0.00	0.00	3.13	0.00	3.13	0.06	0.02	0.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.61	6.10	0.61	0.57
	7	18.7	3.04	2.54	17.62	10.37	18399.5	1.16	42.14	0.00	0.00	839.91	0.00	0.00	0.00	0.00	2.54	0.00	2.54	0.05	0.02	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	6.10	0.60	0.47
	8	18.4	3.74	3.13	17.62	10.37	18424.0	1.16	42.13	0.01	0.16	840.06	0.00	0.00	0.16	0.00	3.13	0.00	3.13	0.06	0.02	0.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.61	6.10	0.61	0.57
	9	18.8	2.81	2.35	17.62	10.37	18448.5	1.16	42.13	0.06	0.63	840.69	0.00	0.00	0.63	0.02	2.35	0.00	2.35	0.05	0.02	0.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.46	6.10	0.60	0.44
	10	19.8	0.47	0.39	17.62	10.37	18473.0	1.16	42.13	0.10	1.18	841.48	0.39	0.00	0.79	0.02	0.00	0.00	0.39	0.01	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	6.10	0.56	0.08
	11	20.0	0.00	0.00	17.62	10.37	18497.5	1.16	42.12	0.13	1.50	842.98	0.00	0.00	1.50	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.55	0.00
	12	19.9	0.23	0.20	17.62	10.37	18522.0	1.16	42.12	0.13	1.50	844.28	0.20	0.00	1.30	0.03	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	6.10	0.55	0.04
	13	20.0	0.00	0.00	17.62	10.37	18546.5	1.16	42.11	0.20	2.20	846.48	0.00	0.00	2.20	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.55	0.00
	14	20.0	0.00	0.00	17.62	10.37	18571.0	1.16	42.11	0.20	2.28	848.76	0.00	0.00	2.28	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.55	0.00
	15	19.0	2.34	1.96	17.62	10.36	18595.5	1.16	42.11	0.07	0.79	849.55	0.00	0.00	0.79	0.02	1.96	0.00	1.96	0.04	0.01	0.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38	6.10	0.59	0.37
	16	19.0	2.34	1.96	17.62	10.36	18620.0	1.16	42.10	0.06	0.63	850.18	0.00	0.00	0.63	0.02	1.96	0.00	1.96	0.04	0.01	0.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38	6.10	0.59	0.37
	17	19.0	2.34	1.96	17.62	10.36	18644.5	1.16	42.10	0.00	0.04	850.22	0.00	0.00	0.04	0.00	1.96	0.00	1.96	0.04	0.01	0.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38	6.10	0.59	0.37
	18	15.5	10.53	8.80	17.62	10.36	18669.0	1.16	42.09	0.00	0.00	850.22	0.00	0.00	0.00	0.00	8.80	0.00	8.80	0.18	0.06	1.73	0.00	0.00	0.00	0.00	1.73	6.10	0.71	1.37
	19	13.5	15.21	12.71	17.62	10.36	18693.5	1.16	42.09	0.00	0.00	850.22	0.00	0.00	0.00	0.00	12.71	0.00	12.71	0.26	0.09	2.49	0.00	0.00	0.00	0.00	2.49	6.10	0.78	1.82
	20	13.1	16.14	13.50	17.62	10.36	18718.0	1.16	42.09	0.00	0.00	850.22	0.00	0.00	0.00	0.00	13.50	0.00	13.50	0.28	0.09	2.65	0.00	0.00	0.00	0.00	2.65	6.10	0.79	1.90
	21	12.9	16.61	13.89	17.62	10.36	18742.5	1.16	42.08	0.00	0.00	850.22	0.00	0.00	0.00	0.00	13.89	0.00	13.89	0.28	0.10	2.72	0.00	0.00	0.00	0.00	2.72	6.10	0.79	1.94
	22	12.5	17.54	14.67	17.62	10.36	18767.0	1.16	42.08	0.00	0.00	850.22	0.00	0.00	0.00	0.00	14.67	0.00	14.67	0.30	0.10	2.88	0.00	0.00	0.00	0.00	2.88	6.10	0.80	2.02
	23	12.1	18.48	15.45	17.62	10.36	18791.5	1.16	42.07	0.00	0.00	850.22	0.00	0.00	0.00	0.00	15.45	0.00	15.45	0.32	0.11	3.03	0.00	0.00	0.00	0.00	3.03	6.10	0.82	2.10
	24	12.0	18.71	15.65	17.62	10.36	18816.0	1.16	42.07	0.00	0.00	850.22	0.00	0.00	0.00	0.00	15.65	0.00	15.65	0.32	0.11	3.07	0.00	0.00	0.00	0.00	3.07	6.10	0.82	2.12
16.11.2004	1	12.0	18.71	15.65	17.54	10.32	18840.5	1.16	41.84	0.00	0.00	850.22	0.00	0.00	0.00	0.00	15.65	0.00	15.65	0.32	0.11	3.07	0.00	0.00	0.00	0.00	3.07	6.10	0.82	2.12
	2	12.0	18.71	15.65	17.54	10.32	18865.0	1.16	41.84	0.00	0.00	850.22	0.00	0.00	0.00	0.00	15.65	0.00	15.65	0.32	0.11	3.07	0.00	0.00	0.00	0.00	3.07	6.10	0.82	2.12
	3	11.8	19.18	16.04	17.54	10.32	18889.5	1.16	41.84	0.00	0.00	850.22	0.00	0.00	0.00	0.00	16.04	0.00	16.04	0.33	0.11	3.14	0.00	0.00	0.00	0.00	3.14	6.10	0.82	2.16
	4	11.1	20.82	17.41	17.54	10.32	18914.0	1.16	41.83	0.00	0.00	850.22	0.00	0.00	0.00	0.00	17.41	0.00	17.41	0.36	0.12	3.41	0.00	0.00	0.00	0.00	3.41	6.10	0.84	2.29
	5	11.0	21.05	17.60	17.54	10.32	18938.5	1.15	41.83	0.00	0.00	850.22	0.00	0.00	0.00	0.00	17.60	0.00	17.60	0.36	0.12	3.45	0.00	0.00	0.00	0.00	3.45	6.10	0.85	2.31
	6	11.2	20.59	17.21	17.54	10.32	18963.0	1.15	41.82	0.00	0.00	850.22	0.00	0.00	0.00	0.00	17.21	0.00	17.21	0.35	0.12	3.37	0.00	0.00	0.00	0.00	3.37	6.10	0.84	2.27
	7	11.6	19.65	16.43	17.54	10.31	18987.5	1.15	41.82	0.00	0.00	850.22	0.00	0.00	0.00	0.00	16.43	0.00	16.43	0.34	0.11	3.22	0.00	0.00	0.00	0.00	3.22	6.10	0.83	2.19
	8	11.8	19.18	16.04	17.54	10.31	19012.0	1.15	41.82	0.01	0.08	850.30	0.00	0.00	0.08	0.00	16.04	0.00	16.04	0.33	0.11	3.14	0.00	0.00	0.00	0.00	3.14	6.10	0.82	2.16
	9	11.8	19.18	16.04	17.54	10.31	19036.5	1.15	41.81	0.03	0.31	850.61	0.00	0.00	0.31	0.01	16.04	0.00	16.04	0.33	0.11	3.14	0.00	0.00	0.00	0.00	3.14	6.10	0.82	2.16
	10	11.6	19.65	16.43	17.54	10.31	19061.0	1.15	41.81	0.08	0.87	851.48	0.00	0.00	0.87	0.02	16.43	0.00	16.43	0.34	0.11	3.22	0.00	0.00	0.00	0.00	3.22	6.10	0.83	2.19
	11	11.4	20.12	16.82	17.54	10.31	19085.5	1.15	41.80	0.10	1.10	852.58	0.00	0.00	1.10	0.03	16.82	0.00	16.82	0.34	0.12	3.30	0.00	0.00	0.00	0.00	3.30	6.10	0.83	2.23
	12	11.5	19.88	16.63	17.54	10.31	19110.0	1.15	41.80	0.11	1.26	853.84	0.00	0.00	1.26	0.03	16.63	0.00	16.63	0.34	0.12	3.26	0.00	0.00	0.00	0.00	3.26	6.10	0.83	2.21
	13	11.3	20.35	17.02	17.54	10.31	19134.5	1.15	41.80	0.10	1.10	854.94	0.00	0.00	1.10	0.03	17.02	0.00	17.02	0.35	0.12	3.34	0.00	0.00	0.00	0.00	3.34	6.10	0.84	2.25
	14	11.3	20.35	17.02	17.54	10.31	19159.0	1.15	41.79	0.03	0.39	855.34	0.00	0.00	0.39	0.01	17.02	0.00	17.02	0.35	0.12	3.34	0.00	0.00	0.00	0.00	3.34	6.10	0.84	2.25
	15	11.0	21.05	17.60	17.54	10.31	19183.5	1.15	41.79	0.01	0.08	855.42	0.00	0.00	0.08	0.00	17.60	0.00	17.60	0.36	0.12	3.45	0.00	0.00	0.00	0.00	3.45	6.10	0.85	2.31
	16	10.7	21.76	18.19	17.54	10.31	19208.0	1.15	41.79	0.01	0.08	855.49	0.00	0.00	0.08	0.00	18.19	0.00	18.19	0.37	0.13	3.57	0.00	0.00	0.00	0.00	3.57	6.10	0.85	2.36
	17	10.5	22.22	18.58	17.54	10.31	19232.5	1.15	41.78	0.00	0.04	855.53	0.00	0.00	0.04	0.00	18.58	0.00	18.58	0.38	0.13	3.64	0.00	0.00	0.00	0.00	3.64	6.10	0.86	2.40
	18	10.2	22.93	19.17																										

Ek 3 Saatlik Değer Tablosunun Bir Kısmı (Devam)

15 Aralık 2004 - 18 Aralık 2004 Tarihleri Arası İçin Saatlik Değerler																														
Tarih	Saat	T _d (°C)	Q _s (kWsaat)	Q _{bi} (kWsaat)	T _{top} (°C)	T _{s2} (°C)	z	F(z)	Q _t (kWsaat)	Q _y (kWsaat/m ²)	Q _{ft} (kWsaat)	Q _d (kWsaat)	Q _{kb} (kWsaat)	m _{kb} (kg/s)	Q _{kd} (kWsaat)	m _{kd} (kg/s)	Q _{tb} (kWsaat)	Q _{db} (kWsaat)	Q _{bg} (kWsaat)	m _{ips} (kg/s)	m _{sa} (kg/s)	W _{k-min} (kWsaat)	W _{k-ek-ger.} (kWsaat)	Q _{d-har.} (kWsaat)	W _{k-ek-har.} (kWsaat)	W _{k-har.} (kWsaat)	COP	η _{ka}	Y (kg/saat)	
15.12.2004	1	3,2	39,30	32,86	15,17	8,84	35892,5	1,08	33,41	0,00	0,00	1197	0,00	0,00	0,00	0,00	32,86	0,00	32,86	0,67	0,23	6,44	0,00	0,00	0,00	0,00	6,44	6,10	1,00	3,65
	2	3,0	39,77	33,25	15,17	8,84	35917,0	1,08	33,41	0,00	0,00	1197	0,00	0,00	0,00	0,00	33,25	0,00	33,25	0,68	0,23	6,52	0,00	0,00	0,00	0,00	6,52	6,10	1,00	3,69
	3	3,0	39,77	33,25	15,17	8,84	35941,5	1,08	33,41	0,00	0,00	1197	0,00	0,00	0,00	0,00	33,25	0,00	33,25	0,68	0,23	6,52	0,00	0,00	0,00	0,00	6,52	6,10	1,00	3,69
	4	2,1	41,87	35,01	15,17	8,84	35966,0	1,08	33,41	0,00	0,00	1195	0,00	0,00	0,00	0,00	33,41	1,60	35,01	0,72	0,24	6,86	1,60	1,60	0,00	0,00	6,86	6,10	1,01	3,84
	5	2,8	40,24	33,64	15,17	8,84	35990,5	1,08	33,41	0,00	0,00	1195	0,00	0,00	0,00	0,00	33,41	0,23	33,64	0,69	0,24	6,59	0,23	0,23	0,00	0,00	6,59	6,10	1,00	3,72
	6	2,8	40,24	33,64	15,17	8,84	36015,0	1,08	33,41	0,00	0,00	1195	0,00	0,00	0,00	0,00	33,41	0,24	33,64	0,69	0,24	6,59	0,24	0,24	0,00	0,00	6,59	6,10	1,00	3,72
	7	2,2	41,64	34,82	15,17	8,84	36039,5	1,08	33,40	0,00	0,00	1194	0,00	0,00	0,00	0,00	33,40	1,41	34,82	0,71	0,24	6,82	1,41	1,41	0,00	0,00	6,82	6,10	1,01	3,82
	8	3,4	38,83	32,47	15,17	8,84	36064,0	1,08	33,40	0,00	0,04	1194	0,00	0,00	0,04	0,00	32,47	0,00	32,47	0,66	0,23	6,36	0,00	0,00	0,00	0,00	6,36	6,10	0,99	3,62
	9	3,8	37,90	31,69	15,17	8,84	36088,5	1,08	33,40	0,01	0,08	1194	0,00	0,00	0,08	0,00	31,69	0,00	31,69	0,65	0,22	6,21	0,00	0,00	0,00	0,00	6,21	6,10	0,99	3,55
	10	3,8	37,90	31,69	15,17	8,84	36113,0	1,08	33,40	0,01	0,08	1194	0,00	0,00	0,08	0,00	31,69	0,00	31,69	0,65	0,22	6,21	0,00	0,00	0,00	0,00	6,21	6,10	0,99	3,55
	11	5,0	35,09	29,34	15,17	8,84	36137,5	1,08	33,40	0,02	0,24	1194	0,00	0,00	0,24	0,01	29,34	0,00	29,34	0,60	0,21	5,75	0,00	0,00	0,00	0,00	5,75	6,10	0,97	3,35
	12	5,8	33,22	27,77	15,17	8,84	36162,0	1,08	33,40	0,24	2,75	1197	0,00	0,00	2,75	0,07	27,77	0,00	27,77	0,57	0,19	5,44	0,00	0,00	0,00	0,00	5,44	6,10	0,96	3,22
	13	6,1	32,52	27,19	15,17	8,84	36186,5	1,08	33,39	0,43	4,88	1197	0,00	0,00	4,88	0,12	27,19	0,00	27,19	0,56	0,19	5,33	0,00	0,00	0,00	0,00	5,33	6,10	0,95	3,16
	14	6,0	32,75	27,38	15,17	8,84	36211,0	1,08	33,39	0,33	3,78	1197	0,00	0,00	3,78	0,09	27,38	0,00	27,38	0,56	0,19	5,37	0,00	0,00	0,00	0,00	5,37	6,10	0,95	3,18
	15	5,0	35,09	29,34	15,17	8,84	36235,5	1,08	33,39	0,29	3,31	1197	0,00	0,00	3,31	0,08	29,34	0,00	29,34	0,60	0,21	5,75	0,00	0,00	0,00	0,00	5,75	6,10	0,97	3,35
	16	3,0	39,77	33,25	15,17	8,84	36260,0	1,08	33,39	0,21	2,36	1197	0,00	0,00	2,36	0,06	33,25	0,00	33,25	0,68	0,23	6,52	0,00	0,00	0,00	0,00	6,52	6,10	1,00	3,69
	17	3,1	39,53	33,06	15,17	8,84	36284,5	1,08	33,39	0,02	0,24	1197	0,00	0,00	0,24	0,01	33,06	0,00	33,06	0,68	0,23	6,48	0,00	0,00	0,00	0,00	6,48	6,10	1,00	3,67
	18	3,1	39,53	33,06	15,17	8,84	36309,0	1,08	33,39	0,00	0,00	1197	0,00	0,00	0,00	0,00	33,06	0,00	33,06	0,68	0,23	6,48	0,00	0,00	0,00	0,00	6,48	6,10	1,00	3,67
	19	3,1	39,53	33,06	15,17	8,84	36333,5	1,08	33,38	0,00	0,00	1197	0,00	0,00	0,00	0,00	33,06	0,00	33,06	0,68	0,23	6,48	0,00	0,00	0,00	0,00	6,48	6,10	1,00	3,67
	20	3,1	39,53	33,06	15,17	8,84	36358,0	1,08	33,38	0,00	0,00	1197	0,00	0,00	0,00	0,00	33,06	0,00	33,06	0,68	0,23	6,48	0,00	0,00	0,00	0,00	6,48	6,10	1,00	3,67
	21	3,1	39,53	33,06	15,17	8,84	36382,5	1,08	33,38	0,00	0,00	1197	0,00	0,00	0,00	0,00	33,06	0,00	33,06	0,68	0,23	6,48	0,00	0,00	0,00	0,00	6,48	6,10	1,00	3,67
	22	3,1	39,53	33,06	15,17	8,84	36407,0	1,08	33,38	0,00	0,00	1197	0,00	0,00	0,00	0,00	33,06	0,00	33,06	0,68	0,23	6,48	0,00	0,00	0,00	0,00	6,48	6,10	1,00	3,67
	23	3,1	39,53	33,06	15,17	8,84	36431,5	1,08	33,38	0,00	0,00	1197	0,00	0,00	0,00	0,00	33,06	0,00	33,06	0,68	0,23	6,48	0,00	0,00	0,00	0,00	6,48	6,10	1,00	3,67
	24	3,1	39,53	33,06	15,17	8,84	36456,0	1,08	33,38	0,00	0,00	1197	0,00	0,00	0,00	0,00	33,06	0,00	33,06	0,68	0,23	6,48	0,00	0,00	0,00	0,00	6,48	6,10	1,00	3,67
16.12.2004	1	2,9	40,00	33,45	15,09	8,80	36480,5	1,08	33,15	0,00	0,00	1197	0,00	0,00	0,00	0,00	33,15	0,30	33,45	0,68	0,23	6,56	0,30	0,30	0,00	0,00	6,56	6,10	1,00	3,71
	2	2,9	40,00	33,45	15,09	8,80	36505,0	1,08	33,15	0,00	0,00	1196	0,00	0,00	0,00	0,00	33,15	0,30	33,45	0,68	0,23	6,56	0,30	0,30	0,00	0,00	6,56	6,10	1,00	3,71
	3	3,0	39,77	33,25	15,09	8,80	36529,5	1,08	33,14	0,00	0,00	1196	0,00	0,00	0,00	0,00	33,14	0,11	33,25	0,68	0,23	6,52	0,11	0,11	0,00	0,00	6,52	6,10	1,00	3,69
	4	2,9	40,00	33,45	15,09	8,80	36554,0	1,08	33,14	0,00	0,00	1196	0,00	0,00	0,00	0,00	33,14	0,30	33,45	0,68	0,23	6,56	0,30	0,30	0,00	0,00	6,56	6,10	1,00	3,71
	5	2,9	40,00	33,45	15,09	8,80	36578,5	1,08	33,14	0,00	0,00	1196	0,00	0,00	0,00	0,00	33,14	0,30	33,45	0,68	0,23	6,56	0,30	0,30	0,00	0,00	6,56	6,10	1,00	3,71
	6	3,0	39,77	33,25	15,09	8,80	36603,0	1,08	33,14	0,00	0,00	1196	0,00	0,00	0,00	0,00	33,14	0,11	33,25	0,68	0,23	6,52	0,11	0,11	0,00	0,00	6,52	6,10	1,00	3,69
	7	3,0	39,77	33,25	15,09	8,80	36627,5	1,08	33,14	0,00	0,00	1195	0,00	0,00	0,00	0,00	33,14	0,11	33,25	0,68	0,23	6,52	0,11	0,11	0,00	0,00	6,52	6,10	1,00	3,69
	8	3,1	39,53	33,06	15,09	8,80	36652,0	1,08	33,14	0,00	0,04	1196	0,00	0,00	0,04	0,00	33,06	0,00	33,06	0,68	0,23	6,48	0,00	0,00	0,00	0,00	6,48	6,10	1,00	3,67
	9	4,0	37,43	31,29	15,09	8,80	36676,5	1,08	33,14	0,05	0,55	1196	0,00	0,00	0,55	0,01	31,29	0,00	31,29	0,64	0,22	6,13	0,00	0,00	0,00	0,00	6,13	6,10	0,99	3,52
	10	4,2	36,96	30,90	15,09	8,80	36701,0	1,08	33,13	0,13	1,42	1197	0,00	0,00	1,42	0,03	30,90	0,00	30,90	0,63	0,22	6,06	0,00	0,00	0,00	0,00	6,06	6,10	0,98	3,48
	11	5,2	34,62	28,95	15,09	8,79	36725,5	1,08	33,13	0,23	2,60	1197	0,00	0,00	2,60	0,06	28,95	0,00	28,95	0,59	0,20	5,67	0,00	0,00	0,00	0,00	5,67	6,10	0,97	3,32
	12	5,1	34,86	29,14	15,09	8,79	36750,0	1,08	33,13	0,32	3,62	1197	0,00	0,00	3,62	0,09	29,14	0,00	29,14	0,60	0,20	5,71	0,00	0,00	0,00	0,00	5,71	6,10	0,97	3,33
	13	5,0	35,09	29,34	15,09	8,79	36774,5	1,08	33,13	0,49	5,59	1197	0,00	0,00	5,59	0,13	29,34	0,00	29,34	0,60	0,21	5,75	0,00	0,00	0,00	0,00	5,75	6,10	0,97	3,35
	14	5,0	35,09	29,34	15,09	8,79	36799,0	1,08	33,13	0,37	4,17	1197	0,00	0,00	4,17	0,10	29,34	0,00	29,34	0,60	0,21	5,75	0,00	0,00	0,00	0,00	5,75	6,10	0,97	3,35
	15	5,3	34,39	28,75	15,09	8,79	36823,5	1,08	33,13	0,25	2,83	1197	0,00	0,00	2,83	0,07	28,75	0,00	28,75	0,59	0,20	5,64	0,00	0,00	0,00	0,00	5,64	6,10	0,97	3,30
	16	4,2	36,96	30,90	15,09	8,79	36848,0	1,08	33,12	0,11	1,26	1197	0,00	0,00	1,26	0,03	30,90	0,00	30,90	0,63	0,22	6,06	0,00	0,00	0,00	0,00	6,06	6,10	0,98	3,48
	17	3,3	39,07	32,66	15,09	8,79	36872,5	1,08	33,12	0,00	0,04	1197	0,00	0,00	0,04	0,00	32,66	0,00	32,66	0,67	0,23	6,40	0,00	0,00	0,00	0,00	6,40	6,10	0,99	3,64
	18	2,8	40,24	33,64	15,09	8,79	36897,0	1,08	33,12	0,00	0,00	1196	0,00	0,00	0,00	0,00														

Ek 3 Saatlik Değer Tablosunun Bir Kısmı (Devam)

15 Ocak 2005 - 18 Ocak 2005 Tarihleri Arası İçin Saatlik Değerler

Tarih	Saat	T _d (°C)	Q _s (kWsaat)	Q _{bi} (kWsaat)	T _{top} (°C)	T _{s2} (°C)	z	F(z)	Q _t (kWsaat)	Q _y (kWsaat/m ²)	Q _{ft} (kWsaat)	Q _d (kWsaat)	Q _{kb} (kWsaat)	m _{kb} (kg/s)	Q _{kd} (kWsaat)	m _{kd} (kg/s)	Q _{tb} (kWsaat)	Q _{db} (kWsaat)	Q _{bg} (kWsaat)	m _{ips} (kg/s)	m _{sa} (kg/s)	W _{k-min} (kWsaat)	W _{k-ek-ger.} (kWsaat)	Q _{d-har.} (kWsaat)	W _{k-ek-har.} (kWsaat)	W _{k-har.} (kWsaat)	COP	η _{ka}	Y (kg/saat)
15.01.2005	1	5.0	35.09	29.34	12.83	7.58	54120.5	1.04	26.18	0.00	0.00	1131.04	0.00	0.00	0.00	0.00	26.18	3.16	29.34	0.60	0.21	5.75	3.16	3.16	0.00	5.75	6.10	0.97	3.35
	2	5.0	35.09	29.34	12.83	7.58	54145.0	1.04	26.18	0.00	0.00	1127.88	0.00	0.00	0.00	0.00	26.18	3.16	29.34	0.60	0.21	5.75	3.16	3.16	0.00	5.75	6.10	0.97	3.35
	3	5.0	35.09	29.34	12.83	7.58	54169.5	1.04	26.18	0.00	0.00	1124.72	0.00	0.00	0.00	0.00	26.18	3.16	29.34	0.60	0.21	5.75	3.16	3.16	0.00	5.75	6.10	0.97	3.35
	4	4.9	35.32	29.53	12.83	7.58	54194.0	1.04	26.18	0.00	0.00	1121.56	0.00	0.00	0.00	0.00	26.18	3.16	29.53	0.60	0.21	5.79	3.36	3.36	0.00	5.79	6.10	0.97	3.37
	5	4.8	35.56	29.73	12.83	7.58	54218.5	1.04	26.18	0.00	0.00	1117.81	0.00	0.00	0.00	0.00	26.18	3.55	29.73	0.61	0.21	5.83	3.55	3.55	0.00	5.83	6.10	0.97	3.38
	6	4.8	35.56	29.73	12.83	7.58	54243.0	1.04	26.18	0.00	0.00	1114.26	0.00	0.00	0.00	0.00	26.18	3.55	29.73	0.61	0.21	5.83	3.55	3.55	0.00	5.83	6.10	0.97	3.38
	7	4.7	35.79	29.93	12.83	7.58	54267.5	1.04	26.18	0.00	0.00	1110.51	0.00	0.00	0.00	0.00	26.18	3.75	29.93	0.61	0.21	5.87	3.75	3.75	0.00	5.87	6.10	0.97	3.40
	8	4.8	35.56	29.73	12.83	7.58	54292.0	1.04	26.17	0.00	0.04	1106.99	0.04	0.00	0.00	0.00	26.17	3.52	29.73	0.61	0.21	5.83	3.52	3.52	0.00	5.83	6.10	0.97	3.38
	9	4.8	35.56	29.73	12.83	7.58	54316.5	1.04	26.17	0.01	0.16	1103.59	0.16	0.00	0.00	0.00	26.17	3.40	29.73	0.61	0.21	5.83	3.40	3.40	0.00	5.83	6.10	0.97	3.38
	10	5.0	35.09	29.34	12.83	7.58	54341.0	1.04	26.17	0.03	0.39	1100.82	0.39	0.00	0.00	0.00	26.17	2.77	29.34	0.60	0.21	5.75	2.77	2.77	0.00	5.75	6.10	0.97	3.35
	11	4.9	35.32	29.53	12.83	7.58	54365.5	1.04	26.17	0.05	0.55	1098.01	0.55	0.01	0.00	0.00	26.17	2.81	29.53	0.60	0.21	5.79	2.81	2.81	0.00	5.79	6.10	0.97	3.37
	12	4.8	35.56	29.73	12.83	7.58	54390.0	1.04	26.17	0.06	0.71	1095.15	0.71	0.01	0.00	0.00	26.17	2.85	29.73	0.61	0.21	5.83	2.85	2.85	0.00	5.83	6.10	0.97	3.38
	13	4.9	35.32	29.53	12.83	7.58	54414.5	1.04	26.17	0.05	0.55	1092.34	0.55	0.01	0.00	0.00	26.17	2.81	29.53	0.60	0.21	5.79	2.81	2.81	0.00	5.79	6.10	0.97	3.37
	14	5.0	35.09	29.34	12.83	7.58	54439.0	1.04	26.17	0.07	0.79	1089.96	0.79	0.01	0.00	0.00	26.17	2.38	29.34	0.60	0.21	5.75	2.38	2.38	0.00	5.75	6.10	0.97	3.35
	15	5.0	35.09	29.34	12.83	7.58	54463.5	1.04	26.17	0.09	1.02	1087.81	1.02	0.01	0.00	0.00	26.17	2.15	29.34	0.60	0.21	5.75	2.15	2.15	0.00	5.75	6.10	0.97	3.35
	16	5.0	35.09	29.34	12.83	7.58	54488.0	1.04	26.17	0.01	0.16	1084.80	0.16	0.00	0.00	0.00	26.17	3.01	29.34	0.60	0.21	5.75	3.01	3.01	0.00	5.75	6.10	0.97	3.35
	17	5.0	35.09	29.34	12.83	7.58	54512.5	1.04	26.17	0.01	0.08	1081.70	0.08	0.00	0.00	0.00	26.17	3.09	29.34	0.60	0.21	5.75	3.09	3.09	0.00	5.75	6.10	0.97	3.35
	18	4.8	35.56	29.73	12.83	7.58	54537.0	1.04	26.17	0.00	0.00	1078.14	0.00	0.00	0.00	0.00	26.17	3.56	29.73	0.61	0.21	5.83	3.56	3.56	0.00	5.83	6.10	0.97	3.38
	19	4.4	36.49	30.51	12.83	7.58	54561.5	1.04	26.16	0.00	0.00	1073.79	0.00	0.00	0.00	0.00	26.16	4.35	30.51	0.62	0.21	5.98	4.35	4.35	0.00	5.98	6.10	0.98	3.45
	20	4.4	36.49	30.51	12.83	7.58	54586.0	1.04	26.16	0.00	0.00	1069.44	0.00	0.00	0.00	0.00	26.16	4.35	30.51	0.62	0.21	5.98	4.35	4.35	0.00	5.98	6.10	0.98	3.45
	21	4.4	36.49	30.51	12.83	7.58	54610.5	1.03	26.16	0.00	0.00	1065.09	0.00	0.00	0.00	0.00	26.16	4.35	30.51	0.62	0.21	5.98	4.35	4.35	0.00	5.98	6.10	0.98	3.45
	22	4.8	35.56	29.73	12.83	7.58	54635.0	1.03	26.16	0.00	0.00	1061.52	0.00	0.00	0.00	0.00	26.16	3.57	29.73	0.61	0.21	5.83	3.57	3.57	0.00	5.83	6.10	0.97	3.38
	23	4.9	35.32	29.53	12.83	7.58	54659.5	1.03	26.16	0.00	0.00	1058.15	0.00	0.00	0.00	0.00	26.16	3.37	29.53	0.60	0.21	5.79	3.37	3.37	0.00	5.79	6.10	0.97	3.37
	24	4.9	35.32	29.53	12.83	7.58	54684.0	1.03	26.16	0.00	0.00	1054.78	0.00	0.00	0.00	0.00	26.16	3.37	29.53	0.60	0.21	5.79	3.37	3.37	0.00	5.79	6.10	0.97	3.37
16.01.2005	1	4.7	35.79	29.93	12.76	7.55	54708.5	1.03	25.99	0.00	0.00	1050.84	0.00	0.00	0.00	0.00	25.99	3.94	29.93	0.61	0.21	5.87	3.94	3.94	0.00	5.87	6.10	0.97	3.40
	2	4.5	36.26	30.32	12.76	7.55	54733.0	1.03	25.99	0.00	0.00	1046.51	0.00	0.00	0.00	0.00	25.99	4.33	30.32	0.62	0.21	5.94	4.33	4.33	0.00	5.94	6.10	0.98	3.43
	3	4.2	36.96	30.90	12.76	7.55	54757.5	1.03	25.99	0.00	0.00	1041.59	0.00	0.00	0.00	0.00	25.99	4.92	30.90	0.63	0.22	6.06	4.92	4.92	0.00	6.06	6.10	0.98	3.48
	4	4.0	37.43	31.29	12.76	7.54	54782.0	1.03	25.98	0.00	0.00	1036.28	0.00	0.00	0.00	0.00	25.98	5.31	31.29	0.64	0.22	6.13	5.31	5.31	0.00	6.13	6.10	0.99	3.52
	5	4.4	36.49	30.51	12.76	7.54	54806.5	1.03	25.98	0.00	0.00	1031.75	0.00	0.00	0.00	0.00	25.98	4.53	30.51	0.62	0.21	5.98	4.53	4.53	0.00	5.98	6.10	0.98	3.45
	6	4.6	36.03	30.12	12.76	7.54	54831.0	1.03	25.98	0.00	0.00	1027.61	0.00	0.00	0.00	0.00	25.98	4.14	30.12	0.62	0.21	5.90	4.14	4.14	0.00	5.90	6.10	0.98	3.42
	7	4.9	35.32	29.53	12.76	7.54	54855.5	1.03	25.98	0.00	0.00	1024.06	0.00	0.00	0.00	0.00	25.98	3.55	29.53	0.60	0.21	5.79	3.55	3.55	0.00	5.79	6.10	0.97	3.37
	8	5.0	35.09	29.34	12.76	7.54	54880.0	1.03	25.98	0.01	0.08	1020.78	0.08	0.00	0.00	0.00	25.98	3.28	29.34	0.60	0.21	5.75	3.28	3.28	0.00	5.75	6.10	0.97	3.35
	9	5.4	34.15	28.56	12.76	7.54	54904.5	1.03	25.98	0.05	0.55	1018.76	0.55	0.01	0.00	0.00	25.98	2.02	28.56	0.58	0.20	5.60	2.02	2.02	0.00	5.60	6.10	0.96	3.28
	10	5.2	34.62	28.95	12.76	7.54	54929.0	1.03	25.98	0.07	0.79	1016.58	0.79	0.01	0.00	0.00	25.98	2.18	28.95	0.59	0.20	5.67	2.18	2.18	0.00	5.67	6.10	0.97	3.32
	11	5.5	33.92	28.36	12.76	7.54	54953.5	1.03	25.98	0.10	1.10	1013.90	1.10	0.01	0.00	0.00	25.98	1.28	28.36	0.58	0.20	5.56	1.28	1.28	0.00	5.56	6.10	0.96	3.27
	12	5.4	34.15	28.56	12.76	7.54	54978.0	1.03	25.98	0.10	1.18	1013.90	1.18	0.01	0.00	0.00	25.98	1.40	28.56	0.58	0.20	5.60	1.40	1.40	0.00	5.60	6.10	0.96	3.28
	13	5.5	33.92	28.36	12.76	7.54	55002.5	1.03	25.98	0.11	1.26	1012.77	1.26	0.02	0.00	0.00	25.98	1.12	28.36	0.58	0.20	5.56	1.12	1.12	0.00	5.56	6.10	0.96	3.27
	14	5.5	33.92	28.36	12.76	7.54	55027.0	1.03	25.98	0.08	0.87	1011.25	0.87	0.01	0.00	0.00	25.98	1.52	28.36	0.58	0.20	5.56	1.52	1.52	0.00	5.56	6.10	0.96	3.27
	15	5.1	34.86	29.14	12.76	7.54	55051.5	1.03	25.98	0.03	0.39	1008.48	0.39	0.00	0.00	0.00	25.98	2.77	29.14	0.60	0.20	5.71	2.77	2.77	0.00	5.71	6.10	0.97	3.33
	16	5.1	34.86	29.14	12.76	7.54	55076.0	1.03	25.97	0.03	0.31	1005.63	0.31	0.00	0.00	0.00	25.97	2.85	29.14	0.60	0.20	5.71	2.85	2.85	0.00	5.71	6.10	0.97	3.33
	17	5.0	35.09	29.34	12.76	7.54	55100.5	1.03	25.97	0.01	0.16	1002.42	0.16	0.00	0.00	0.00	25.97	3.21	29.34	0.60	0.21	5.75	3.21	3.21	0.00	5.75	6.10	0.97	3.35
	18	5.0	35.09	29.34	12.76	7.54	55125.0	1.03	25.97	0.00	0.00	999.05	0.00	0.00	0.00	0.00	25.97	3.37	29.34	0.60	0.21	5.75	3.37	3.37	0.00	5.75	6.10	0.97	3.35
	19	5.2	34.62	28.95	12.76	7.54	55149.5	1.03	25.97	0.00	0.00																		

Ek 3 Saatlik Değer Tablosunun Bir Kısmı (Devam)

15 Şubat 2005 - 18 Şubat 2005 Tarihleri Arası İçin Saatlik Değerler																														
Tarih	Saat	T _d (°C)	Q _s (kWsaat)	Q _{bi} (kWsaat)	T _{top} (°C)	T _{s2} (°C)	z	F(z)	Q _t (kWsaat)	Q _y (kWsaat/m ²)	Q _{ft} (kWsaat)	Q _d (kWsaat)	Q _{kb} (kWsaat)	m _{kb} (kg/s)	Q _{kd} (kWsaat)	m _{kd} (kg/s)	Q _{tb} (kWsaat)	Q _{db} (kWsaat)	Q _{bg} (kWsaat)	m _{ips} (kg/s)	m _{sa} (kg/s)	W _{k-min} (kWsaat)	W _{k-ek-ger.} (kWsaat)	Q _{d-har.} (kWsaat)	W _{k-ek-har.} (kWsaat)	W _{k-har.} (kWsaat)	COP	η _{ka}	Y (kg/saat)	
15.02.2005	1	13,0	16,38	13,69	11,33	6,80	72348,5	1,01	21,71	0,00	0,00	43,80	0,00	0,00	0,00	0,00	13,69	0,00	13,69	0,28	0,10	2,68	0,00	0,00	0,00	0,00	2,68	6,10	0,79	1,92
	2	13,6	14,97	12,52	11,33	6,80	72373,0	1,01	21,71	0,00	0,00	43,80	0,00	0,00	0,00	0,00	12,52	0,00	12,52	0,26	0,09	2,45	0,00	0,00	0,00	0,00	2,45	6,10	0,77	1,79
	3	12,7	17,08	14,28	11,33	6,80	72397,5	1,01	21,70	0,00	0,00	43,80	0,00	0,00	0,00	0,00	14,28	0,00	14,28	0,29	0,10	2,80	0,00	0,00	0,00	0,00	2,80	6,10	0,80	1,98
	4	13,0	16,38	13,69	11,33	6,80	72422,0	1,01	21,70	0,00	0,00	43,80	0,00	0,00	0,00	0,00	13,69	0,00	13,69	0,28	0,10	2,68	0,00	0,00	0,00	0,00	2,68	6,10	0,79	1,92
	5	12,9	16,61	13,89	11,33	6,80	72446,5	1,01	21,70	0,00	0,00	43,80	0,00	0,00	0,00	0,00	13,89	0,00	13,89	0,28	0,10	2,72	0,00	0,00	0,00	0,00	2,72	6,10	0,79	1,94
	6	12,1	18,48	15,45	11,33	6,80	72471,0	1,01	21,70	0,00	0,00	43,80	0,00	0,00	0,00	0,00	15,45	0,00	15,45	0,32	0,11	3,03	0,00	0,00	0,00	0,00	3,03	6,10	0,82	2,10
	7	13,2	15,91	13,30	11,33	6,80	72495,5	1,01	21,70	0,00	0,00	43,80	0,00	0,00	0,00	0,00	13,30	0,00	13,30	0,27	0,09	2,61	0,00	0,00	0,00	0,00	2,61	6,10	0,78	1,88
	8	13,3	15,67	13,10	11,33	6,80	72520,0	1,01	21,70	0,02	0,24	44,03	0,00	0,00	0,24	0,01	13,10	0,00	13,10	0,27	0,09	2,57	0,00	0,00	0,00	0,00	2,57	6,10	0,78	1,86
	9	13,9	14,27	11,93	11,33	6,80	72544,5	1,00	21,70	0,13	1,42	45,45	0,00	0,00	1,42	0,03	11,93	0,00	11,93	0,24	0,08	2,34	0,00	0,00	0,00	0,00	2,34	6,10	0,76	1,73
	10	13,4	15,44	12,91	11,33	6,80	72569,0	1,00	21,70	0,13	1,42	46,87	0,00	0,00	1,42	0,03	12,91	0,00	12,91	0,26	0,09	2,53	0,00	0,00	0,00	0,00	2,53	6,10	0,78	1,84
	11	14,9	11,93	9,98	11,33	6,80	72593,5	1,00	21,70	0,15	1,73	48,60	0,00	0,00	1,73	0,04	9,98	0,00	9,98	0,20	0,07	1,96	0,00	0,00	0,00	0,00	1,96	6,10	0,73	1,51
	12	15,4	10,76	9,00	11,33	6,80	72618,0	1,00	21,70	0,16	1,81	50,41	0,00	0,00	1,81	0,04	9,00	0,00	9,00	0,18	0,06	1,76	0,00	0,00	0,00	0,00	1,76	6,10	0,72	1,39
	13	17,3	6,32	5,28	11,33	6,80	72642,5	1,00	21,70	0,26	2,99	53,40	0,00	0,00	2,99	0,07	5,28	0,00	5,28	0,11	0,04	1,04	0,00	0,00	0,00	0,00	1,04	6,10	0,65	0,90
	14	16,5	8,19	6,85	11,33	6,80	72667,0	1,00	21,70	0,49	5,51	58,91	0,00	0,00	5,51	0,13	6,85	0,00	6,85	0,14	0,05	1,34	0,00	0,00	0,00	0,00	1,34	6,10	0,68	1,12
	15	15,0	11,70	9,78	11,33	6,80	72691,5	1,00	21,70	0,07	0,79	59,70	0,00	0,00	0,79	0,02	9,78	0,00	9,78	0,20	0,07	1,92	0,00	0,00	0,00	0,00	1,92	6,10	0,73	1,49
	16	15,4	10,76	9,00	11,33	6,80	72716,0	1,00	21,70	0,02	0,24	59,93	0,00	0,00	0,24	0,01	9,00	0,00	9,00	0,18	0,06	1,76	0,00	0,00	0,00	0,00	1,76	6,10	0,72	1,39
	17	15,2	11,23	9,39	11,33	6,79	72740,5	1,00	21,70	0,01	0,08	60,01	0,00	0,00	0,08	0,00	9,39	0,00	9,39	0,19	0,07	1,84	0,00	0,00	0,00	0,00	1,84	6,10	0,72	1,44
	18	15,7	10,06	8,41	11,33	6,79	72765,0	1,00	21,70	0,00	0,04	60,05	0,00	0,00	0,04	0,00	8,41	0,00	8,41	0,17	0,06	1,65	0,00	0,00	0,00	0,00	1,65	6,10	0,71	1,32
	19	15,0	11,70	9,78	11,33	6,79	72789,5	1,00	21,70	0,00	0,00	60,05	0,00	0,00	0,00	0,00	9,78	0,00	9,78	0,20	0,07	1,92	0,00	0,00	0,00	0,00	1,92	6,10	0,73	1,49
	20	14,6	12,63	10,56	11,33	6,79	72814,0	1,00	21,70	0,00	0,00	60,05	0,00	0,00	0,00	0,00	10,56	0,00	10,56	0,22	0,07	2,07	0,00	0,00	0,00	0,00	2,07	6,10	0,74	1,58
	21	14,2	13,57	11,34	11,33	6,79	72838,5	1,00	21,69	0,00	0,00	60,05	0,00	0,00	0,00	0,00	11,34	0,00	11,34	0,23	0,08	2,22	0,00	0,00	0,00	0,00	2,22	6,10	0,75	1,67
	22	13,8	14,50	12,13	11,33	6,79	72863,0	1,00	21,69	0,00	0,00	60,05	0,00	0,00	0,00	0,00	12,13	0,00	12,13	0,25	0,08	2,38	0,00	0,00	0,00	0,00	2,38	6,10	0,77	1,75
	23	13,7	14,74	12,32	11,33	6,79	72887,5	1,00	21,69	0,00	0,00	60,05	0,00	0,00	0,00	0,00	12,32	0,00	12,32	0,25	0,09	2,42	0,00	0,00	0,00	0,00	2,42	6,10	0,77	1,77
	24	13,1	16,14	13,50	11,33	6,79	72912,0	1,00	21,69	0,00	0,00	60,05	0,00	0,00	0,00	0,00	13,50	0,00	13,50	0,28	0,09	2,65	0,00	0,00	0,00	0,00	2,65	6,10	0,79	1,90
16.02.2005	1	13,6	14,97	12,52	11,30	6,78	72936,5	1,00	21,62	0,00	0,00	60,05	0,00	0,00	0,00	0,00	12,52	0,00	12,52	0,26	0,09	2,45	0,00	0,00	0,00	0,00	2,45	6,10	0,77	1,79
	2	13,5	15,21	12,71	11,30	6,78	72961,0	1,00	21,62	0,00	0,00	60,05	0,00	0,00	0,00	0,00	12,71	0,00	12,71	0,26	0,09	2,49	0,00	0,00	0,00	0,00	2,49	6,10	0,78	1,82
	3	12,3	18,01	15,06	11,30	6,78	72985,5	1,00	21,62	0,00	0,00	60,05	0,00	0,00	0,00	0,00	15,06	0,00	15,06	0,31	0,11	2,95	0,00	0,00	0,00	0,00	2,95	6,10	0,81	2,06
	4	12,2	18,25	15,26	11,30	6,78	73010,0	1,00	21,62	0,00	0,00	60,05	0,00	0,00	0,00	0,00	15,26	0,00	15,26	0,31	0,11	2,99	0,00	0,00	0,00	0,00	2,99	6,10	0,81	2,08
	5	12,0	18,71	15,65	11,30	6,78	73034,5	1,00	21,62	0,00	0,00	60,05	0,00	0,00	0,00	0,00	15,65	0,00	15,65	0,32	0,11	3,07	0,00	0,00	0,00	0,00	3,07	6,10	0,82	2,12
	6	12,0	18,71	15,65	11,30	6,78	73059,0	1,00	21,61	0,00	0,00	60,05	0,00	0,00	0,00	0,00	15,65	0,00	15,65	0,32	0,11	3,07	0,00	0,00	0,00	0,00	3,07	6,10	0,82	2,12
	7	11,0	21,05	17,60	11,30	6,78	73083,5	1,00	21,61	0,00	0,00	60,05	0,00	0,00	0,00	0,00	17,60	0,00	17,60	0,36	0,12	3,45	0,00	0,00	0,00	0,00	3,45	6,10	0,85	2,31
	8	11,0	21,05	17,60	11,30	6,78	73108,0	1,00	21,61	0,01	0,08	60,13	0,00	0,00	0,08	0,00	17,60	0,00	17,60	0,36	0,12	3,45	0,00	0,00	0,00	0,00	3,45	6,10	0,85	2,31
	9	10,0	23,39	19,56	11,30	6,78	73132,5	1,00	21,61	0,07	0,79	60,92	0,00	0,00	0,79	0,02	19,56	0,00	19,56	0,40	0,14	3,83	0,00	0,00	0,00	0,00	3,83	6,10	0,87	2,49
	10	9,2	25,26	21,12	11,30	6,78	73157,0	1,00	21,61	0,15	1,73	62,65	0,00	0,00	1,73	0,04	21,12	0,00	21,12	0,43	0,15	4,14	0,00	0,00	0,00	0,00	4,14	6,10	0,89	2,63
	11	9,2	25,26	21,12	11,30	6,78	73181,5	1,00	21,61	0,08	0,94	63,59	0,00	0,00	0,94	0,02	21,12	0,00	21,12	0,43	0,15	4,14	0,00	0,00	0,00	0,00	4,14	6,10	0,89	2,63
	12	10,0	23,39	19,56	11,30	6,78	73206,0	1,00	21,61	0,10	1,18	64,77	0,00	0,00	1,18	0,03	19,56	0,00	19,56	0,40	0,14	3,83	0,00	0,00	0,00	0,00	3,83	6,10	0,87	2,49
	13	9,5	24,56	20,54	11,30	6,78	73230,5	1,00	21,61	0,13	1,50	66,27	0,00	0,00	1,50	0,04	20,54	0,00	20,54	0,42	0,14	4,03	0,00	0,00	0,00	0,00	4,03	6,10	0,88	2,58
	14	9,4	24,80	20,73	11,30	6,78	73255,0	1,00	21,61	0,09	1,02	67,29	0,00	0,00	1,02	0,02	20,73	0,00	20,73	0,42	0,14	4,06	0,00	0,00	0,00	0,00	4,06	6,10	0,88	2,60
	15	8,6	26,67	22,30	11,30	6,78	73279,5	1,00	21,61	0,06	0,71	67,31	0,00	0,00	0,71	0,01	22,30	0,00	22,30	0,46	0,16	4,37	0,00	0,00	0,00	0,00	4,37	6,10	0,90	2,74
	16	8,5	26,90	22,49	11,30	6,78	73304,0	1,00	21,61	0,02	0,24	66,67	0,00	0,00	0,24	0,00	22,49	0,00	22,49	0,46	0,16	4,41	0,00	0,00	0,00	0,00	4,41	6,10	0,90	2,76
	17	9,0	25,73	21,52	11,30	6,78	73328,5	1,00	21,61	0,01	0,08	66,74	0,00	0,00	0,08	0,00	21,52	0,00	21,52	0,44	0,15	4,22	0,00	0,00	0,00	0,00	4,22	6,10	0,89	2,67
	18	9,0	25,73	21,52	11,30	6,78	73353,0	1,00	21,61	0,00	0,0																			

Ek 3 Saatlik Değer Tablosunun Bir Kısmı (Devam)

15 Mart 2005 - 18 Mart 2005 Tarihleri Arası İçin Saatlik Değerler																													
Tarih	Saat	T _d (°C)	Q _s (kWsaat)	Q _{bi} (kWsaat)	T _{top} (°C)	T _{s2} (°C)	z	F(z)	Q _t (kWsaat)	Q _y (kWsaat/m ²)	Q _{ft} (kWsaat)	Q _d (kWsaat)	Q _{kb} (kWsaat)	m _{kb} (kg/s)	Q _{kd} (kWsaat)	m _{kd} (kg/s)	Q _{tb} (kWsaat)	Q _{db} (kWsaat)	Q _{bg} (kWsaat)	m _{ips} (kg/s)	m _{sa} (kg/s)	W _{k-min} (kWsaat)	W _{k-ek-ger.} (kWsaat)	Q _{d-har.} (kWsaat)	W _{k-ek-har.} (kWsaat)	W _{k-har.} (kWsaat)	COP	η _{ka}	Y (kg/saat)
15.03.2005	1	5,8	33,22	27,77	11,05	6,61	88812,5	0,98	20,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,65	0,00	20,65	0,57	0,14	5,44	7,12	0,00	7,12	12,56	2,64	0,96	3,22
	2	5,3	34,39	28,75	11,05	6,61	88837,0	0,98	20,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,65	0,00	20,65	0,59	0,14	5,64	8,10	0,00	8,10	13,73	2,50	0,97	3,30
	3	4,8	35,56	29,73	11,05	6,61	88861,5	0,98	20,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,65	0,00	20,65	0,61	0,14	5,83	9,08	0,00	9,08	14,90	2,39	0,97	3,38
	4	4,5	36,26	30,32	11,05	6,61	88886,0	0,98	20,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,65	0,00	20,65	0,62	0,14	5,94	9,66	0,00	9,66	15,61	2,32	0,98	3,43
	5	4,0	37,43	31,29	11,05	6,61	88910,5	0,98	20,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,65	0,00	20,65	0,64	0,14	6,13	10,64	0,00	10,64	16,78	2,23	0,99	3,52
	6	4,2	36,96	30,90	11,05	6,61	88935,0	0,98	20,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,65	0,00	20,65	0,63	0,14	6,06	10,25	0,00	10,25	16,31	2,27	0,98	3,48
	7	5,6	33,69	28,17	11,05	6,61	88959,5	0,98	20,65	0,01	0,12	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00	20,65	0,00	20,77	0,58	0,15	5,52	7,40	0,00	7,40	12,92	2,61	0,96	3,25
	8	7,0	30,41	25,43	11,05	6,61	88984,0	0,98	20,65	0,14	1,57	0,00	1,57	0,02	0,00	0,00	20,65	0,00	22,22	0,52	0,16	4,98	3,20	0,00	3,20	8,19	3,71	0,93	3,01
	9	9,0	25,73	21,52	11,05	6,61	89008,5	0,98	20,65	0,29	3,31	2,44	0,87	0,01	2,44	0,06	20,65	0,00	21,52	0,44	0,15	4,22	0,00	0,00	0,00	4,22	6,10	0,89	2,67
	10	11,0	21,05	17,60	11,05	6,61	89033,0	0,98	20,65	0,48	5,43	7,87	0,00	0,00	5,43	0,13	17,60	0,00	17,60	0,36	0,12	3,45	0,00	0,00	0,00	3,45	6,10	0,85	2,31
	11	11,0	21,05	17,60	11,05	6,61	89057,5	0,98	20,65	0,60	6,77	14,64	0,00	0,00	6,77	0,16	17,60	0,00	17,60	0,36	0,12	3,45	0,00	0,00	0,00	3,45	6,10	0,85	2,31
	12	11,9	18,95	15,84	11,05	6,61	89082,0	0,98	20,65	0,68	7,71	22,35	0,00	0,00	7,71	0,18	15,84	0,00	15,84	0,32	0,11	3,11	0,00	0,00	0,00	3,11	6,10	0,82	2,14
	13	12,8	16,84	14,08	11,05	6,61	89106,5	0,98	20,65	0,74	8,34	30,70	0,00	0,00	8,34	0,20	14,08	0,00	14,08	0,29	0,10	2,76	0,00	0,00	0,00	2,76	6,10	0,80	1,96
	14	12,6	17,31	14,47	11,05	6,61	89131,0	0,98	20,65	0,68	7,63	38,33	0,00	0,00	7,63	0,18	14,47	0,00	14,47	0,30	0,10	2,84	0,00	0,00	0,00	2,84	6,10	0,80	2,00
	15	11,5	19,88	16,63	11,05	6,61	89155,5	0,98	20,65	0,60	6,77	45,10	0,00	0,00	6,77	0,16	16,63	0,00	16,63	0,34	0,12	3,26	0,00	0,00	0,00	3,26	6,10	0,83	2,21
	16	10,8	21,52	17,99	11,05	6,61	89180,0	0,98	20,65	0,47	5,35	50,45	0,00	0,00	5,35	0,13	17,99	0,00	17,99	0,37	0,13	3,53	0,00	0,00	0,00	3,53	6,10	0,85	2,34
	17	10,0	23,39	19,56	11,05	6,61	89204,5	0,98	20,65	0,29	3,31	53,76	0,00	0,00	3,31	0,08	19,56	0,00	19,56	0,40	0,14	3,83	0,00	0,00	0,00	3,83	6,10	0,87	2,49
	18	7,8	28,54	23,86	11,05	6,61	89229,0	0,98	20,65	0,11	1,26	51,80	1,26	0,02	0,00	0,00	20,65	1,96	23,86	0,49	0,17	4,68	1,96	1,96	0,00	4,68	6,10	0,92	2,88
	19	6,8	30,88	25,82	11,05	6,61	89253,5	0,98	20,65	0,00	0,00	46,63	0,00	0,00	0,00	0,00	20,65	5,17	25,82	0,53	0,18	5,06	5,17	0,00	5,06	6,10	0,94	3,05	
	20	6,9	30,64	25,82	11,05	6,61	89278,0	0,98	20,65	0,00	0,00	41,65	0,00	0,00	0,00	0,00	20,65	4,98	25,82	0,52	0,18	5,02	4,98	0,00	5,02	6,10	0,94	3,03	
	21	7,2	29,94	25,04	11,05	6,61	89302,5	0,98	20,64	0,00	0,00	37,26	0,00	0,00	0,00	0,00	20,64	4,39	25,04	0,51	0,18	4,91	4,39	0,00	4,91	6,10	0,93	2,98	
	22	8,0	28,07	23,47	11,05	6,61	89327,0	0,98	20,64	0,00	0,00	34,43	0,00	0,00	0,00	0,00	20,64	2,83	23,47	0,48	0,16	4,60	2,83	0,00	4,60	6,10	0,91	2,84	
	23	7,1	30,18	25,23	11,05	6,61	89351,5	0,98	20,64	0,00	0,00	29,85	0,00	0,00	0,00	0,00	20,64	4,59	25,23	0,52	0,18	4,95	4,59	0,00	4,95	6,10	0,93	3,00	
	24	7,3	29,71	24,84	11,05	6,61	89376,0	0,98	20,64	0,00	0,00	25,65	0,00	0,00	0,00	0,00	20,64	4,20	24,84	0,51	0,17	4,87	4,20	0,00	4,87	6,10	0,93	2,96	
16.03.2005	1	7,0	30,41	25,43	11,06	6,62	89400,5	0,98	20,67	0,00	0,00	20,89	0,00	0,00	0,00	0,00	20,67	4,76	25,43	0,52	0,18	4,98	4,76	0,00	4,98	6,10	0,93	3,01	
	2	6,3	32,05	26,80	11,06	6,62	89425,0	0,98	20,67	0,00	0,00	14,77	0,00	0,00	0,00	0,00	20,67	6,13	26,80	0,55	0,19	5,25	6,13	0,00	5,25	6,10	0,95	3,13	
	3	5,4	34,15	28,56	11,06	6,62	89449,5	0,98	20,67	0,00	0,00	6,88	0,00	0,00	0,00	0,00	20,67	7,89	28,56	0,58	0,20	5,60	7,89	0,00	5,60	6,10	0,96	3,28	
	4	6,0	32,75	27,38	11,06	6,62	89474,0	0,98	20,67	0,00	0,00	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	20,67	6,71	27,38	0,56	0,19	5,37	6,71	0,00	5,37	6,10	0,95	3,18	
	5	5,3	34,39	28,75	11,06	6,62	89498,5	0,98	20,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,67	0,00	20,67	0,59	0,14	5,64	8,08	0,00	8,08	13,72	2,51	0,97	3,30
	6	5,2	34,62	28,95	11,06	6,62	89523,0	0,98	20,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,67	0,00	20,67	0,59	0,14	5,67	8,28	0,00	8,28	13,95	2,48	0,97	3,32
	7	5,6	33,69	28,17	11,06	6,61	89547,5	0,98	20,67	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	20,67	0,00	20,71	0,58	0,14	5,52	7,46	0,00	7,46	12,98	2,60	0,96	3,25
	8	7,8	28,54	23,86	11,06	6,61	89572,0	0,98	20,67	0,14	1,57	0,00	1,57	0,02	0,00	0,00	20,67	0,00	22,24	0,49	0,16	4,68	1,62	0,00	1,62	6,30	4,53	0,92	2,88
	9	6,8	30,88	25,82	11,06	6,61	89596,5	0,98	20,67	0,33	3,78	0,00	3,78	0,05	0,00	0,00	20,67	0,00	24,44	0,53	0,17	5,06	1,37	0,00	1,37	6,43	4,80	0,94	3,05
	10	7,8	28,54	23,86	11,06	6,61	89621,0	0,98	20,67	0,39	4,41	1,21	3,20	0,04	1,21	0,03	20,67	0,00	23,86	0,49	0,17	4,68	0,00	0,00	0,00	4,68	6,10	0,92	2,88
	11	8,8	26,20	21,91	11,06	6,61	89645,5	0,98	20,67	0,45	5,04	5,01	1,24	0,01	3,80	0,09	20,67	0,00	21,91	0,45	0,15	4,29	0,00	0,00	0,00	4,29	6,10	0,90	2,70
	12	9,8	23,86	19,95	11,06	6,61	89670,0	0,98	20,67	0,49	5,51	10,52	0,00	0,00	5,51	0,13	19,95	0,00	19,95	0,41	0,14	3,91	0,00	0,00	0,00	3,91	6,10	0,87	2,53
	13	13,9	14,27	11,93	11,06	6,61	89694,5	0,98	20,67	0,56	6,30	16,81	0,00	0,00	6,30	0,15	11,93	0,00	11,93	0,24	0,08	2,34	0,00	0,00	0,00	2,34	6,10	0,76	1,73
	14	14,0	14,04	11,74	11,06	6,61	89719,0	0,98	20,66	0,64	7,24	24,06	0,00	0,00	7,24	0,17	11,74	0,00	11,74	0,24	0,08	2,30	0,00	0,00	0,00	2,30	6,10	0,76	1,71
	15	14,0	14,04	11,74	11,06	6,61	89743,5	0,98	20,66	0,56	6,30	30,35	0,00	0,00	6,30	0,15	11,74	0,00	11,74	0,24	0,08	2,30	0,00	0,00	0,00	2,30	6,10	0,76	1,71
	16	13,5	15,21	12,71	11,06	6,61	89768,0	0,98	20,66	0,35	3,94	34,29	0,00	0,00	3,94	0,09	12,71	0,00	12,71	0,26	0,09	2,49	0,00	0,00	0,00	2,49	6,10	0,78	1,82
	17	12,2	18,25	15,26	11,06	6,61	89792,5	0,98	20,66	0,28	3,15	37,44	0,00	0,00	3,15	0,08	15,26	0,00	15,26	0,31	0,11	2,99	0,00	0,00	0,00	2,99	6,10	0,81	2,08
	18	10,5	22,22	18,58	11,06	6,61	89817,0	0,98	20,66	0,04	0,47	37,91	0,00	0,00	0,47	0,01	18,58	0,00	18,58	0,38	0,13	3,64	0,00	0,00	0,00	3,64	6,10	0,86	2,40
	19	8,9	25,97	21,71	11,06	6,61	89841,5	0,98	20,66	0,00	0,00	36,86	0,00	0,00	0,00	0,00	20,66	1,05	21,71	0,44	0,15	4,26	1,05	0,00	4,26	6,10	0,90	2,69	
	20	8,7																											

Ek 3 Saatlik Değer Tablosunun Bir Kısmı (Devam)

12 Nisan 2005 - 15 Nisan 2005 Tarihleri Arası İçin Saatlik Değerler																														
Tarih	Saat	T _d (°C)	Q _s (kWsaat)	Q _{bi} (kWsaat)	T _{top} (°C)	T _{s2} (°C)	z	F(z)	Q _t (kWsaat)	Q _y (kWsaat/m ²)	Q _{ft} (kWsaat)	Q _d (kWsaat)	Q _{kb} (kWsaat)	m _{kb} (kg/s)	Q _{kd} (kWsaat)	m _{kd} (kg/s)	Q _{tb} (kWsaat)	Q _{db} (kWsaat)	Q _{bg} (kWsaat)	m _{ips} (kg/s)	m _{sa} (kg/s)	W _{k-min} (kWsaat)	W _{k-ek-ger.} (kWsaat)	Q _{d-har.} (kWsaat)	W _{k-ek-har.} (kWsaat)	W _{k-har.} (kWsaat)	COP	η _{ka}	Y (kg/saat)	
12.04.2005	1	15.0	11.70	9.78	11.86	6.93	105276.5	0.97	22.45	0.00	0.00	210.61	0.00	0.00	0.00	0.00	9.78	0.00	9.78	0.20	0.07	1.92	0.00	0.00	0.00	0.00	1.92	6.10	0.73	1.49
	2	14.0	14.04	11.74	11.86	6.93	105301.0	0.97	22.45	0.00	0.00	210.61	0.00	0.00	0.00	0.00	11.74	0.00	11.74	0.24	0.08	2.30	0.00	0.00	0.00	0.00	2.30	6.10	0.76	1.71
	3	13.6	14.97	12.52	11.86	6.93	105325.5	0.97	22.45	0.00	0.00	210.61	0.00	0.00	0.00	0.00	12.52	0.00	12.52	0.26	0.09	2.45	0.00	0.00	0.00	0.00	2.45	6.10	0.77	1.79
	4	13.0	16.38	13.69	11.86	6.93	105350.0	0.97	22.45	0.00	0.00	210.61	0.00	0.00	0.00	0.00	13.69	0.00	13.69	0.28	0.10	2.68	0.00	0.00	0.00	0.00	2.68	6.10	0.79	1.92
	5	12.2	18.25	15.26	11.86	6.93	105374.5	0.97	22.45	0.00	0.00	210.61	0.00	0.00	0.00	0.00	15.26	0.00	15.26	0.31	0.11	2.99	0.00	0.00	0.00	0.00	2.99	6.10	0.81	2.08
	6	11.3	20.35	17.02	11.86	6.93	105399.0	0.97	22.45	0.00	0.00	210.61	0.00	0.00	0.00	0.00	17.02	0.00	17.02	0.35	0.12	3.34	0.00	0.00	0.00	0.00	3.34	6.10	0.84	2.25
	7	11.0	21.05	17.60	11.86	6.93	105423.5	0.97	22.45	0.05	0.55	211.17	0.00	0.00	0.55	0.01	17.60	0.00	17.60	0.36	0.12	3.45	0.00	0.00	0.00	0.00	3.45	6.10	0.85	2.31
	8	11.1	20.82	17.41	11.86	6.93	105448.0	0.97	22.45	0.21	2.36	213.53	0.00	0.00	0.06	0.06	17.41	0.00	17.41	0.36	0.12	3.41	0.00	0.00	0.00	0.00	3.41	6.10	0.84	2.29
	9	12.4	17.78	14.87	11.86	6.93	105472.5	0.97	22.45	0.40	4.56	218.09	0.00	0.00	0.40	0.11	14.87	0.00	14.87	0.30	0.10	2.91	0.00	0.00	0.00	0.00	2.91	6.10	0.81	2.04
	10	13.6	14.97	12.52	11.86	6.93	105497.0	0.97	22.45	0.57	6.45	224.55	0.00	0.00	0.15	0.15	12.52	0.00	12.52	0.26	0.09	2.45	0.00	0.00	0.00	0.00	2.45	6.10	0.77	1.79
	11	15.7	10.06	8.41	11.86	6.93	105521.5	0.97	22.45	0.68	7.71	232.26	0.00	0.00	0.18	0.18	8.41	0.00	8.41	0.17	0.06	1.65	0.00	0.00	0.00	0.00	1.65	6.10	0.71	1.32
	12	16.8	7.49	6.26	11.86	6.93	105546.0	0.97	22.44	0.71	8.03	234.03	0.00	0.07	1.77	0.04	6.26	0.00	6.26	0.13	0.04	1.23	0.00	0.00	0.00	0.00	1.23	6.10	0.67	1.04
	13	18.4	3.74	3.13	11.86	6.93	105570.5	0.97	22.44	0.65	7.40	238.30	3.13	0.04	4.27	0.10	0.00	0.00	3.13	0.06	0.02	0.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.61	6.10	0.61	0.57
	14	17.8	5.15	4.30	11.86	6.93	105595.0	0.97	22.44	0.45	5.04	239.03	4.30	0.05	0.73	0.02	0.00	0.00	4.30	0.09	0.03	0.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	6.10	0.63	0.75
	15	15.8	9.83	8.21	11.86	6.93	105619.5	0.97	22.44	0.17	1.89	240.92	0.00	0.00	1.89	0.05	8.21	0.00	8.21	0.17	0.06	1.61	0.00	0.00	0.00	0.00	1.61	6.10	0.70	1.29
	16	13.7	14.74	12.32	11.86	6.93	105644.0	0.97	22.44	0.15	1.73	242.65	0.00	0.00	1.73	0.04	12.32	0.00	12.32	0.25	0.09	2.42	0.00	0.00	0.00	0.00	2.42	6.10	0.77	1.77
	17	13.5	15.21	12.71	11.86	6.93	105668.5	0.97	22.44	0.22	2.52	245.17	0.00	0.00	2.52	0.06	12.71	0.00	12.71	0.26	0.09	2.49	0.00	0.00	0.00	0.00	2.49	6.10	0.78	1.82
	18	13.0	16.38	13.69	11.86	6.93	105693.0	0.97	22.44	0.13	1.42	246.59	0.00	0.00	1.42	0.03	13.69	0.00	13.69	0.28	0.10	2.68	0.00	0.00	0.00	0.00	2.68	6.10	0.79	1.92
	19	11.8	19.18	16.04	11.86	6.93	105717.5	0.97	22.44	0.05	0.55	247.14	0.00	0.00	0.55	0.01	16.04	0.00	16.04	0.33	0.11	3.14	0.00	0.00	0.00	0.00	3.14	6.10	0.82	2.16
	20	11.6	19.65	16.43	11.86	6.93	105742.0	0.97	22.44	0.00	0.04	247.18	0.00	0.00	0.04	0.00	16.43	0.00	16.43	0.34	0.11	3.22	0.00	0.00	0.00	0.00	3.22	6.10	0.83	2.19
	21	11.0	21.05	17.60	11.86	6.93	105766.5	0.97	22.44	0.00	0.00	247.18	0.00	0.00	0.00	0.00	17.60	0.00	17.60	0.36	0.12	3.45	0.00	0.00	0.00	0.00	3.45	6.10	0.85	2.31
	22	10.8	21.52	17.99	11.86	6.93	105791.0	0.97	22.44	0.00	0.00	247.18	0.00	0.00	0.00	0.00	17.99	0.00	17.99	0.37	0.13	3.53	0.00	0.00	0.00	0.00	3.53	6.10	0.85	2.34
	23	10.5	22.22	18.58	11.86	6.92	105815.5	0.97	22.44	0.00	0.00	247.18	0.00	0.00	0.00	0.00	18.58	0.00	18.58	0.38	0.13	3.64	0.00	0.00	0.00	0.00	3.64	6.10	0.86	2.40
	24	9.9	23.63	19.75	11.86	6.92	105840.0	0.97	22.44	0.00	0.00	247.18	0.00	0.00	0.00	0.00	19.75	0.00	19.75	0.40	0.14	3.87	0.00	0.00	0.00	0.00	3.87	6.10	0.87	2.51
13.04.2005	1	9.8	23.86	19.95	11.91	6.95	105864.5	0.97	22.56	0.00	0.00	247.18	0.00	0.00	0.00	0.00	19.95	0.00	19.95	0.41	0.14	3.91	0.00	0.00	0.00	0.00	3.91	6.10	0.87	2.53
	2	9.7	24.09	20.15	11.91	6.95	105889.0	0.97	22.56	0.00	0.00	247.18	0.00	0.00	0.00	0.00	20.15	0.00	20.15	0.41	0.14	3.95	0.00	0.00	0.00	0.00	3.95	6.10	0.88	2.54
	3	9.5	24.56	20.54	11.91	6.95	105913.5	0.97	22.56	0.00	0.00	247.18	0.00	0.00	0.00	0.00	20.54	0.00	20.54	0.42	0.14	4.03	0.00	0.00	0.00	0.00	4.03	6.10	0.88	2.58
	4	9.4	24.80	20.73	11.91	6.95	105938.0	0.97	22.56	0.00	0.00	247.18	0.00	0.00	0.00	0.00	20.73	0.00	20.73	0.42	0.14	4.06	0.00	0.00	0.00	0.00	4.06	6.10	0.88	2.60
	5	9.2	25.26	21.12	11.91	6.95	105962.5	0.97	22.56	0.00	0.00	247.18	0.00	0.00	0.00	0.00	21.12	0.00	21.12	0.43	0.15	4.14	0.00	0.00	0.00	0.00	4.14	6.10	0.89	2.63
	6	9.1	25.50	21.32	11.91	6.95	105987.0	0.97	22.56	0.00	0.04	247.22	0.00	0.00	0.04	0.00	21.32	0.00	21.32	0.44	0.15	4.18	0.00	0.00	0.00	0.00	4.18	6.10	0.89	2.65
	7	9.5	24.56	20.54	11.91	6.95	106011.5	0.97	22.56	0.09	1.02	248.24	0.00	0.00	1.02	0.02	20.54	0.00	20.54	0.42	0.14	4.03	0.00	0.00	0.00	0.00	4.03	6.10	0.88	2.58
	8	10.4	22.46	18.78	11.91	6.95	106036.0	0.97	22.56	0.16	1.81	250.05	0.00	0.00	1.81	0.04	18.78	0.00	18.78	0.38	0.13	3.68	0.00	0.00	0.00	0.00	3.68	6.10	0.86	2.42
	9	11.5	19.88	16.63	11.91	6.95	106060.5	0.97	22.56	0.24	2.68	252.73	0.00	0.00	2.68	0.06	16.63	0.00	16.63	0.34	0.12	3.26	0.00	0.00	0.00	0.00	3.26	6.10	0.83	2.21
	10	13.0	16.38	13.69	11.91	6.95	106085.0	0.97	22.56	0.56	6.30	259.02	0.00	0.00	6.30	0.15	13.69	0.00	13.69	0.28	0.10	2.68	0.00	0.00	0.00	0.00	2.68	6.10	0.79	1.92
	11	14.8	12.16	10.17	11.91	6.95	106109.5	0.97	22.56	0.70	7.87	266.89	0.00	0.00	7.87	0.19	10.17	0.00	10.17	0.21	0.07	1.99	0.00	0.00	0.00	0.00	1.99	6.10	0.74	1.53
	12	16.2	8.89	7.43	11.91	6.95	106134.0	0.97	22.56	0.72	8.11	267.57	7.43	0.09	0.67	0.02	0.00	0.00	7.43	0.15	0.05	1.46	0.00	0.00	0.00	0.00	1.46	6.10	0.69	1.19
	13	15.0	11.70	9.78	11.91	6.95	106158.5	0.97	22.56	0.73	8.26	275.83	0.00	0.00	0.20	0.20	9.78	0.00	9.78	0.20	0.07	1.92	0.00	0.00	0.00	0.00	1.92	6.10	0.73	1.49
	14	15.2	11.23	9.39	11.91	6.95	106183.0	0.97	22.56	0.72	8.11	283.94	0.00	0.00	8.11	0.19	9.39	0.00	9.39	0.19	0.07	1.84	0.00	0.00	0.00	0.00	1.84	6.10	0.72	1.44
	15	14.0	14.04	11.74	11.91	6.94	106207.5	0.97	22.55	0.45	5.12	289.05	0.00	0.00	5.12	0.12	11.74	0.00	11.74	0.24	0.08	2.30	0.00	0.00	0.00	0.00	2.30	6.10	0.76	1.71
	16	16.5	8.19	6.85	11.91	6.94	106232.0	0.97	22.55	0.47	5.27	294.33	0.00	0.00	5.27	0.13	6.85	0.00	6.85	0.14	0.05	1.34	0.00	0.00	0.00	0.00	1.34	6.10	0.68	1.12
	17	18.2	4.21	3.52	11.91	6.94	106256.5	0.97	22.55	0.26	2.91	297.24	0.00	0.00	2.91	0.07	3.52	0.00	3.52	0.07	0.02	0.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69	6.10	0.62	0.63
	18	14.1	13.80	1																										

Ek 4 Değişken Sistem Tasarımları İçin Bulunan Sonuçlar

L = 100 m, n = 21, x = 100 cm							
A(m ²)	V = 10 m ³						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	27826	20921	234	517	20405	2.5	36
10	28306	20642	399	984	19657	4.8	36
15	29026	20378	399	1331	19047	6.5	37
20	29506	20135	399	1639	18496	8.1	38
25	30226	19916	399	2034	17881	10.2	39
30	30706	19717	399	2371	17346	12	39
35	31426	19535	399	2712	16824	13.9	40
40	31906	19367	399	3006	16361	15.5	41
45	32626	19211	399	3222	15990	16.8	42
50	33106	19066	399	3370	15696	17.7	43

L = 100 m, n = 21, x = 150 cm							
A(m ²)	V = 10 m ³						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	30990	14439	279	592	13847	4.1	37
10	31470	14218	399	1068	13150	7.5	38
15	32190	14016	399	1472	12544	10.5	38
20	32670	13837	399	1889	11948	13.7	39
25	33390	13675	399	2241	11434	16.4	40
30	33870	13530	399	2659	10872	19.6	40
35	34590	13397	399	3036	10361	22.7	41
40	35070	13274	399	3240	10035	24.4	42
45	35790	13158	399	3432	9726	26.1	43
50	36270	13048	399	3568	9480	27.3	44

L = 100 m, n = 21, x = 100 cm							
A(m ²)	V = 20 m ³						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	32306	20921	234	517	20405	2.5	45
10	32786	20642	489	1081	19561	5.2	45
15	33506	20378	752	1688	18690	8.3	46
20	33986	20135	798	2044	18091	10.2	47
25	34706	19916	798	2435	17481	12.2	48
30	35186	19717	798	2767	16950	14	48
35	35906	19535	798	3121	16414	16	49
40	36386	19367	798	3417	15950	17.6	50
45	37106	19211	798	3627	15585	18.9	51
50	37586	19066	798	3776	15290	19.8	52

L = 100 m, n = 21, x = 150 cm							
A(m ²)	V = 20 m ³						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	35470	14439	279	592	13847	4.1	46
10	35950	14218	549	1221	12997	8.6	46
15	36670	14016	798	1873	12142	13.4	47
20	37150	13837	798	2293	11544	16.6	47
25	37870	13675	798	2642	11033	19.3	48
30	38350	13530	798	3065	10465	22.7	48
35	39070	13397	798	3439	9958	25.7	49
40	39550	13274	798	3653	9621	27.5	50
45	40270	13158	798	3830	9328	29.1	51
50	40750	13048	798	3978	9070	30.5	52

L = 100 m, n = 21, x = 100 cm							
A(m ²)	V = 30 m ³						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	36786	20921	234	517	20405	2.5	56
10	37266	20642	489	1081	19561	5.2	56
15	37986	20378	752	1688	18690	8.3	56
20	38466	20135	1008	2254	17881	11.2	57
25	39186	19916	1197	2832	17083	14.2	57
30	39666	19717	1197	3176	16541	16.1	58
35	40386	19535	1197	3526	16009	18.1	59
40	40866	19367	1197	3823	15544	19.7	59
45	41586	19211	1197	4028	15183	21	61
50	42066	19066	1197	4195	14871	22	61

L = 100 m, n = 21, x = 150 cm							
A(m ²)	V = 30 m ³						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	39950	14439	279	592	13847	4.1	55
10	40430	14218	549	1221	12997	8.6	55
15	41150	14016	827	1901	12114	13.6	56
20	41630	13837	1094	2596	11241	18.8	56
25	42350	13675	1197	3046	10629	22.3	57
30	42830	13530	1197	3464	10066	25.6	57
35	43550	13397	1197	3849	9548	28.7	58
40	44030	13274	1197	4064	9210	30.6	59
45	44750	13158	1197	4241	8916	32.2	60
50	45230	13048	1197	4396	8652	33.7	61

L = 100 m, n = 21, x = 100 cm							
A(m ²)	V = 40 m ³						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	41266	20921	234	517	20405	2.5	68
10	41746	20642	489	1081	19561	5.2	68
15	42466	20378	752	1688	18690	8.3	68
20	42946	20135	1008	2254	17881	11.2	68
25	43666	19916	1241	2878	17038	14.4	69
30	44146	19717	1466	3449	16268	17.5	69
35	44866	19535	1596	3939	15597	20.2	70
40	45346	19367	1596	4237	15130	21.9	70
45	46066	19211	1596	4442	14769	23.1	72
50	46546	19066	1596	4599	14467	24.1	73

L = 100 m, n = 21, x = 150 cm							
A(m ²)	V = 40 m ³						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	44430	14439	279	592	13847	4.1	66
10	44910	14218	549	1221	12997	8.6	66
15	45630	14016	827	1901	12114	13.6	66
20	46110	13837	1094	2596	11241	18.8	66
25	46830	13675	1336	3196	10479	23.4	67
30	47310	13530	1593	3865	9666	28.6	67
35	48030	13397	1596	4254	9143	31.8	68
40	48510	13274	1596	4464	8810	33.6	69
45	49230	13158	1596	4646	8512	35.3	70
50	49710	13048	1596	4778	8270	36.6	71

L = 100 m, n = 21, x = 100 cm							
A(m ²)	V = 50 m ³						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	45746	20921	234	517	20405	2.5	82
10	46226	20642	489	1081	19561	5.2	82
15	46946	20378	752	1688	18690	8.3	82
20	47426	20135	1008	2254	17881	11.2	82
25	48146	19916	1241	2878	17038	14.4	82
30	48626	19717	1466	3449	16268	17.5	82
35	49346	19535	1692	4036	15499	20.7	83
40	49826	19367	1890	4535	14833	23.4	83
45	50546	19211	1995	4848	14363	25.2	84
50	51026	19066	1995	4997	14069	26.2	85

L = 100 m, n = 21, x = 150 cm							
A(m ²)	V = 50 m ³						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	48910	14439	279	592	13847	4.1	78
10	49390	14218	549	1221	12997	8.6	78
15	50110	14016	827	1901	12114	13.6	78
20	50590	13837	1094	2596	11241	18.8	78
25	51310	13675	1336	3196	10479	23.4	79
30	51790	13530	1593	3865	9666	28.6	79
35	52510	13397	1875	4533	8864	33.8	79
40	52990	13274	1995	4860	8414	36.6	80
45	53710	13158	1995	5049	8109	38.4	81
50	54190	13048	1995	5192	7855	39.8	82

Ek 4 Değişken Sistem Tasarımları İçin Bulunan Sonuçlar (Devam)

L = 100 m, n = 21, x = 200 cm							
A(m ²)	V = 10 m ³						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	34153	9977	297	671	9307	6,7	40
10	34633	9815	399	1127	8687	11,5	40
15	35353	9670	399	1476	8194	15,3	41
20	35833	9538	399	1821	7717	19,1	41
25	36553	9421	399	2168	7253	23	42
30	37033	9317	399	2517	6800	27	43
35	37753	9217	399	2851	6366	30,9	44
40	38233	9124	399	3120	6004	34,2	44
45	38953	9037	399	3333	5704	36,9	45
50	39433	8957	399	3486	5471	38,9	46

L = 100 m, n = 21, x = 250 cm							
A(m ²)	V = 10 m ³						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	37317	7021	383	704	6317	10	43
10	37797	6896	399	1060	5837	15,4	43
15	38517	6787	399	1426	5361	21	44
20	38997	6691	399	1801	4889	26,9	45
25	39717	6601	399	2119	4482	32,1	46
30	40197	6520	399	2459	4061	37,7	46
35	40917	6444	399	2777	3668	43,1	47
40	41397	6375	399	2948	3427	46,2	48
45	42117	6311	399	3115	3196	49,4	49
50	42597	6253	399	3154	3098	50,4	50

L = 100 m, n = 21, x = 200 cm							
A(m ²)	V = 20 m ³						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	38633	9977	297	671	9307	6,7	48
10	39113	9815	634	1354	8460	13,8	48
15	39833	9670	798	1881	7789	19,4	49
20	40313	9538	798	2213	7325	23,2	49
25	41033	9421	798	2571	6851	27,3	50
30	41513	9317	798	2917	6400	31,3	51
35	42233	9217	798	3249	5968	35,2	52
40	42713	9124	798	3525	5599	38,6	52
45	43433	9037	798	3730	5308	41,3	53
50	43913	8957	798	3898	5059	43,5	54

L = 100 m, n = 21, x = 250 cm							
A(m ²)	V = 20 m ³						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	41797	7021	383	704	6317	10	51
10	42277	6896	772	1439	5458	20,9	51
15	42997	6787	798	1825	4962	26,9	52
20	43477	6691	798	2212	4479	33,1	53
25	44197	6601	798	2528	4073	38,3	54
30	44677	6520	798	2868	3652	44	54
35	45397	6444	798	3188	3256	49,5	55
40	45877	6375	798	3448	2927	54,1	56
45	46597	6311	798	3599	2712	57	57
50	47077	6253	798	3665	2587	58,6	58

L = 100 m, n = 21, x = 200 cm							
A(m ²)	V = 30 m ³						
	omp	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	43113	9977	297	671	9307	6,7	57
10	43593	9815	634	1354	8460	13,8	57
15	44313	9670	1010	2096	7573	21,7	57
20	44793	9538	1197	2622	6916	27,5	58
25	45513	9421	1197	2974	6448	31,6	59
30	45993	9317	1197	3321	5996	35,6	59
35	46713	9217	1197	3649	5568	39,6	60
40	47193	9124	1197	3918	5205	42,9	61
45	47913	9037	1197	4130	4908	45,7	62
50	48393	8957	1197	4297	4661	48	63

L = 100 m, n = 21, x = 250 cm							
A(m ²)	V = 30 m ³						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	46277	7021	383	704	6317	10	60
10	46757	6896	772	1439	5458	20,9	60
15	47477	6787	1174	2193	4594	32,3	61
20	47957	6691	1197	2606	4085	38,9	61
25	48677	6601	1197	2920	3681	44,2	62
30	49157	6520	1197	3254	3267	49,9	63
35	49877	6444	1197	3592	2852	55,7	64
40	50357	6375	1197	3843	2532	60,3	64
45	51077	6311	1197	3993	2318	63,3	66
50	51557	6253	1197	4071	2181	65,1	67

L = 100 m, n = 21, x = 200 cm							
A(m ²)	V = 40 m ³						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	47593	9977	297	671	9307	6,7	67
10	48073	9815	634	1354	8460	13,8	67
15	48793	9670	1010	2096	7573	21,7	67
20	49273	9538	1377	2800	6738	29,4	67
25	49993	9421	1596	3363	6058	35,7	68
30	50473	9317	1596	3721	5595	39,9	69
35	51193	9217	1596	4046	5171	43,9	70
40	51673	9124	1596	4310	4814	47,2	70
45	52393	9037	1596	4522	4516	50	72
50	52873	8957	1596	4684	4273	52,3	72

L = 100 m, n = 21, x = 250 cm							
A(m ²)	V = 40 m ³						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	50757	7021	383	704	6317	10	70
10	51237	6896	772	1439	5458	20,9	70
15	51957	6787	1174	2193	4594	32,3	71
20	52437	6691	1568	2983	3708	44,6	71
25	53157	6601	1596	3324	3277	50,4	72
30	53637	6520	1596	3659	2861	56,1	72
35	54357	6444	1596	3993	2451	62	73
40	54837	6375	1596	4249	2126	66,6	74
45	55557	6311	1596	4392	1919	69,6	75
50	56037	6253	1596	4463	1789	71,4	76

L = 100 m, n = 21, x = 200 cm							
A(m ²)	V = 50 m ³						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	52073	9977	297	671	9307	6,7	79
10	52553	9815	634	1354	8460	13,8	79
15	53273	9670	1010	2096	7573	21,7	79
20	53753	9538	1377	2800	6738	29,4	79
25	54473	9421	1719	3486	5935	37	79
30	54953	9317	1995	4113	5204	44,1	79
35	55673	9217	1995	4457	4760	48,4	80
40	56153	9124	1995	4714	4409	51,7	81
45	56873	9037	1995	4920	4117	54,4	83
50	57353	8957	1995	5096	3861	56,9	83

L = 100 m, n = 21, x = 250 cm							
A(m ²)	V = 50 m ³						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	55237	7021	383	704	6317	10	82
10	55717	6896	772	1439	5458	20,9	82
15	56437	6787	1174	2193	4594	32,3	82
20	56917	6691	1568	2983	3708	44,6	82
25	57637	6601	1938	3666	2935	55,5	82
30	58117	6520	1995	4059	2461	62,3	83
35	58837	6444	1995	4385	2059	68	84
40	59317	6375	1995	4639	1736	72,8	85
45	60037	6311	1995	4792	1519	75,9	86
50	60517	6253	1995	4875	1377	78	87

Ek 4 Değişken Sistem Tasarımları İçin Bulunan Sonuçlar (Devam)

L = 100 m, n = 21, x = 300 cm							
A(m ²)	V = 10 m ³						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	40480	4946	399	713	4233	14,4	47
10	40960	4851	399	1092	3759	22,5	47
15	41680	4767	399	1454	3314	30,5	48
20	42160	4692	399	1813	2878	38,7	49
25	42880	4623	399	2185	2438	47,3	50
30	43360	4559	399	2400	2159	52,6	50
35	44080	4503	399	2446	2057	54,3	51
40	44560	4455	399	2494	1961	56	52
45	45280	4412	399	2574	1837	58,4	53
50	45760	4371	399	2653	1719	60,7	54

L = 100 m, n = 21, x = 300 cm							
A(m ²)	V = 20 m ³						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	44960	4946	415	735	4211	14,9	55
10	45440	4851	798	1487	3364	30,7	55
15	46160	4767	798	1855	2912	38,9	56
20	46640	4692	798	2206	2486	47	57
25	47360	4623	798	2576	2047	55,7	58
30	47840	4559	798	2854	1705	62,6	58
35	48560	4503	798	2991	1512	66,4	59
40	49040	4455	798	3105	1350	69,7	60
45	49760	4412	798	3184	1228	72,2	62
50	50240	4371	798	3297	1074	75,4	62

L = 100 m, n = 21, x = 300 cm							
A(m ²)	V = 30 m ³						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	49440	4946	415	735	4211	14,9	64
10	49920	4851	816	1500	3351	30,9	64
15	50640	4767	1197	2250	2518	47,2	65
20	51120	4692	1197	2610	2082	55,6	65
25	51840	4623	1197	2983	1641	64,5	66
30	52320	4559	1197	3252	1307	71,3	67
35	53040	4503	1197	3389	1114	75,3	68
40	53520	4455	1197	3506	949	78,7	69
45	54240	4412	1197	3584	828	81,2	71
50	54720	4371	1197	3696	675	84,6	72

L = 100 m, n = 21, x = 300 cm							
A(m ²)	V = 40 m ³						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	53920	4946	415	735	4211	14,9	75
10	54400	4851	816	1500	3351	30,9	75
15	55120	4767	1221	2278	2490	47,8	75
20	55600	4692	1596	3012	1680	64,2	75
25	56320	4623	1596	3379	1244	73,1	76
30	56800	4559	1596	3652	907	80,1	77
35	57520	4503	1596	3795	708	84,3	78
40	58000	4455	1596	3907	548	87,7	79
45	58720	4412	1596	3985	426	90,3	81
50	59200	4371	1596	4106	265	93,9	82

L = 100 m, n = 21, x = 300 cm							
A(m ²)	V = 50 m ³						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	58400	4946	415	735	4211	14,9	87
10	58880	4851	816	1500	3351	30,9	87
15	59600	4767	1221	2278	2490	47,8	87
20	60080	4692	1615	3022	1669	64,4	87
25	60800	4623	1994	3785	838	81,9	87
30	61280	4559	1995	4060	500	89	88
35	62000	4503	1995	4198	305	93,2	90
40	62480	4455	1995	4317	137	96,9	91
45	63200	4412	1995	4396	16	99,6	92
50	63680	4371	1995	4371	0	100	94

Ek 4 Değişken Sistem Tasarımları İçin Bulunan Sonuçlar (Devam)

L = 100 m, n = 21, x = 100 cm							
V(m ³)	A = 5 m ²						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	25586	20921	200	480	20442	2,3	32
10	27826	20921	234	517	20405	2,5	36
15	30066	20921	234	517	20405	2,5	41
20	32306	20921	234	517	20405	2,5	45
25	34546	20921	234	517	20405	2,5	50
30	36786	20921	234	517	20405	2,5	56
35	39026	20921	234	517	20405	2,5	62
40	41266	20921	234	517	20405	2,5	68
45	43506	20921	234	517	20405	2,5	75
50	45746	20921	234	517	20405	2,5	82

L = 100 m, n = 21, x = 100 cm							
V(m ³)	A = 30 m ²						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	28466	19717	200	2169	17548	11	35
10	30706	19717	399	2371	17346	12	39
15	32946	19717	599	2573	17144	13	44
20	35186	19717	798	2767	16950	14	48
25	37426	19717	998	2965	16752	15	53
30	39666	19717	1197	3176	16541	16,1	58
35	41906	19717	1397	3369	16348	17,1	63
40	44146	19717	1466	3449	16268	17,5	69
45	46386	19717	1466	3449	16268	17,5	75
50	48626	19717	1466	3449	16268	17,5	82

L = 100 m, n = 21, x = 100 cm							
V(m ³)	A = 10 m ²						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	26066	20642	200	787	19854	3,8	32
10	28306	20642	399	984	19657	4,8	36
15	30546	20642	489	1081	19561	5,2	41
20	32786	20642	489	1081	19561	5,2	45
25	35026	20642	489	1081	19561	5,2	50
30	37266	20642	489	1081	19561	5,2	56
35	39506	20642	489	1081	19561	5,2	62
40	41746	20642	489	1081	19561	5,2	68
45	43986	20642	489	1081	19561	5,2	74
50	46226	20642	489	1081	19561	5,2	82

L = 100 m, n = 21, x = 100 cm							
V(m ³)	A = 35 m ²						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	29186	19535	200	2507	17029	12,8	36
10	31426	19535	399	2712	16824	13,9	40
15	33666	19535	599	2910	16626	14,9	45
20	35906	19535	798	3121	16414	16	49
25	38146	19535	998	3319	16216	17	54
30	40386	19535	1197	3526	16009	18,1	59
35	42626	19535	1397	3731	15805	19,1	64
40	44866	19535	1596	3939	15597	20,2	70
45	47106	19535	1692	4036	15499	20,7	76
50	49346	19535	1692	4036	15499	20,7	83

L = 100 m, n = 21, x = 100 cm							
V(m ³)	A = 15 m ²						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	26786	20378	200	1135	19243	5,6	33
10	29026	20378	399	1331	19047	6,5	37
15	31266	20378	599	1534	18844	7,5	42
20	33506	20378	752	1688	18690	8,3	46
25	35746	20378	752	1688	18690	8,3	51
30	37986	20378	752	1688	18690	8,3	56
35	40226	20378	752	1688	18690	8,3	62
40	42466	20378	752	1688	18690	8,3	68
45	44706	20378	752	1688	18690	8,3	75
50	46946	20378	752	1688	18690	8,3	82

L = 100 m, n = 21, x = 100 cm							
V(m ³)	A = 40 m ²						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	29666	19367	200	2803	16564	14,5	37
10	31906	19367	399	3006	16361	15,5	41
15	34146	19367	599	3201	16166	16,5	45
20	36386	19367	798	3417	15950	17,6	50
25	38626	19367	998	3614	15753	18,7	54
30	40866	19367	1197	3823	15544	19,7	59
35	43106	19367	1397	4037	15330	20,8	65
40	45346	19367	1596	4237	15130	21,9	70
45	47586	19367	1796	4440	14928	22,9	76
50	49826	19367	1890	4535	14833	23,4	83

L = 100 m, n = 21, x = 100 cm							
V(m ³)	A = 20 m ²						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	27266	20135	200	1438	18696	7,1	34
10	29506	20135	399	1639	18496	8,1	38
15	31746	20135	599	1843	18291	9,2	42
20	33986	20135	798	2044	18091	10,2	47
25	36226	20135	998	2240	17894	11,1	51
30	38466	20135	1008	2254	17881	11,2	57
35	40706	20135	1008	2254	17881	11,2	62
40	42946	20135	1008	2254	17881	11,2	68
45	45186	20135	1008	2254	17881	11,2	75
50	47426	20135	1008	2254	17881	11,2	82

L = 100 m, n = 21, x = 100 cm							
V(m ³)	A = 45 m ²						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	30386	19211	200	2991	16220	15,6	38
10	32626	19211	399	3222	15990	16,8	42
15	34866	19211	599	3415	15796	17,8	46
20	37106	19211	798	3627	15585	18,9	51
25	39346	19211	998	3827	15384	19,9	56
30	41586	19211	1197	4028	15183	21	61
35	43826	19211	1397	4233	14978	22	66
40	46066	19211	1596	4442	14769	23,1	72
45	48306	19211	1796	4644	14568	24,2	78
50	50546	19211	1995	4848	14363	25,2	84

L = 100 m, n = 21, x = 100 cm							
V(m ³)	A = 25 m ²						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	27986	19916	200	1826	18090	9,2	35
10	30226	19916	399	2034	17881	10,2	39
15	32466	19916	599	2234	17681	11,2	43
20	34706	19916	798	2435	17481	12,2	48
25	36946	19916	998	2634	17281	13,2	52
30	39186	19916	1197	2832	17083	14,2	57
35	41426	19916	1241	2878	17038	14,4	63
40	43666	19916	1241	2878	17038	14,4	69
45	45906	19916	1241	2878	17038	14,4	75
50	48146	19916	1241	2878	17038	14,4	82

L = 100 m, n = 21, x = 100 cm							
V(m ³)	A = 50 m ²						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	30866	19066	200	3153	15913	16,5	38
10	33106	19066	399	3370	15696	17,7	43
15	35346	19066	599	3569	15497	18,7	47
20	37586	19066	798	3776	15290	19,8	52
25	39826	19066	998	3977	15089	20,9	56
30	42066	19066	1197	4195	14871	22	61
35	44306	19066	1397	4396	14669	23,1	67
40	46546	19066	1596	4599	14467	24,1	73
45	48786	19066	1796	4798	14267	25,2	79
50	51026	19066	1995	4997	14069	26,2	85

Ek 4 Değişken Sistem Tasarımları İçin Bulunan Sonuçlar (Devam)

L = 100 m, n = 21, x = 150 cm							
V(m ³)	A = 5 m ²						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	28750	14439	200	510	13929	3,5	33
10	30990	14439	279	592	13847	4,1	37
15	33230	14439	279	592	13847	4,1	41
20	35470	14439	279	592	13847	4,1	46
25	37710	14439	279	592	13847	4,1	50
30	39950	14439	279	592	13847	4,1	55
35	42190	14439	279	592	13847	4,1	60
40	44430	14439	279	592	13847	4,1	66
45	46670	14439	279	592	13847	4,1	72
50	48910	14439	279	592	13847	4,1	78

L = 100 m, n = 21, x = 150 cm							
V(m ³)	A = 30 m ²						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	31630	13530	200	2460	11070	18,2	37
10	33870	13530	399	2659	10872	19,6	40
15	36110	13530	599	2863	10667	21,2	44
20	38350	13530	798	3065	10465	22,7	48
25	40590	13530	998	3265	10265	24,1	53
30	42830	13530	1197	3464	10066	25,6	57
35	45070	13530	1397	3676	9854	27,2	62
40	47310	13530	1593	3865	9666	28,6	67
45	49550	13530	1593	3865	9666	28,6	73
50	51790	13530	1593	3865	9666	28,6	79

L = 100 m, n = 21, x = 150 cm							
V(m ³)	A = 10 m ²						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	29230	14218	200	848	13370	6	34
10	31470	14218	399	1068	13150	7,5	38
15	33710	14218	549	1221	12997	8,6	42
20	35950	14218	549	1221	12997	8,6	46
25	38190	14218	549	1221	12997	8,6	50
30	40430	14218	549	1221	12997	8,6	55
35	42670	14218	549	1221	12997	8,6	60
40	44910	14218	549	1221	12997	8,6	66
45	47150	14218	549	1221	12997	8,6	72
50	49390	14218	549	1221	12997	8,6	78

L = 100 m, n = 21, x = 150 cm							
V(m ³)	A = 35 m ²						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	32350	13397	200	2831	10566	21,1	37
10	34590	13397	399	3036	10361	22,7	41
15	36830	13397	599	3242	10155	24,2	45
20	39070	13397	798	3439	9958	25,7	49
25	41310	13397	998	3640	9757	27,2	54
30	43550	13397	1197	3849	9548	28,7	58
35	45790	13397	1397	4053	9344	30,3	63
40	48030	13397	1596	4254	9143	31,8	68
45	50270	13397	1796	4449	8948	33,2	73
50	52510	13397	1875	4533	8864	33,8	79

L = 100 m, n = 21, x = 150 cm							
V(m ³)	A = 15 m ²						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	29950	14016	200	1249	12767	8,9	35
10	32190	14016	399	1472	12544	10,5	38
15	34430	14016	599	1670	12346	11,9	42
20	36670	14016	798	1873	12142	13,4	47
25	38910	14016	827	1901	12114	13,6	51
30	41150	14016	827	1901	12114	13,6	56
35	43390	14016	827	1901	12114	13,6	61
40	45630	14016	827	1901	12114	13,6	66
45	47870	14016	827	1901	12114	13,6	72
50	50110	14016	827	1901	12114	13,6	78

L = 100 m, n = 21, x = 150 cm							
V(m ³)	A = 40 m ²						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	32830	13274	200	3033	10241	22,8	38
10	35070	13274	399	3240	10035	24,4	42
15	37310	13274	599	3445	9829	26	46
20	39550	13274	798	3653	9621	27,5	50
25	41790	13274	998	3853	9421	29	54
30	44030	13274	1197	4064	9210	30,6	59
35	46270	13274	1397	4259	9015	32,1	64
40	48510	13274	1596	4464	8810	33,6	69
45	50750	13274	1796	4650	8624	35	74
50	52990	13274	1995	4860	8414	36,6	80

L = 100 m, n = 21, x = 150 cm							
V(m ³)	A = 20 m ²						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	30430	13837	200	1680	12157	12,1	35
10	32670	13837	399	1889	11948	13,7	39
15	34910	13837	599	2091	11746	15,1	43
20	37150	13837	798	2293	11544	16,6	47
25	39390	13837	998	2491	11345	18	51
30	41630	13837	1094	2596	11241	18,8	56
35	43870	13837	1094	2596	11241	18,8	61
40	46110	13837	1094	2596	11241	18,8	66
45	48350	13837	1094	2596	11241	18,8	72
50	50590	13837	1094	2596	11241	18,8	78

L = 100 m, n = 21, x = 150 cm							
V(m ³)	A = 45 m ²						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	33550	13158	200	3187	9971	24,2	39
10	35790	13158	399	3432	9726	26,1	43
15	38030	13158	599	3631	9526	27,6	47
20	40270	13158	798	3830	9328	29,1	51
25	42510	13158	998	4035	9123	30,7	55
30	44750	13158	1197	4241	8916	32,2	60
35	46990	13158	1397	4445	8713	33,8	65
40	49230	13158	1596	4646	8512	35,3	70
45	51470	13158	1796	4845	8312	36,8	75
50	53710	13158	1995	5049	8109	38,4	81

L = 100 m, n = 21, x = 150 cm							
V(m ³)	A = 25 m ²						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	31150	13675	200	2035	11640	14,9	36
10	33390	13675	399	2241	11434	16,4	40
15	35630	13675	599	2439	11236	17,8	44
20	37870	13675	798	2642	11033	19,3	48
25	40110	13675	998	2855	10820	20,9	52
30	42350	13675	1197	3046	10629	22,3	57
35	44590	13675	1336	3196	10479	23,4	62
40	46830	13675	1336	3196	10479	23,4	67
45	49070	13675	1336	3196	10479	23,4	73
50	51310	13675	1336	3196	10479	23,4	79

L = 100 m, n = 21, x = 150 cm							
V(m ³)	A = 50 m ²						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	34030	13048	200	3305	9743	25,3	40
10	36270	13048	399	3568	9480	27,3	44
15	38510	13048	599	3769	9279	28,9	48
20	40750	13048	798	3978	9070	30,5	52
25	42990	13048	998	4178	8870	32	56
30	45230	13048	1197	4396	8652	33,7	61
35	47470	13048	1397	4593	8455	35,2	66
40	49710	13048	1596	4778	8270	36,6	71
45	51950	13048	1796	4985	8063	38,2	76
50	54190	13048	1995	5192	7855	39,8	82

Ek 4 Değişken Sistem Tasarımları İçin Bulunan Sonuçlar (Devam)

L = 100 m, n = 21, x = 200 cm							
V(m ³)	A = 5 m ²						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	31913	9977	200	569	9408	5,7	36
10	34153	9977	297	671	9307	6,7	40
15	36393	9977	297	671	9307	6,7	44
20	38633	9977	297	671	9307	6,7	48
25	40873	9977	297	671	9307	6,7	52
30	43113	9977	297	671	9307	6,7	57
35	45353	9977	297	671	9307	6,7	62
40	47593	9977	297	671	9307	6,7	67
45	49833	9977	297	671	9307	6,7	73
50	52073	9977	297	671	9307	6,7	79

L = 100 m, n = 21, x = 200 cm							
V(m ³)	A = 30 m ²						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	34793	9317	200	2297	7020	24,7	39
10	37033	9317	399	2517	6800	27	43
15	39273	9317	599	2719	6598	29,2	47
20	41513	9317	798	2917	6400	31,3	51
25	43753	9317	998	3127	6190	33,6	55
30	45993	9317	1197	3321	5996	35,6	59
35	48233	9317	1397	3522	5794	37,8	64
40	50473	9317	1596	3721	5595	39,9	69
45	52713	9317	1796	3917	5399	42	74
50	54953	9317	1995	4113	5204	44,1	79

L = 100 m, n = 21, x = 200 cm							
V(m ³)	A = 10 m ²						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	32393	9815	200	922	8893	9,4	36
10	34633	9815	399	1127	8687	11,5	40
15	36873	9815	599	1325	8490	13,5	44
20	39113	9815	634	1354	8460	13,8	48
25	41353	9815	634	1354	8460	13,8	52
30	43593	9815	634	1354	8460	13,8	57
35	45833	9815	634	1354	8460	13,8	62
40	48073	9815	634	1354	8460	13,8	67
45	50313	9815	634	1354	8460	13,8	73
50	52553	9815	634	1354	8460	13,8	79

L = 100 m, n = 21, x = 200 cm							
V(m ³)	A = 35 m ²						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	35513	9217	200	2542	6675	27,6	40
10	37753	9217	399	2851	6366	30,9	44
15	39993	9217	599	3048	6170	33,1	48
20	42233	9217	798	3249	5968	35,2	52
25	44473	9217	998	3460	5757	37,5	56
30	46713	9217	1197	3649	5568	39,6	60
35	48953	9217	1397	3858	5360	41,9	65
40	51193	9217	1596	4046	5171	43,9	70
45	53433	9217	1796	4245	4972	46,1	75
50	55673	9217	1995	4457	4760	48,4	80

L = 100 m, n = 21, x = 200 cm							
V(m ³)	A = 15 m ²						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	33113	9670	200	1275	8395	13,2	37
10	35353	9670	399	1476	8194	15,3	41
15	37593	9670	599	1686	7984	17,4	45
20	39833	9670	798	1881	7789	19,4	49
25	42073	9670	998	2081	7589	21,5	53
30	44313	9670	1010	2096	7573	21,7	57
35	46553	9670	1010	2096	7573	21,7	62
40	48793	9670	1010	2096	7573	21,7	67
45	51033	9670	1010	2096	7573	21,7	73
50	53273	9670	1010	2096	7573	21,7	79

L = 100 m, n = 21, x = 200 cm							
V(m ³)	A = 40 m ²						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	35993	9124	200	2732	6392	29,9	41
10	38233	9124	399	3120	6004	34,2	44
15	40473	9124	599	3321	5803	36,4	48
20	42713	9124	798	3525	5599	38,6	52
25	44953	9124	998	3725	5399	40,8	56
30	47193	9124	1197	3918	5205	42,9	61
35	49433	9124	1397	4118	5006	45,1	65
40	51673	9124	1596	4310	4814	47,2	70
45	53913	9124	1796	4521	4603	49,5	76
50	56153	9124	1995	4714	4409	51,7	81

L = 100 m, n = 21, x = 200 cm							
V(m ³)	A = 20 m ²						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	33593	9538	200	1622	7916	17	38
10	35833	9538	399	1821	7717	19,1	41
15	38073	9538	599	2013	7525	21,1	45
20	40313	9538	798	2213	7325	23,2	49
25	42553	9538	998	2421	7117	25,4	53
30	44793	9538	1197	2622	6916	27,5	58
35	47033	9538	1377	2800	6738	29,4	62
40	49273	9538	1377	2800	6738	29,4	67
45	51513	9538	1377	2800	6738	29,4	73
50	53753	9538	1377	2800	6738	29,4	79

L = 100 m, n = 21, x = 200 cm							
V(m ³)	A = 45 m ²						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	36713	9037	200	2925	6112	32,4	42
10	38953	9037	399	3333	5704	36,9	45
15	41193	9037	599	3523	5514	39	49
20	43433	9037	798	3730	5308	41,3	53
25	45673	9037	998	3934	5103	43,5	58
30	47913	9037	1197	4130	4908	45,7	62
35	50153	9037	1397	4330	4707	47,9	67
40	52393	9037	1596	4522	4516	50	72
45	54633	9037	1796	4723	4314	52,3	77
50	56873	9037	1995	4920	4117	54,4	83

L = 100 m, n = 21, x = 200 cm							
V(m ³)	A = 25 m ²						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	34313	9421	200	1964	7457	20,8	39
10	36553	9421	399	2168	7253	23	42
15	38793	9421	599	2368	7054	25,1	46
20	41033	9421	798	2571	6851	27,3	50
25	43273	9421	998	2772	6649	29,4	54
30	45513	9421	1197	2974	6448	31,6	59
35	47753	9421	1397	3171	6250	33,7	63
40	49993	9421	1596	3363	6058	35,7	68
45	52233	9421	1719	3486	5935	37	73
50	54473	9421	1719	3486	5935	37	79

L = 100 m, n = 21, x = 200 cm							
V(m ³)	A = 50 m ²						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	37193	8957	200	3130	5827	34,9	42
10	39433	8957	399	3486	5471	38,9	46
15	41673	8957	599	3695	5262	41,3	50
20	43913	8957	798	3898	5059	43,5	54
25	46153	8957	998	4090	4867	45,7	58
30	48393	8957	1197	4297	4661	48	63
35	50633	8957	1397	4486	4472	50,1	67
40	52873	8957	1596	4684	4273	52,3	72
45	55113	8957	1796	4880	4077	54,5	78
50	57353	8957	1995	5096	3861	56,9	83

Ek 4 Değişken Sistem Tasarımları İçin Bulunan Sonuçlar (Devam)

L = 100 m, n = 21, x = 250 cm							
V(m ³)	A = 5 m ²						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	35077	7021	200	517	6504	7,4	39
10	37317	7021	383	704	6317	10	43
15	39557	7021	383	704	6317	10	47
20	41797	7021	383	704	6317	10	51
25	44037	7021	383	704	6317	10	56
30	46277	7021	383	704	6317	10	60
35	48517	7021	383	704	6317	10	65
40	50757	7021	383	704	6317	10	70
45	52997	7021	383	704	6317	10	76
50	55237	7021	383	704	6317	10	82

L = 100 m, n = 21, x = 250 cm							
V(m ³)	A = 30 m ²						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	37957	6520	200	1982	4539	30,4	43
10	40197	6520	399	2459	4061	37,7	46
15	42437	6520	599	2663	3857	40,8	50
20	44677	6520	798	2868	3652	44	54
25	46917	6520	998	3061	3460	46,9	58
30	49157	6520	1197	3254	3267	49,9	63
35	51397	6520	1397	3466	3054	53,2	67
40	53637	6520	1596	3659	2861	56,1	72
45	55877	6520	1796	3863	2657	59,2	77
50	58117	6520	1995	4059	2461	62,3	83

L = 100 m, n = 21, x = 250 cm							
V(m ³)	A = 10 m ²						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	35557	6896	200	865	6032	12,5	40
10	37797	6896	399	1060	5837	15,4	43
15	40037	6896	599	1268	5628	18,4	47
20	42277	6896	772	1439	5458	20,9	51
25	44517	6896	772	1439	5458	20,9	56
30	46757	6896	772	1439	5458	20,9	60
35	48997	6896	772	1439	5458	20,9	65
40	51237	6896	772	1439	5458	20,9	70
45	53477	6896	772	1439	5458	20,9	76
50	55717	6896	772	1439	5458	20,9	82

L = 100 m, n = 21, x = 250 cm							
V(m ³)	A = 35 m ²						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	38677	6444	200	2096	4349	32,5	44
10	40917	6444	399	2777	3668	43,1	47
15	43157	6444	599	2990	3455	46,4	51
20	45397	6444	798	3188	3256	49,5	55
25	47637	6444	998	3384	3060	52,5	59
30	49877	6444	1197	3592	2852	55,7	64
35	52117	6444	1397	3784	2660	58,7	68
40	54357	6444	1596	3993	2451	62	73
45	56597	6444	1796	4190	2255	65	79
50	58837	6444	1995	4385	2059	68	84

L = 100 m, n = 21, x = 250 cm							
V(m ³)	A = 15 m ²						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	36277	6787	200	1224	5562	18	41
10	38517	6787	399	1426	5361	21	44
15	40757	6787	599	1627	5160	24	48
20	42997	6787	798	1825	4962	26,9	52
25	45237	6787	998	2028	4759	29,9	56
30	47477	6787	1174	2193	4594	32,3	61
35	49717	6787	1174	2193	4594	32,3	66
40	51957	6787	1174	2193	4594	32,3	71
45	54197	6787	1174	2193	4594	32,3	76
50	56437	6787	1174	2193	4594	32,3	82

L = 100 m, n = 21, x = 250 cm							
V(m ³)	A = 40 m ²						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	39157	6375	200	2199	4176	34,5	45
10	41397	6375	399	2948	3427	46,2	48
15	43637	6375	599	3251	3124	51	52
20	45877	6375	798	3448	2927	54,1	56
25	48117	6375	998	3646	2729	57,2	60
30	50357	6375	1197	3843	2532	60,3	64
35	52597	6375	1397	4042	2333	63,4	69
40	54837	6375	1596	4249	2126	66,6	74
45	57077	6375	1796	4440	1935	69,6	79
50	59317	6375	1995	4639	1736	72,8	85

L = 100 m, n = 21, x = 250 cm							
V(m ³)	A = 20 m ²						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	36757	6691	200	1605	5086	24	41
10	38997	6691	399	1801	4889	26,9	45
15	41237	6691	599	2010	4680	30	49
20	43477	6691	798	2212	4479	33,1	53
25	45717	6691	998	2407	4284	36	57
30	47957	6691	1197	2606	4085	38,9	61
35	50197	6691	1397	2808	3882	42	66
40	52437	6691	1568	2983	3708	44,6	71
45	54677	6691	1568	2983	3708	44,6	76
50	56917	6691	1568	2983	3708	44,6	82

L = 100 m, n = 21, x = 250 cm							
V(m ³)	A = 45 m ²						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	39877	6311	200	2330	3981	36,9	46
10	42117	6311	399	3115	3196	49,4	49
15	44357	6311	599	3404	2907	53,9	53
20	46597	6311	798	3599	2712	57	57
25	48837	6311	998	3803	2508	60,3	61
30	51077	6311	1197	3993	2318	63,3	66
35	53317	6311	1397	4198	2112	66,5	70
40	55557	6311	1596	4392	1919	69,6	75
45	57797	6311	1796	4599	1712	72,9	81
50	60037	6311	1995	4792	1519	75,9	86

L = 100 m, n = 21, x = 250 cm							
V(m ³)	A = 25 m ²						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	37477	6601	200	1859	4742	28,2	42
10	39717	6601	399	2119	4482	32,1	46
15	41957	6601	599	2328	4273	35,3	50
20	44197	6601	798	2528	4073	38,3	54
25	46437	6601	998	2730	3872	41,4	58
30	48677	6601	1197	2920	3681	44,2	62
35	50917	6601	1397	3129	3473	47,4	67
40	53157	6601	1596	3324	3277	50,4	72
45	55397	6601	1796	3526	3075	53,4	77
50	57637	6601	1938	3666	2935	55,5	82

L = 100 m, n = 21, x = 250 cm							
V(m ³)	A = 50 m ²						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	40357	6253	200	2380	3872	38,1	46
10	42597	6253	399	3154	3098	50,4	50
15	44837	6253	599	3471	2781	55,5	54
20	47077	6253	798	3665	2587	58,6	58
25	49317	6253	998	3867	2385	61,9	62
30	51557	6253	1197	4071	2181	65,1	67
35	53797	6253	1397	4266	1987	68,2	71
40	56037	6253	1596	4463	1789	71,4	76
45	58277	6253	1796	4672	1580	74,7	82
50	60517	6253	1995	4875	1377	78	87

Ek 4 Değişken Sistem Tasarımları İçin Bulunan Sonuçlar (Devam)

L = 100 m, n = 21, x = 300 cm							
V(m ³)	A = 5 m ²						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	38240	4946	200	514	4432	10,4	43
10	40480	4946	399	713	4233	14,4	47
15	42720	4946	415	735	4211	14,9	51
20	44960	4946	415	735	4211	14,9	55
25	47200	4946	415	735	4211	14,9	60
30	49440	4946	415	735	4211	14,9	64
35	51680	4946	415	735	4211	14,9	70
40	53920	4946	415	735	4211	14,9	75
45	56160	4946	415	735	4211	14,9	81
50	58400	4946	415	735	4211	14,9	87

L = 100 m, n = 21, x = 300 cm							
V(m ³)	A = 30 m ²						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	41120	4559	200	1746	2813	38,3	47
10	43360	4559	399	2400	2159	52,6	50
15	45600	4559	599	2659	1900	58,3	54
20	47840	4559	798	2854	1705	62,6	58
25	50080	4559	998	3056	1504	67	63
30	52320	4559	1197	3252	1307	71,3	67
35	54560	4559	1397	3454	1106	75,7	72
40	56800	4559	1596	3652	907	80,1	77
45	59040	4559	1796	3849	710	84,4	82
50	61280	4559	1995	4060	500	89	88

L = 100 m, n = 21, x = 300 cm							
V(m ³)	A = 10 m ²						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	38720	4851	200	889	3962	18,3	44
10	40960	4851	399	1092	3759	22,5	47
15	43200	4851	599	1292	3559	26,6	51
20	45440	4851	798	1487	3364	30,7	55
25	47680	4851	816	1500	3351	30,9	60
30	49920	4851	816	1500	3351	30,9	64
35	52160	4851	816	1500	3351	30,9	69
40	54400	4851	816	1500	3351	30,9	75
45	56640	4851	816	1500	3351	30,9	81
50	58880	4851	816	1500	3351	30,9	87

L = 100 m, n = 21, x = 300 cm							
V(m ³)	A = 35 m ²						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	41840	4503	200	1843	2660	40,9	48
10	44080	4503	399	2446	2057	54,3	51
15	46320	4503	599	2793	1710	62	55
20	48560	4503	798	2991	1512	66,4	59
25	50800	4503	998	3189	1314	70,8	64
30	53040	4503	1197	3389	1114	75,3	68
35	55280	4503	1397	3589	914	79,7	73
40	57520	4503	1596	3795	708	84,3	78
45	59760	4503	1796	3995	508	88,7	84
50	62000	4503	1995	4198	305	93,2	90

L = 100 m, n = 21, x = 300 cm							
V(m ³)	A = 15 m ²						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	39440	4767	200	1241	3527	26	45
10	41680	4767	399	1454	3314	30,5	48
15	43920	4767	599	1655	3112	34,7	52
20	46160	4767	798	1855	2912	38,9	56
25	48400	4767	998	2050	2717	43	60
30	50640	4767	1197	2250	2518	47,2	65
35	52880	4767	1221	2278	2490	47,8	70
40	55120	4767	1221	2278	2490	47,8	75
45	57360	4767	1221	2278	2490	47,8	81
50	59600	4767	1221	2278	2490	47,8	87

L = 100 m, n = 21, x = 300 cm							
V(m ³)	A = 40 m ²						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	42320	4455	200	1915	2540	43	49
10	44560	4455	399	2494	1961	56	52
15	46800	4455	599	2907	1548	65,3	56
20	49040	4455	798	3105	1350	69,7	60
25	51280	4455	998	3310	1144	74,3	65
30	53520	4455	1197	3506	949	78,7	69
35	55760	4455	1397	3704	751	83,2	74
40	58000	4455	1596	3907	548	87,7	79
45	60240	4455	1796	4109	345	92,3	85
50	62480	4455	1995	4317	137	96,9	91

L = 100 m, n = 21, x = 300 cm							
V(m ³)	A = 20 m ²						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	39920	4692	200	1492	3200	31,8	45
10	42160	4692	399	1813	2878	38,7	49
15	44400	4692	599	2015	2677	42,9	53
20	46640	4692	798	2206	2486	47	57
25	48880	4692	998	2413	2279	51,4	61
30	51120	4692	1197	2610	2082	55,6	65
35	53360	4692	1397	2807	1885	59,8	70
40	55600	4692	1596	3012	1680	64,2	75
45	57840	4692	1615	3022	1669	64,4	81
50	60080	4692	1615	3022	1669	64,4	87

L = 100 m, n = 21, x = 300 cm							
V(m ³)	A = 45 m ²						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	43040	4412	200	2019	2393	45,8	50
10	45280	4412	399	2574	1837	58,4	53
15	47520	4412	599	2984	1428	67,6	57
20	49760	4412	798	3184	1228	72,2	62
25	52000	4412	998	3384	1028	76,7	66
30	54240	4412	1197	3584	828	81,2	71
35	56480	4412	1397	3792	619	86	76
40	58720	4412	1596	3985	426	90,3	81
45	60960	4412	1796	4184	228	94,8	86
50	63200	4412	1995	4396	16	99,6	92

L = 100 m, n = 21, x = 300 cm							
V(m ³)	A = 25 m ²						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	40640	4623	200	1638	2985	35,4	46
10	42880	4623	399	2185	2438	47,3	50
15	45120	4623	599	2384	2239	51,6	54
20	47360	4623	798	2576	2047	55,7	58
25	49600	4623	998	2776	1847	60	62
30	51840	4623	1197	2983	1641	64,5	66
35	54080	4623	1397	3179	1444	68,8	71
40	56320	4623	1596	3379	1244	73,1	76
45	58560	4623	1796	3575	1048	77,3	82
50	60800	4623	1994	3785	838	81,9	87

L = 100 m, n = 21, x = 300 cm							
V(m ³)	A = 50 m ²						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	43520	4371	200	2119	2253	48,5	51
10	45760	4371	399	2653	1719	60,7	54
15	48000	4371	599	3056	1315	69,9	58
20	50240	4371	798	3297	1074	75,4	62
25	52480	4371	998	3496	875	80	67
30	54720	4371	1197	3696	675	84,6	72
35	56960	4371	1397	3895	476	89,1	77
40	59200	4371	1596	4106	265	93,9	82
45	61440	4371	1796	4301	71	98,4	88
50	63680	4371	1995	4371	0	100	94

Ek 4 Değişken Sistem Tasarımları İçin Bulunan Sonuçlar (Devam)

L = 75 m, n = 21, x = 220 cm							
A(m ²)	V = 10 m ³						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	30652	16161	214	550	15612	3,4	38
10	31132	15910	399	1074	14836	6,7	38
15	31852	15681	399	1453	14229	9,3	39
20	32332	15473	399	1823	13651	11,8	40
25	33052	15283	399	2212	13072	14,5	40
30	33532	15108	399	2665	12443	17,6	41
35	34252	14948	399	3018	11931	20,2	42
40	34732	14803	399	3361	11442	22,7	42
45	35452	14670	399	3547	11123	24,2	43
50	35932	14544	399	3700	10845	25,4	44

L = 100 m, n = 21, x = 220 cm							
A(m ²)	V = 10 m ³						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	35419	8657	326	678	7978	7,8	41
10	35899	8512	399	1102	7410	12,9	41
15	36619	8381	399	1458	6923	17,4	42
20	37099	8265	399	1808	6457	21,9	43
25	37819	8162	399	2161	6001	26,5	44
30	38299	8066	399	2506	5560	31,1	44
35	39019	7977	399	2818	5160	35,3	45
40	39499	7896	399	3093	4803	39,2	46
45	40219	7820	399	3268	4552	41,8	47
50	40699	7750	399	3373	4378	43,5	47

L = 75 m, n = 21, x = 220 cm							
A(m ²)	V = 20 m ³						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	35132	16161	214	550	15612	3,4	47
10	35612	15910	478	1154	14756	7,3	47
15	36332	15681	746	1832	13849	11,7	47
20	36812	15473	798	2255	13218	14,6	48
25	37532	15283	798	2620	12663	17,1	49
30	38012	15108	798	3065	12043	20,3	49
35	38732	14948	798	3416	11532	22,9	50
40	39212	14803	798	3761	11042	25,4	51
45	39932	14670	798	3950	10720	26,9	52
50	40412	14544	798	4116	10429	28,3	52

L = 100 m, n = 21, x = 220 cm							
A(m ²)	V = 20 m ³						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	39899	8657	326	678	7978	7,8	49
10	40379	8512	699	1402	7109	16,5	49
15	41099	8381	798	1860	6520	22,2	50
20	41579	8265	798	2213	6052	26,8	50
25	42299	8162	798	2565	5597	31,4	51
30	42779	8066	798	2910	5156	36,1	52
35	43499	7977	798	3226	4751	40,4	53
40	43979	7896	798	3505	4391	44,4	53
45	44699	7820	798	3665	4155	46,9	55
50	45179	7750	798	3774	3977	48,7	55

L = 75 m, n = 21, x = 220 cm							
A(m ²)	V = 30 m ³						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	39612	16161	214	550	15612	3,4	56
10	40092	15910	478	1154	14756	7,3	57
15	40812	15681	746	1832	13849	11,7	57
20	41292	15473	1002	2459	13014	15,9	57
25	42012	15283	1197	3028	12255	19,8	58
30	42492	15108	1197	3473	11635	23	58
35	43212	14948	1197	3824	11125	25,6	59
40	43692	14803	1197	4169	10634	28,2	60
45	44412	14670	1197	4356	10314	29,7	61
50	44892	14544	1197	4518	10026	31,1	62

L = 100 m, n = 21, x = 220 cm							
A(m ²)	V = 30 m ³						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	44379	8657	326	678	7978	7,8	58
10	44859	8512	699	1402	7109	16,5	58
15	45579	8381	1078	2139	6241	25,5	59
20	46059	8265	1197	2613	5652	31,6	59
25	46779	8162	1197	2957	5205	36,2	60
30	47259	8066	1197	3305	4761	41	60
35	47979	7977	1197	3624	4353	45,4	61
40	48459	7896	1197	3901	3995	49,4	62
45	49179	7820	1197	4064	3756	52	63
50	49659	7750	1197	4172	3578	53,8	64

L = 75 m, n = 21, x = 220 cm							
A(m ²)	V = 40 m ³						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	44092	16161	214	550	15612	3,4	68
10	44572	15910	478	1154	14756	7,3	68
15	45292	15681	746	1832	13849	11,7	68
20	45772	15473	1002	2459	13014	15,9	68
25	46492	15283	1244	3074	12210	20,1	69
30	46972	15108	1480	3758	11350	24,9	69
35	47692	14948	1596	4230	10719	28,3	69
40	48172	14803	1596	4572	10231	30,9	70
45	48892	14670	1596	4766	9904	32,5	71
50	49372	14544	1596	4928	9616	33,9	72

L = 100 m, n = 21, x = 220 cm							
A(m ²)	V = 40 m ³						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	48859	8657	326	678	7978	7,8	68
10	49339	8512	699	1402	7109	16,5	68
15	50059	8381	1078	2139	6241	25,5	69
20	50539	8265	1446	2857	5408	34,6	69
25	51259	8162	1596	3358	4805	41,1	69
30	51739	8066	1596	3707	4359	46	70
35	52459	7977	1596	4013	3964	50,3	71
40	52939	7896	1596	4291	3605	54,3	72
45	53659	7820	1596	4470	3350	57,2	73
50	54139	7750	1596	4573	3177	59	74

L = 75 m, n = 21, x = 220 cm							
A(m ²)	V = 50 m ³						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	48572	16161	214	550	15612	3,4	81
10	49052	15910	478	1154	14756	7,3	80
15	49772	15681	746	1832	13849	11,7	81
20	50252	15473	1002	2459	13014	15,9	81
25	50972	15283	1244	3074	12210	20,1	81
30	51452	15108	1480	3758	11350	24,9	81
35	52172	14948	1716	4346	10602	29,1	82
40	52652	14803	1924	4909	9893	33,2	82
45	53372	14670	1995	5157	9513	35,2	83
50	53852	14544	1995	5330	9214	36,6	84

L = 100 m, n = 21, x = 220 cm							
A(m ²)	V = 50 m ³						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	53339	8657	326	678	7978	7,8	80
10	53819	8512	699	1402	7109	16,5	80
15	54539	8381	1078	2139	6241	25,5	80
20	55019	8265	1446	2857	5408	34,6	80
25	55739	8162	1804	3575	4587	43,8	80
30	56219	8066	1995	4108	3958	50,9	80
35	56939	7977	1995	4413	3565	55,3	82
40	57419	7896	1995	4703	3193	59,6	82
45	58139	7820	1995	4859	2961	62,1	84
50	58619	7750	1995	4965	2785	64,1	85

Ek 4 Değişken Sistem Tasarımları İçin Bulunan Sonuçlar (Devam)

L = 125 m, n = 21, x = 220 cm							
A(m ²)	V = 10 m ³						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	40185	4786	399	712	4073	14,9	46
10	40665	4698	399	1070	3628	22,8	47
15	41385	4619	399	1431	3188	31	48
20	41865	4547	399	1799	2748	39,6	48
25	42585	4481	399	2052	2429	45,8	49
30	43065	4419	399	2137	2283	48,4	50
35	43785	4365	399	2196	2169	50,3	51
40	44265	4319	399	2251	2069	52,1	52
45	44985	4277	399	2333	1944	54,6	53
50	45465	4237	399	2412	1824	56,9	54

L = 125 m, n = 21, x = 220 cm							
A(m ²)	V = 20 m ³						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	44665	4786	416	726	4059	15,2	54
10	45145	4698	798	1467	3231	31,2	55
15	45865	4619	798	1821	2798	39,4	55
20	46345	4547	798	2194	2353	48,2	56
25	47065	4481	798	2452	2029	54,7	57
30	47545	4419	798	2576	1843	58,3	58
35	48265	4365	798	2713	1652	62,2	59
40	48745	4319	798	2854	1466	66,1	60
45	49465	4277	798	2914	1363	68,1	61
50	49945	4237	798	3040	1197	71,8	62

L = 125 m, n = 21, x = 220 cm							
A(m ²)	V = 30 m ³						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	49145	4786	416	726	4059	15,2	64
10	49625	4698	816	1479	3219	31,5	64
15	50345	4619	1197	2230	2389	48,3	64
20	50825	4547	1197	2595	1951	57,1	65
25	51545	4481	1197	2850	1631	63,6	66
30	52025	4419	1197	2977	1443	67,4	67
35	52745	4365	1197	3118	1248	71,4	68
40	53225	4319	1197	3249	1070	75,2	69
45	53945	4277	1197	3313	964	77,5	70
50	54425	4237	1197	3440	797	81,2	71

L = 125 m, n = 21, x = 220 cm							
A(m ²)	V = 40 m ³						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	53625	4786	416	726	4059	15,2	74
10	54105	4698	816	1479	3219	31,5	74
15	54825	4619	1221	2257	2362	48,9	74
20	55305	4547	1596	2991	1556	65,8	74
25	56025	4481	1596	3250	1231	72,5	75
30	56505	4419	1596	3385	1034	76,6	76
35	57225	4365	1596	3517	848	80,6	78
40	57705	4319	1596	3649	671	84,5	79
45	58425	4277	1596	3727	550	87,1	80
50	58905	4237	1596	3838	399	90,6	81

L = 125 m, n = 21, x = 220 cm							
A(m ²)	V = 50 m ³						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	58105	4786	416	726	4059	15,2	86
10	58585	4698	816	1479	3219	31,5	86
15	59305	4619	1221	2257	2362	48,9	86
20	59785	4547	1615	3014	1533	66,3	86
25	60505	4481	1995	3642	838	81,3	86
30	60985	4419	1995	3775	644	85,4	87
35	61705	4365	1995	3925	440	89,9	89
40	62185	4319	1995	4046	273	93,7	90
45	62905	4277	1995	4142	135	96,8	92
50	63385	4237	1995	4237	0	100	93

Ek 4 Değişken Sistem Tasarımları İçin Bulunan Sonuçlar (Devam)

L = 75 m, n = 21, x = 220 cm							
V(m3)	A = 5 m ²						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	28412	16161	200	530	15631	3,3	34
10	30652	16161	214	550	15612	3,4	38
15	32892	16161	214	550	15612	3,4	42
20	35132	16161	214	550	15612	3,4	47
25	37372	16161	214	550	15612	3,4	51
30	39612	16161	214	550	15612	3,4	56
35	41852	16161	214	550	15612	3,4	62
40	44092	16161	214	550	15612	3,4	68
45	46332	16161	214	550	15612	3,4	74
50	48572	16161	214	550	15612	3,4	81

L = 75 m, n = 21, x = 220 cm							
V(m3)	A = 30 m ²						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	31292	15108	200	2449	12659	16,2	37
10	33532	15108	399	2665	12443	17,6	41
15	35772	15108	599	2865	12243	19	45
20	38012	15108	798	3065	12043	20,3	49
25	40252	15108	998	3266	11842	21,6	54
30	42492	15108	1197	3473	11635	23	58
35	44732	15108	1397	3669	11439	24,3	63
40	46972	15108	1480	3758	11350	24,9	69
45	49212	15108	1480	3758	11350	24,9	74
50	51452	15108	1480	3758	11350	24,9	81

L = 75 m, n = 21, x = 220 cm							
V(m3)	A = 10 m ²						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	28892	15910	200	874	15035	5,5	34
10	31132	15910	399	1074	14836	6,7	38
15	33372	15910	478	1154	14756	7,3	42
20	35612	15910	478	1154	14756	7,3	47
25	37852	15910	478	1154	14756	7,3	52
30	40092	15910	478	1154	14756	7,3	57
35	42332	15910	478	1154	14756	7,3	62
40	44572	15910	478	1154	14756	7,3	68
45	46812	15910	478	1154	14756	7,3	74
50	49052	15910	478	1154	14756	7,3	80

L = 75 m, n = 21, x = 220 cm							
V(m3)	A = 35 m ²						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	32012	14948	200	2805	12143	18,8	38
10	34252	14948	399	3018	11931	20,2	42
15	36492	14948	599	3213	11735	21,5	46
20	38732	14948	798	3416	11532	22,9	50
25	40972	14948	998	3621	11327	24,2	55
30	43212	14948	1197	3824	11125	25,6	59
35	45452	14948	1397	4017	10931	26,9	64
40	47692	14948	1596	4230	10719	28,3	69
45	49932	14948	1716	4346	10602	29,1	75
50	52172	14948	1716	4346	10602	29,1	82

L = 75 m, n = 21, x = 220 cm							
V(m3)	A = 15 m ²						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	29612	15681	200	1257	14424	8	35
10	31852	15681	399	1453	14229	9,3	39
15	34092	15681	599	1669	14012	10,6	43
20	36332	15681	746	1832	13849	11,7	47
25	38572	15681	746	1832	13849	11,7	52
30	40812	15681	746	1832	13849	11,7	57
35	43052	15681	746	1832	13849	11,7	62
40	45292	15681	746	1832	13849	11,7	68
45	47532	15681	746	1832	13849	11,7	74
50	49772	15681	746	1832	13849	11,7	81

L = 75 m, n = 21, x = 220 cm							
V(m3)	A = 40 m ²						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	32492	14803	200	3154	11649	21,3	38
10	34732	14803	399	3361	11442	22,7	42
15	36972	14803	599	3555	11247	24	46
20	39212	14803	798	3761	11042	25,4	51
25	41452	14803	998	3970	10833	26,8	55
30	43692	14803	1197	4169	10634	28,2	60
35	45932	14803	1397	4378	10424	29,6	65
40	48172	14803	1596	4572	10231	30,9	70
45	50412	14803	1796	4775	10028	32,3	75
50	52652	14803	1924	4909	9893	33,2	82

L = 75 m, n = 21, x = 220 cm							
V(m3)	A = 20 m ²						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	30092	15473	200	1618	13855	10,5	36
10	32332	15473	399	1823	13651	11,8	40
15	34572	15473	599	2051	13422	13,3	44
20	36812	15473	798	2255	13218	14,6	48
25	39052	15473	998	2455	13019	15,9	52
30	41292	15473	1002	2459	13014	15,9	57
35	43532	15473	1002	2459	13014	15,9	62
40	45772	15473	1002	2459	13014	15,9	68
45	48012	15473	1002	2459	13014	15,9	74
50	50252	15473	1002	2459	13014	15,9	81

L = 75 m, n = 21, x = 220 cm							
V(m3)	A = 45 m ²						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	33212	14670	200	3337	11333	22,7	39
10	35452	14670	399	3547	11123	24,2	43
15	37692	14670	599	3750	10920	25,6	47
20	39932	14670	798	3950	10720	26,9	52
25	42172	14670	998	4155	10515	28,3	56
30	44412	14670	1197	4356	10314	29,7	61
35	46652	14670	1397	4567	10103	31,1	66
40	48892	14670	1596	4766	9904	32,5	71
45	51132	14670	1796	4968	9702	33,9	77
50	53372	14670	1995	5157	9513	35,2	83

L = 75 m, n = 21, x = 220 cm							
V(m3)	A = 25 m ²						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	30812	15283	200	2008	13275	13,1	37
10	33052	15283	399	2212	13072	14,5	40
15	35292	15283	599	2424	12860	15,9	44
20	37532	15283	798	2620	12663	17,1	49
25	39772	15283	998	2823	12461	18,5	53
30	42012	15283	1197	3028	12255	19,8	58
35	44252	15283	1244	3074	12210	20,1	63
40	46492	15283	1244	3074	12210	20,1	69
45	48732	15283	1244	3074	12210	20,1	75
50	50972	15283	1244	3074	12210	20,1	81

L = 75 m, n = 21, x = 220 cm							
V(m3)	A = 50 m ²						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	33692	14544	200	3453	11092	23,7	40
10	35932	14544	399	3700	10845	25,4	44
15	38172	14544	599	3903	10641	26,8	48
20	40412	14544	798	4116	10429	28,3	52
25	42652	14544	998	4319	10226	29,7	57
30	44892	14544	1197	4518	10026	31,1	62
35	47132	14544	1397	4724	9821	32,5	67
40	49372	14544	1596	4928	9616	33,9	72
45	51612	14544	1796	5132	9413	35,3	78
50	53852	14544	1995	5330	9214	36,6	84

Ek 4 Değişken Sistem Tasarımları İçin Bulunan Sonuçlar (Devam)

L = 100 m, n = 21, x = 220 cm							
V(m3)	A = 5 m ²						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	33179	8657	200	549	8107	6,3	37
10	35419	8657	326	678	7978	7,8	41
15	37659	8657	326	678	7978	7,8	45
20	39899	8657	326	678	7978	7,8	49
25	42139	8657	326	678	7978	7,8	53
30	44379	8657	326	678	7978	7,8	58
35	46619	8657	326	678	7978	7,8	63
40	48859	8657	326	678	7978	7,8	68
45	51099	8657	326	678	7978	7,8	74
50	53339	8657	326	678	7978	7,8	80

L = 100 m, n = 21, x = 220 cm							
V(m3)	A = 30 m ²						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	36059	8066	200	2233	5833	27,7	40
10	38299	8066	399	2506	5560	31,1	44
15	40539	8066	599	2706	5360	33,5	48
20	42779	8066	798	2910	5156	36,1	52
25	45019	8066	998	3110	4956	38,6	56
30	47259	8066	1197	3305	4761	41	60
35	49499	8066	1397	3510	4555	43,5	65
40	51739	8066	1596	3707	4359	46	70
45	53979	8066	1796	3901	4164	48,4	75
50	56219	8066	1995	4108	3958	50,9	80

L = 100 m, n = 21, x = 220 cm							
V(m3)	A = 10 m ²						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	33659	8512	200	906	7606	10,6	38
10	35899	8512	399	1102	7410	12,9	41
15	38139	8512	599	1309	7203	15,4	45
20	40379	8512	699	1402	7109	16,5	49
25	42619	8512	699	1402	7109	16,5	53
30	44859	8512	699	1402	7109	16,5	58
35	47099	8512	699	1402	7109	16,5	63
40	49339	8512	699	1402	7109	16,5	68
45	51579	8512	699	1402	7109	16,5	74
50	53819	8512	699	1402	7109	16,5	80

L = 100 m, n = 21, x = 220 cm							
V(m3)	A = 35 m ²						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	36779	7977	200	2383	5594	29,9	42
10	39019	7977	399	2818	5160	35,3	45
15	41259	7977	599	3018	4960	37,8	49
20	43499	7977	798	3226	4751	40,4	53
25	45739	7977	998	3425	4553	42,9	57
30	47979	7977	1197	3624	4353	45,4	61
35	50219	7977	1397	3816	4161	47,8	66
40	52459	7977	1596	4013	3964	50,3	71
45	54699	7977	1796	4215	3762	52,8	76
50	56939	7977	1995	4413	3565	55,3	82

L = 100 m, n = 21, x = 220 cm							
V(m3)	A = 15 m ²						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	34379	8381	200	1266	7115	15,1	39
10	36619	8381	399	1458	6923	17,4	42
15	38859	8381	599	1665	6716	19,9	46
20	41099	8381	798	1860	6520	22,2	50
25	43339	8381	998	2067	6314	24,7	54
30	45579	8381	1078	2139	6241	25,5	59
35	47819	8381	1078	2139	6241	25,5	63
40	50059	8381	1078	2139	6241	25,5	69
45	52299	8381	1078	2139	6241	25,5	74
50	54539	8381	1078	2139	6241	25,5	80

L = 100 m, n = 21, x = 220 cm							
V(m3)	A = 40 m ²						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	37259	7896	200	2553	5343	32,3	42
10	39499	7896	399	3093	4803	39,2	46
15	41739	7896	599	3304	4592	41,8	49
20	43979	7896	798	3505	4391	44,4	53
25	46219	7896	998	3705	4191	46,9	58
30	48459	7896	1197	3901	3995	49,4	62
35	50699	7896	1397	4095	3801	51,9	67
40	52939	7896	1596	4291	3605	54,3	72
45	55179	7896	1796	4498	3398	57	77
50	57419	7896	1995	4703	3193	59,6	82

L = 100 m, n = 21, x = 220 cm							
V(m3)	A = 20 m ²						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	34859	8265	200	1608	6657	19,5	39
10	37099	8265	399	1808	6457	21,9	43
15	39339	8265	599	2005	6260	24,3	46
20	41579	8265	798	2213	6052	26,8	50
25	43819	8265	998	2411	5854	29,2	55
30	46059	8265	1197	2613	5652	31,6	59
35	48299	8265	1397	2812	5453	34	64
40	50539	8265	1446	2857	5408	34,6	69
45	52779	8265	1446	2857	5408	34,6	74
50	55019	8265	1446	2857	5408	34,6	80

L = 100 m, n = 21, x = 220 cm							
V(m3)	A = 45 m ²						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	37979	7820	200	2681	5138	34,3	43
10	40219	7820	399	3268	4552	41,8	47
15	42459	7820	599	3469	4351	44,4	51
20	44699	7820	798	3665	4155	46,9	55
25	46939	7820	998	3867	3953	49,4	59
30	49179	7820	1197	4064	3756	52	63
35	51419	7820	1397	4261	3559	54,5	68
40	53659	7820	1596	4470	3350	57,2	73
45	55899	7820	1796	4664	3156	59,6	78
50	58139	7820	1995	4859	2961	62,1	84

L = 100 m, n = 21, x = 220 cm							
V(m3)	A = 25 m ²						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	35579	8162	200	1957	6205	24	40
10	37819	8162	399	2161	6001	26,5	44
15	40059	8162	599	2364	5798	29	47
20	42299	8162	798	2565	5597	31,4	51
25	44539	8162	998	2764	5398	33,9	56
30	46779	8162	1197	2957	5205	36,2	60
35	49019	8162	1397	3165	4997	38,8	65
40	51259	8162	1596	3358	4805	41,1	69
45	53499	8162	1796	3562	4601	43,6	75
50	55739	8162	1804	3575	4587	43,8	80

L = 100 m, n = 21, x = 220 cm							
V(m3)	A = 50 m ²						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	38459	7750	200	2771	4980	35,8	44
10	40699	7750	399	3373	4378	43,5	47
15	42939	7750	599	3573	4178	46,1	51
20	45179	7750	798	3774	3977	48,7	55
25	47419	7750	998	3975	3776	51,3	60
30	49659	7750	1197	4172	3578	53,8	64
35	51899	7750	1397	4374	3376	56,4	69
40	54139	7750	1596	4573	3177	59	74
45	56379	7750	1796	4766	2985	61,5	79
50	58619	7750	1995	4965	2785	64,1	85

Ek 4 Değişken Sistem Tasarımları İçin Bulunan Sonuçlar (Devam)

L = 125 m, n = 21, x = 220 cm							
V(m3)	A = 5 m ²						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	33179	8657	200	549	8107	6,3	37
10	35419	8657	326	678	7978	7,8	41
15	37659	8657	326	678	7978	7,8	45
20	39899	8657	326	678	7978	7,8	49
25	42139	8657	326	678	7978	7,8	53
30	44379	8657	326	678	7978	7,8	58
35	46619	8657	326	678	7978	7,8	63
40	48859	8657	326	678	7978	7,8	68
45	51099	8657	326	678	7978	7,8	74
50	53339	8657	326	678	7978	7,8	80

L = 125 m, n = 21, x = 220 cm							
V(m3)	A = 30 m ²						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	36059	8066	200	2233	5833	27,7	40
10	38299	8066	399	2506	5560	31,1	44
15	40539	8066	599	2706	5360	33,5	48
20	42779	8066	798	2910	5156	36,1	52
25	45019	8066	998	3110	4956	38,6	56
30	47259	8066	1197	3305	4761	41	60
35	49499	8066	1397	3510	4555	43,5	65
40	51739	8066	1596	3707	4359	46	70
45	53979	8066	1796	3901	4164	48,4	75
50	56219	8066	1995	4108	3958	50,9	80

L = 125 m, n = 21, x = 220 cm							
V(m3)	A = 10 m ²						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	33659	8512	200	906	7606	10,6	38
10	35899	8512	399	1102	7410	12,9	41
15	38139	8512	599	1309	7203	15,4	45
20	40379	8512	699	1402	7109	16,5	49
25	42619	8512	699	1402	7109	16,5	53
30	44859	8512	699	1402	7109	16,5	58
35	47099	8512	699	1402	7109	16,5	63
40	49339	8512	699	1402	7109	16,5	68
45	51579	8512	699	1402	7109	16,5	74
50	53819	8512	699	1402	7109	16,5	80

L = 125 m, n = 21, x = 220 cm							
V(m3)	A = 35 m ²						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	36779	7977	200	2383	5594	29,9	42
10	39019	7977	399	2818	5160	35,3	45
15	41259	7977	599	3018	4960	37,8	49
20	43499	7977	798	3226	4751	40,4	53
25	45739	7977	998	3425	4553	42,9	57
30	47979	7977	1197	3624	4353	45,4	61
35	50219	7977	1397	3816	4161	47,8	66
40	52459	7977	1596	4013	3964	50,3	71
45	54699	7977	1796	4215	3762	52,8	76
50	56939	7977	1995	4413	3565	55,3	82

L = 125 m, n = 21, x = 220 cm							
V(m3)	A = 15 m ²						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	34379	8381	200	1266	7115	15,1	39
10	36619	8381	399	1458	6923	17,4	42
15	38859	8381	599	1665	6716	19,9	46
20	41099	8381	798	1860	6520	22,2	50
25	43339	8381	998	2067	6314	24,7	54
30	45579	8381	1078	2139	6241	25,5	59
35	47819	8381	1078	2139	6241	25,5	63
40	50059	8381	1078	2139	6241	25,5	69
45	52299	8381	1078	2139	6241	25,5	74
50	54539	8381	1078	2139	6241	25,5	80

L = 125 m, n = 21, x = 220 cm							
V(m3)	A = 40 m ²						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	37259	7896	200	2553	5343	32,3	42
10	39499	7896	399	3093	4803	39,2	46
15	41739	7896	599	3304	4592	41,8	49
20	43979	7896	798	3505	4391	44,4	53
25	46219	7896	998	3705	4191	46,9	58
30	48459	7896	1197	3901	3995	49,4	62
35	50699	7896	1397	4095	3801	51,9	67
40	52939	7896	1596	4291	3605	54,3	72
45	55179	7896	1796	4498	3398	57	77
50	57419	7896	1995	4703	3193	59,6	82

L = 125 m, n = 21, x = 220 cm							
V(m3)	A = 20 m ²						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	34859	8265	200	1608	6657	19,5	39
10	37099	8265	399	1808	6457	21,9	43
15	39339	8265	599	2005	6260	24,3	46
20	41579	8265	798	2213	6052	26,8	50
25	43819	8265	998	2411	5854	29,2	55
30	46059	8265	1197	2613	5652	31,6	59
35	48299	8265	1397	2812	5453	34	64
40	50539	8265	1446	2857	5408	34,6	69
45	52779	8265	1446	2857	5408	34,6	74
50	55019	8265	1446	2857	5408	34,6	80

L = 125 m, n = 21, x = 220 cm							
V(m3)	A = 45 m ²						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	37979	7820	200	2681	5138	34,3	43
10	40219	7820	399	3268	4552	41,8	47
15	42459	7820	599	3469	4351	44,4	51
20	44699	7820	798	3665	4155	46,9	55
25	46939	7820	998	3867	3953	49,4	59
30	49179	7820	1197	4064	3756	52	63
35	51419	7820	1397	4261	3559	54,5	68
40	53659	7820	1596	4470	3350	57,2	73
45	55899	7820	1796	4664	3156	59,6	78
50	58139	7820	1995	4859	2961	62,1	84

L = 125 m, n = 21, x = 220 cm							
V(m3)	A = 25 m ²						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	35579	8162	200	1957	6205	24	40
10	37819	8162	399	2161	6001	26,5	44
15	40059	8162	599	2364	5798	29	47
20	42299	8162	798	2565	5597	31,4	51
25	44539	8162	998	2764	5398	33,9	56
30	46779	8162	1197	2957	5205	36,2	60
35	49019	8162	1397	3165	4997	38,8	65
40	51259	8162	1596	3358	4805	41,1	69
45	53499	8162	1796	3562	4601	43,6	75
50	55739	8162	1804	3575	4587	43,8	80

L = 125 m, n = 21, x = 220 cm							
V(m3)	A = 50 m ²						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	38459	7750	200	2771	4980	35,8	44
10	40699	7750	399	3373	4378	43,5	47
15	42939	7750	599	3573	4178	46,1	51
20	45179	7750	798	3774	3977	48,7	55
25	47419	7750	998	3975	3776	51,3	60
30	49659	7750	1197	4172	3578	53,8	64
35	51899	7750	1397	4374	3376	56,4	69
40	54139	7750	1596	4573	3177	59	74
45	56379	7750	1796	4766	2985	61,5	79
50	58619	7750	1995	4965	2785	64,1	85

Ek 4 Değişken Sistem Tasarımları İçin Bulunan Sonuçlar (Devam)

n = 20, A = 50 m ² , V = 10 m ³							
L(m)	x = 120 cm						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
40	26454	45503	399	1801	43701	4	64
60	28899	33666	399	2411	31254	7,2	49
80	31343	24757	399	3116	21641	12,6	44
100	33788	18195	399	3394	14801	18,7	43
120	36232	13597	399	3659	9938	26,9	44
140	38676	10310	399	3246	7064	31,5	46
160	41121	7954	399	2860	5094	36	49

n = 20, A = 50 m ² , V = 10 m ³							
L(m)	x = 140 cm						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
40	26940	43625	399	1875	41750	4,3	61
60	29624	31368	399	2649	28719	8,4	48
80	32309	22233	399	3201	19032	14,4	44
100	34993	15792	399	3584	12208	22,7	43
120	37677	11441	399	3488	7953	30,5	45
140	40362	8426	399	3215	5211	38,2	47
160	43046	6325	399	2612	3713	41,3	51

n = 20, A = 50 m ² , V = 10 m ³							
L(m)	x = 160 cm						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
40	27425	41868	399	1942	39926	4,6	59
60	30350	29223	399	2820	26404	9,6	47
80	33274	19936	399	3329	16607	16,7	44
100	36198	13727	399	3566	10161	26	44
120	39123	9636	399	3454	6182	35,8	46
140	42047	6894	399	2971	3923	43,1	49
160	44972	5065	399	2316	2749	45,7	54

n = 20, A = 50 m ² , V = 10 m ³							
L(m)	x = 180 cm						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
40	27911	40226	399	2070	38157	5,1	57
60	31075	27224	399	3005	24219	11	46
80	34239	17880	399	3441	14440	19,2	44
100	37404	11933	399	3499	8434	29,3	45
120	40568	8131	399	3410	4721	41,9	47
140	43733	5672	399	2605	3067	45,9	52
160	46897	4005	399	2153	1853	53,7	57

n = 20, A = 50 m ² , V = 10 m ³							
L(m)	x = 200 cm						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
40	28396	38704	399	2122	36581	5,5	56
60	31800	25390	399	3184	22206	12,5	46
80	35205	16074	399	3567	12507	22,2	44
100	38609	10381	399	3463	6917	33,4	46
120	42014	6882	399	3211	3671	46,7	49
140	45418	4646	399	2433	2213	52,4	54
160	48822	3096	399	2022	1074	65,3	59

n = 20, A = 50 m ² , V = 10 m ³							
L(m)	x = 220 cm						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
40	28881	37297	399	2279	35019	6,1	55
60	32526	23700	399	3361	20339	14,2	46
80	36170	14490	399	3701	10789	25,5	44
100	39815	9059	399	3477	5582	38,4	47
120	43459	5839	399	2899	2940	49,6	51
140	47103	3748	399	2261	1487	60,3	57
160	50748	2325	399	1673	652	72	63

n = 20, A = 50 m ² , V = 10 m ³							
L(m)	x = 240 cm						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
40	29367	35997	399	2331	33666	6,5	54
60	33251	22151	399	3572	18579	16,1	46
80	37136	13077	399	3619	9458	27,7	45
100	41020	7941	399	3417	4524	43	48
120	44904	4940	399	2681	2259	54,3	53
140	48789	2978	399	2079	898	69,8	59
160	52673	1669	399	1395	275	83,6	66

n = 20, A = 50 m ² , V = 20 m ³							
L(m)	x = 120 cm						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
40	30934	45503	798	2207	43296	4,9	85
60	33379	33666	798	2822	30844	8,4	62
80	35823	24757	798	3522	21235	14,2	54
100	38268	18195	798	3809	14386	20,9	52
120	40712	13597	798	4060	9537	29,9	52
140	43156	10310	798	3665	6645	35,6	54
160	45601	7954	798	3259	4695	41	57

n = 20, A = 50 m ² , V = 20 m ³							
L(m)	x = 140 cm						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
40	31420	43625	798	2266	41359	5,2	81
60	34104	31368	798	3052	28315	9,7	60
80	36789	22233	798	3614	18618	16,3	54
100	39473	15792	798	3985	11807	25,2	52
120	42157	11441	798	3902	7539	34,1	53
140	44842	8426	798	3609	4817	42,8	56
160	47526	6325	798	3032	3293	47,9	59

n = 20, A = 50 m ² , V = 20 m ³							
L(m)	x = 160 cm						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
40	31905	41868	798	2339	39529	5,6	77
60	34830	29223	798	3229	25994	11	58
80	37754	19936	798	3729	16207	18,7	53
100	40678	13727	798	3975	9752	29	52
120	43603	9636	798	3844	5791	39,9	54
140	46527	6894	798	3373	3521	48,9	58
160	49452	5065	798	2848	2217	56,2	62

n = 20, A = 50 m ² , V = 20 m ³							
L(m)	x = 180 cm						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
40	32391	40226	798	2460	37767	6,1	74
60	35555	27224	798	3419	23805	12,6	57
80	38719	17880	798	3882	13998	21,7	53
100	41884	11933	798	3912	8020	32,8	53
120	45048	8131	798	3812	4319	46,9	55
140	48213	5672	798	3126	2546	55,1	60
160	51377	4005	798	2766	1239	69,1	65

n = 20, A = 50 m ² , V = 20 m ³							
L(m)	x = 200 cm						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
40	32876	38704	798	2530	36174	6,5	72
60	36280	25390	798	3584	21806	14,1	56
80	39685	16074	798	3971	12103	24,7	53
100	43089	10381	798	3864	6517	37,2	54
120	46494	6882	798	3644	3238	53	57
140	49898	4646	798	3024	1622	65,1	62
160	53302	3096	798	2423	673	78,3	68

n = 20, A = 50 m ² , V = 20 m ³							
L(m)	x = 220 cm						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
40	33361	37297	798	2681	34616	7,2	70
60	37006	23700	798	3772	19927	15,9	56
80	40650	14490	798	4116	10374	28,4	53
100	44295	9059	798	3886	5173	42,9	55
120	47939	5839	798	3427	2412	58,7	59
140	51583	3748	798	2866	882	76,5	65
160	55228	2325	798	2079	247	89,4	72

n = 20, A = 50 m ² , V = 20 m ³							
L(m)	x = 240 cm						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
40	33847	35997	798	2730	33267	7,6	69
60	37731	22151	798	3985	18166	18	55
80	41616	13077	798	4037	9040	30,9	53
100	45500	7941	798	3818	4123	48,1	56
120	49384	4940	798	3264	1676	66,1	61
140	53269	2978	798	2485	493	83,5	68
160	57153	1669	798	1669	0	100	76

Ek 4 Değişken Sistem Tasarımları İçin Bulunan Sonuçlar (Devam)

x = 200 cm, A = 20 m ² , V = 10 m ³							
n = 17							
L(m)	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
40	23734	47019	399	916	46103	1,9	57
60	26668	33861	399	1337	32524	3,9	45
80	29603	23989	399	1656	22332	6,9	41
100	32537	16910	399	1790	15121	10,6	41
120	35471	12199	399	1956	10243	16	43
140	38405	9019	399	1842	7177	20,4	46
160	41340	6834	399	1777	5057	26	49

x = 200 cm, A = 20 m ² , V = 10 m ³							
n = 18							
L(m)	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
40	24088	45000	399	969	44031	2,2	54
60	27179	31482	399	1401	30080	4,5	43
80	30270	21465	399	1759	19706	8,2	40
100	33361	14721	399	1839	12882	12,5	41
120	36452	10332	399	1843	8489	17,8	43
140	39543	7454	399	1786	5668	24	46
160	42634	5494	399	1775	3719	32,3	50

x = 200 cm, A = 20 m ² , V = 10 m ³							
n = 19							
L(m)	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
40	24442	43019	399	1002	42017	2,3	52
60	27690	29169	399	1458	27711	5	42
80	30937	19156	399	1784	17372	9,3	40
100	34185	12765	399	1933	10832	15,1	41
120	37433	8731	399	1825	6906	20,9	44
140	40681	6130	399	1768	4363	28,8	47
160	43928	4336	399	1714	2622	39,5	52

x = 200 cm, A = 20 m ² , V = 10 m ³							
n = 20							
L(m)	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
40	24796	41088	399	1075	40013	2,6	50
60	28200	26947	399	1534	25413	5,7	41
80	31605	17082	399	1796	15286	10,5	39
100	35009	11042	399	1871	9171	16,9	41
120	38414	7349	399	1794	5555	24,4	44
140	41818	4980	399	1765	3215	35,4	48
160	45222	3341	399	1543	1798	46,2	53

x = 200 cm, A = 20 m ² , V = 10 m ³							
n = 21							
L(m)	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
40	25150	39213	399	1132	38080	2,9	48
60	28711	24797	399	1597	23200	6,4	40
80	32272	15207	399	1822	13385	12	39
100	35833	9538	399	1821	7717	19,1	41
120	39394	6160	399	1764	4396	28,6	45
140	42956	3970	399	1690	2279	42,6	50
160	46517	2482	399	1386	1096	55,9	55

x = 200 cm, A = 20 m ² , V = 10 m ³							
n = 22							
L(m)	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
40	25504	37398	399	1202	36196	3,2	46
60	29222	22744	399	1703	21041	7,5	39
80	32940	13492	399	1909	11583	14,2	39
100	36657	8218	399	1811	6407	22	42
120	40375	5112	399	1774	3338	34,7	46
140	44093	3098	399	1494	1604	48,2	51
160	47811	1761	399	1177	584	66,8	57

x = 200 cm, A = 20 m ² , V = 10 m ³							
n = 23							
L(m)	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
40	25858	35629	399	1283	34345	3,6	45
60	29732	20802	399	1830	18972	8,8	39
80	33607	11955	399	1907	10048	16	39
100	37482	7060	399	1788	5273	25,3	42
120	41356	4178	399	1715	2463	41,1	47
140	45231	2333	399	1364	969	58,5	53
160	49105	1169	399	927	243	79,2	59

x = 200 cm, A = 20 m ² , V = 20 m ³							
n = 17							
L(m)	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
40	28214	47019	695	1209	45810	2,6	79
60	31148	33861	749	1691	32170	5	57
80	34083	23989	771	2037	21952	8,5	51
100	37017	16910	798	2201	14710	13	50
120	39951	12199	798	2361	9838	19,4	51
140	42885	9019	798	2250	6769	24,9	54
160	45820	6834	798	2178	4655	31,9	57

x = 200 cm, A = 20 m ² , V = 20 m ³							
n = 18							
L(m)	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
40	28568	45000	704	1264	43736	2,8	74
60	31659	31482	757	1768	29714	5,6	55
80	34750	21465	783	2147	19318	10	50
100	37841	14721	798	2239	12483	15,2	49
120	40932	10332	798	2264	8068	21,9	51
140	44023	7454	798	2194	5260	29,4	54
160	47114	5494	798	2182	3312	39,7	58

x = 200 cm, A = 20 m ² , V = 20 m ³							
n = 19							
L(m)	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
40	28922	43019	709	1316	41703	3,1	69
60	32170	29169	764	1821	27348	6,2	53
80	35417	19156	798	2191	16966	11,4	49
100	38665	12765	798	2335	10430	18,3	49
120	41913	8731	798	2227	6504	25,5	52
140	45161	6130	798	2175	3955	35,5	55
160	48408	4336	798	2109	2226	48,7	60

x = 200 cm, A = 20 m ² , V = 20 m ³							
n = 20							
L(m)	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
40	29276	41088	711	1380	39708	3,4	66
60	32680	26947	769	1905	25042	7,1	51
80	36085	17082	798	2213	14869	13	48
100	39489	11042	798	2272	8770	20,6	49
120	42894	7349	798	2203	5146	30	52
140	46298	4980	798	2175	2805	43,7	56
160	49702	3341	798	1939	1401	58,1	62

x = 200 cm, A = 20 m ² , V = 20 m ³							
n = 21							
L(m)	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
40	29630	39213	725	1457	37755	3,7	63
60	33191	24797	771	1978	22819	8	50
80	36752	15207	798	2240	12967	14,7	47
100	40313	9538	798	2213	7325	23,2	49
120	43874	6160	798	2173	3988	35,3	53
140	47436	3970	798	2093	1877	52,7	58
160	50997	2482	798	1787	694	72	63

x = 200 cm, A = 20 m ² , V = 20 m ³							
n = 22							
L(m)	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
40	29984	37398	735	1539	35859	4,1	60
60	33702	22744	774	2080	20663	9,1	49
80	37420	13492	798	2306	11186	17,1	47
100	41137	8218	798	2210	6008	26,9	50
120	44855	5112	798	2176	2936	42,6	54
140	48573	3098	798	1894	1204	61,1	59
160	52291	1761	798	1575	186	89,5	66

x = 200 cm, A = 20 m ² , V = 20 m ³							
n = 23							
L(m)	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
40	30338	35629	743	1626	34003	4,6	58
60	34212	20802	789	2217	18584	10,7	48
80	38087	11955	798	2318	9638	19,4	47
100	41962	7060	798	2191	4869	31	50
120	45836	4178	798	2113	2065	50,6	55
140	49711	2333	798	1764	569	75,6	61
160	53585	1169	798	1169	0	100	68

Ek 4 Değişken Sistem Tasarımları İçin Bulunan Sonuçlar (Devam)

L = 120 m, V = 25 m ³ , x = 120 cm							
A(m ²)	n = 17						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	35594	21511	211	504	21007	2,3	54
10	36074	21215	439	1053	20162	5	54
15	36794	20941	698	1663	19278	7,9	54
20	37274	20684	949	2247	18437	10,9	54
25	37994	20448	998	2632	17817	12,9	55
30	38474	20234	998	2967	17267	14,7	56
35	39194	20041	998	3320	16720	16,6	57
40	39674	19866	998	3567	16300	18	57
45	40394	19704	998	3800	15903	19,3	59
50	40874	19551	998	3962	15588	20,3	59

L = 120 m, V = 25 m ³ , x = 120 cm							
A(m ²)	n = 21						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	38365	13173	282	607	12566	4,6	50
10	38845	12981	556	1264	11717	9,7	50
15	39565	12811	841	1951	10859	15,2	51
20	40045	12657	998	2526	10131	20	51
25	40765	12518	998	2858	9661	22,8	52
30	41245	12388	998	3214	9174	25,9	53
35	41965	12272	998	3560	8712	29	54
40	42445	12162	998	3823	8339	31,4	54
45	43165	12058	998	3991	8067	33,1	56
50	43645	11959	998	4105	7854	34,3	56

L = 120 m, V = 25 m ³ , x = 120 cm							
A(m ²)	n = 18						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	36286	19121	250	528	18593	2,8	52
10	36766	18853	510	1100	17753	5,8	52
15	37486	18604	778	1733	16871	9,3	53
20	37966	18375	998	2315	16060	12,6	53
25	38686	18170	998	2698	15472	14,9	54
30	39166	17984	998	3056	14928	17	55
35	39886	17814	998	3409	14405	19,1	56
40	40366	17657	998	3701	13957	21	56
45	41086	17512	998	3911	13600	22,3	57
50	41566	17371	998	4093	13278	23,6	58

L = 120 m, V = 25 m ³ , x = 120 cm							
A(m ²)	n = 22						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	39058	11547	296	633	10914	5,5	50
10	39538	11382	577	1304	10077	11,5	50
15	40258	11233	884	2015	9219	17,9	51
20	40738	11098	998	2479	8619	22,3	51
25	41458	10974	998	2788	8186	25,4	52
30	41938	10863	998	3131	7732	28,8	53
35	42658	10759	998	3447	7312	32	54
40	43138	10660	998	3640	7020	34,1	54
45	43858	10568	998	3798	6770	35,9	56
50	44338	10480	998	3872	6607	36,9	56

L = 120 m, V = 25 m ³ , x = 120 cm							
A(m ²)	n = 19						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	36979	16957	274	559	16398	3,3	51
10	37459	16714	537	1163	15551	7	52
15	38179	16491	805	1815	14677	11	52
20	38659	16290	998	2388	13901	14,7	52
25	39379	16109	998	2772	13337	17,2	53
30	39859	15943	998	3170	12773	19,9	54
35	40579	15792	998	3508	12284	22,2	55
40	41059	15651	998	3809	11842	24,3	55
45	41779	15518	998	4041	11476	26	56
50	42259	15391	998	4254	11137	27,6	57

L = 120 m, V = 25 m ³ , x = 120 cm							
A(m ²)	n = 23						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	39751	10096	297	666	9430	6,6	50
10	40231	9952	610	1332	8620	13,4	50
15	40951	9821	975	2032	7789	20,7	51
20	41431	9703	998	2430	7273	25	51
25	42151	9596	998	2770	6826	28,9	52
30	42631	9497	998	3023	6473	31,8	53
35	43351	9402	998	3274	6128	34,8	54
40	43831	9314	998	3490	5824	37,5	55
45	44551	9230	998	3606	5623	39,1	56
50	45031	9150	998	3717	5433	40,6	57

L = 120 m, V = 25 m ³ , x = 120 cm							
A(m ²)	n = 20						
	YM	K İ	DM	DH	KH	DKO	AES
5	37672	14981	279	563	14418	3,8	51
10	38152	14761	547	1213	13549	8,2	51
15	38872	14564	825	1873	12692	12,9	52
20	39352	14389	998	2441	11948	17	52
25	40072	14229	998	2870	11359	20,2	53
30	40552	14084	998	3250	10834	23,1	53
35	41272	13948	998	3611	10337	25,9	54
40	41752	13824	998	3882	9942	28,1	55
45	42472	13706	998	4092	9614	29,9	56
50	42952	13597	998	4270	9327	31,4	57

Ek 4 Değişken Sistem Tasarımları İçin Bulunan Sonuçlar (Devam)

L = 120 m, V = 25 m ³ , x = 240 cm							
A(m ²)	n = 17						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	42970	9903	294	667	9236	6,7	56
10	43450	9741	609	1349	8393	13,8	57
15	44170	9591	987	2110	7481	22	57
20	44650	9457	998	2476	6981	26,2	57
25	45370	9337	998	2798	6539	30	59
30	45850	9230	998	3182	6048	34,5	59
35	46570	9128	998	3500	5628	38,3	60
40	47050	9036	998	3792	5244	42	61
45	47770	8951	998	3980	4971	44,5	62
50	48250	8870	998	4108	4762	46,3	63

L = 120 m, V = 25 m ³ , x = 240 cm							
A(m ²)	n = 21						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	47469	4474	416	742	3732	16,6	60
10	47949	4389	816	1502	2887	34,2	60
15	48669	4313	998	2022	2291	46,9	61
20	49149	4244	998	2406	1838	56,7	61
25	49869	4180	998	2664	1517	63,7	62
30	50349	4123	998	2790	1333	67,7	63
35	51069	4074	998	2927	1147	71,8	64
40	51549	4030	998	3059	972	75,9	65
45	52269	3989	998	3147	842	78,9	66
50	52749	3951	998	3243	707	82,1	67

L = 120 m, V = 25 m ³ , x = 240 cm							
A(m ²)	n = 18						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	44095	8230	332	675	7555	8,2	57
10	44575	8089	705	1432	6657	17,7	57
15	45295	7963	998	2073	5890	26	58
20	45775	7851	998	2418	5434	30,8	58
25	46495	7752	998	2784	4969	35,9	59
30	46975	7659	998	3115	4544	40,7	60
35	47695	7576	998	3407	4169	45	61
40	48175	7496	998	3689	3807	49,2	61
45	48895	7422	998	3872	3550	52,2	62
50	49375	7356	998	3953	3403	53,7	63

L = 120 m, V = 25 m ³ , x = 240 cm							
A(m ²)	n = 22						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	48594	3519	416	752	2767	21,4	61
10	49074	3446	816	1519	1928	44,1	61
15	49794	3383	998	2040	1343	60,3	62
20	50274	3326	998	2282	1044	68,6	62
25	50994	3275	998	2435	841	74,3	64
30	51474	3231	998	2594	637	80,3	64
35	52194	3191	998	2721	470	85,3	66
40	52674	3155	998	2730	424	86,5	67
45	53394	3120	998	2741	379	87,8	68
50	53874	3087	998	2752	335	89,2	69

L = 120 m, V = 25 m ³ , x = 240 cm							
A(m ²)	n = 19						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	45220	6800	390	702	6098	10,3	58
10	45700	6679	780	1435	5244	21,5	58
15	46420	6574	998	2025	4549	30,8	58
20	46900	6481	998	2393	4087	36,9	59
25	47620	6394	998	2723	3672	42,6	60
30	48100	6314	998	3047	3267	48,3	60
35	48820	6242	998	3371	2871	54	61
40	49300	6174	998	3619	2555	58,6	62
45	50020	6111	998	3675	2436	60,1	64
50	50500	6055	998	3755	2300	62	64

L = 120 m, V = 25 m ³ , x = 240 cm							
A(m ²)	n = 23						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	49719	2671	416	757	1914	28,3	62
10	50199	2615	824	1533	1082	58,6	62
15	50919	2564	998	1950	615	76	63
20	51399	2520	998	2118	401	84,1	64
25	52119	2482	998	2272	209	91,6	65
30	52599	2448	998	2291	156	93,6	66
35	53319	2416	998	2302	114	95,3	68
40	53799	2386	998	2312	74	96,9	69
45	54519	2358	998	2314	44	98,1	70
50	54999	2333	998	2333	0	100	71

L = 120 m, V = 25 m ³ , x = 240 cm							
A(m ²)	n = 20						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	46344	5567	413	724	4844	13	59
10	46824	5467	814	1498	3969	27,4	59
15	47544	5377	998	2015	3362	37,5	59
20	48024	5295	998	2381	2913	45	60
25	48744	5222	998	2725	2496	52,2	61
30	49224	5153	998	3058	2095	59,3	61
35	49944	5089	998	3196	1892	62,8	63
40	50424	5033	998	3285	1747	65,3	64
45	51144	4984	998	3371	1612	67,7	65
50	51624	4940	998	3470	1470	70,2	66

Ek 4 Değişken Sistem Tasarımları İçin Bulunan Sonuçlar (Devam)

L = 120 m, A = 25 m ² , x = 110 cm							
V(m ³)	n = 17						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	28419	21860	200	1790	20070	8,2	37
10	30659	21860	399	1994	19866	9,1	41
15	32899	21860	599	2192	19668	10	46
20	35139	21860	798	2393	19468	10,9	51
25	37379	21860	998	2588	19272	11,8	56
30	39619	21860	1131	2728	19132	12,5	61
35	41859	21860	1131	2728	19132	12,5	67
40	44099	21860	1131	2728	19132	12,5	74
45	46339	21860	1131	2728	19132	12,5	81
50	48579	21860	1131	2728	19132	12,5	89

L = 120 m, A = 25 m ² , x = 110 cm							
V(m ³)	n = 21						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	31046	13729	200	2028	11701	14,8	36
10	33286	13729	399	2242	11487	16,3	40
15	35526	13729	599	2440	11289	17,8	44
20	37766	13729	798	2638	11091	19,2	48
25	40006	13729	998	2844	10885	20,7	52
30	42246	13729	1197	3042	10687	22,2	57
35	44486	13729	1338	3192	10537	23,3	61
40	46726	13729	1338	3192	10537	23,3	67
45	48966	13729	1338	3192	10537	23,3	72
50	51206	13729	1338	3192	10537	23,3	79

L = 120 m, A = 25 m ² , x = 110 cm							
V(m ³)	n = 18						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	29076	19533	200	1804	17729	9,2	36
10	31316	19533	399	2011	17522	10,3	41
15	33556	19533	599	2209	17325	11,3	45
20	35796	19533	798	2415	17118	12,4	50
25	38036	19533	998	2613	16920	13,4	54
30	40276	19533	1197	2819	16714	14,4	60
35	42516	19533	1236	2858	16675	14,6	65
40	44756	19533	1236	2858	16675	14,6	71
45	46996	19533	1236	2858	16675	14,6	78
50	49236	19533	1236	2858	16675	14,6	85

L = 120 m, A = 25 m ² , x = 110 cm							
V(m ³)	n = 22						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	31703	12115	200	2042	10074	16,9	36
10	33943	12115	399	2249	9867	18,6	40
15	36183	12115	599	2448	9667	20,2	44
20	38423	12115	798	2651	9464	21,9	48
25	40663	12115	998	2858	9258	23,6	52
30	42903	12115	1197	3060	9056	25,3	56
35	45143	12115	1397	3265	8850	27	61
40	47383	12115	1423	3296	8819	27,2	66
45	49623	12115	1423	3296	8819	27,2	71
50	51863	12115	1423	3296	8819	27,2	77

L = 120 m, A = 25 m ² , x = 110 cm							
V(m ³)	n = 19						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	29733	17428	200	1910	15518	11	36
10	31973	17428	399	2110	15318	12,1	40
15	34213	17428	599	2317	15111	13,3	44
20	36453	17428	798	2523	14905	14,5	49
25	38693	17428	998	2728	14700	15,7	53
30	40933	17428	1197	2937	14491	16,9	58
35	43173	17428	1289	3028	14400	17,4	63
40	45413	17428	1289	3028	14400	17,4	69
45	47653	17428	1289	3028	14400	17,4	76
50	49893	17428	1289	3028	14400	17,4	82

L = 120 m, A = 25 m ² , x = 110 cm							
V(m ³)	n = 23						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	32360	10669	200	1952	8717	18,3	36
10	34600	10669	399	2189	8480	20,5	40
15	36840	10669	599	2395	8274	22,5	44
20	39080	10669	798	2597	8072	24,3	48
25	41320	10669	998	2805	7864	26,3	52
30	43560	10669	1197	3003	7666	28,1	56
35	45800	10669	1397	3211	7458	30,1	61
40	48040	10669	1562	3371	7298	31,6	65
45	50280	10669	1562	3371	7298	31,6	71
50	52520	10669	1562	3371	7298	31,6	76

L = 120 m, A = 25 m ² , x = 110 cm							
V(m ³)	n = 20						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	30389	15496	200	1975	13521	12,7	36
10	32629	15496	399	2186	13310	14,1	40
15	34869	15496	599	2391	13104	15,4	44
20	37109	15496	798	2610	12885	16,8	48
25	39349	15496	998	2811	12684	18,1	53
30	41589	15496	1197	3007	12489	19,4	57
35	43829	15496	1324	3134	12362	20,2	62
40	46069	15496	1324	3134	12362	20,2	68
45	48309	15496	1324	3134	12362	20,2	74
50	50549	15496	1324	3134	12362	20,2	80

Ek 4 Değişken Sistem Tasarımları İçin Bulunan Sonuçlar (Devam)

L = 120 m, A = 25 m ² , x = 220 cm							
V(m ³)	n = 17						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	35181	10585	200	2002	8583	18,9	41
10	37421	10585	399	2204	8381	20,8	45
15	39661	10585	599	2418	8167	22,8	49
20	41901	10585	798	2615	7970	24,7	53
25	44141	10585	998	2815	7770	26,6	57
30	46381	10585	1197	3019	7566	28,5	62
35	48621	10585	1397	3222	7363	30,4	67
40	50861	10585	1593	3409	7176	32,2	72
45	53101	10585	1593	3409	7176	32,2	78
50	55341	10585	1593	3409	7176	32,2	84

L = 120 m, A = 25 m ² , x = 220 cm							
V(m ³)	n = 21						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	39392	5070	200	1638	3431	32,3	44
10	41632	5070	399	2122	2947	41,9	48
15	43872	5070	599	2327	2743	45,9	52
20	46112	5070	798	2524	2545	49,8	56
25	48352	5070	998	2726	2343	53,8	60
30	50592	5070	1197	2918	2151	57,6	64
35	52832	5070	1397	3124	1945	61,6	69
40	55072	5070	1596	3323	1747	65,5	74
45	57312	5070	1796	3518	1552	69,4	79
50	59552	5070	1982	3711	1359	73,2	85

L = 120 m, A = 25 m ² , x = 220 cm							
V(m ³)	n = 18						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	36233	8881	200	1948	6933	21,9	42
10	38473	8881	399	2150	6731	24,2	45
15	40713	8881	599	2354	6527	26,5	49
20	42953	8881	798	2560	6321	28,8	53
25	45193	8881	998	2759	6122	31,1	58
30	47433	8881	1197	2950	5931	33,2	62
35	49673	8881	1397	3158	5724	35,6	67
40	51913	8881	1596	3346	5535	37,7	72
45	54153	8881	1743	3496	5385	39,4	77
50	56393	8881	1743	3496	5385	39,4	84

L = 120 m, A = 25 m ² , x = 220 cm							
V(m ³)	n = 22						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	40445	4091	200	1505	2586	36,8	45
10	42685	4091	399	1958	2133	47,9	49
15	44925	4091	599	2159	1932	52,8	53
20	47165	4091	798	2359	1732	57,7	57
25	49405	4091	998	2559	1532	62,5	61
30	51645	4091	1197	2759	1332	67,4	66
35	53885	4091	1397	2961	1130	72,4	70
40	56125	4091	1596	3159	932	77,2	75
45	58365	4091	1796	3352	739	81,9	81
50	60605	4091	1995	3564	527	87,1	86

L = 120 m, A = 25 m ² , x = 220 cm							
V(m ³)	n = 19						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	37286	7419	200	1918	5501	25,8	42
10	39526	7419	399	2134	5285	28,8	46
15	41766	7419	599	2334	5084	31,5	50
20	44006	7419	798	2531	4887	34,1	54
25	46246	7419	998	2738	4681	36,9	58
30	48486	7419	1197	2936	4482	39,6	63
35	50726	7419	1397	3128	4291	42,2	67
40	52966	7419	1596	3330	4089	44,9	72
45	55206	7419	1796	3531	3887	47,6	78
50	57446	7419	1875	3612	3807	48,7	84

L = 120 m, A = 25 m ² , x = 220 cm							
V(m ³)	n = 23						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	41498	3238	200	1339	1899	41,4	47
10	43738	3238	399	1760	1478	54,4	50
15	45978	3238	599	1965	1273	60,7	54
20	48218	3238	798	2165	1073	66,9	58
25	50458	3238	998	2364	874	73	63
30	52698	3238	1197	2570	668	79,4	67
35	54938	3238	1397	2769	469	85,5	72
40	57178	3238	1596	2966	272	91,6	77
45	59418	3238	1796	3168	70	97,8	82
50	61658	3238	1995	3238	0	100	88

L = 120 m, A = 25 m ² , x = 220 cm							
V(m ³)	n = 20						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	38339	6166	200	1778	4388	28,8	43
10	40579	6166	399	2100	4066	34,1	47
15	42819	6166	599	2298	3868	37,3	51
20	45059	6166	798	2501	3665	40,6	55
25	47299	6166	998	2703	3463	43,8	59
30	49539	6166	1197	2898	3268	47	63
35	51779	6166	1397	3096	3070	50,2	68
40	54019	6166	1596	3298	2868	53,5	73
45	56259	6166	1796	3500	2666	56,8	78
50	58499	6166	1959	3661	2505	59,4	84

Ek 4 Değişken Sistem Tasarımları İçin Bulunan Sonuçlar (Devam)

L = 120 m, n = 21, V = 10 m ³							
A(m ²)	x = 100 cm						
	YM	KI	DM	DH	KH	DKO	AES
5	30127	15810	278	579	15232	3,7	37
10	30607	15593	399	1057	14536	6,8	37
15	31327	15396	399	1441	13955	9,4	38
20	31807	15217	399	1808	13409	11,9	38
25	32527	15053	399	2166	12887	14,4	39
30	33007	14901	399	2558	12343	17,2	40
35	33727	14763	399	2948	11816	20	41
40	34207	14636	399	3241	11396	22,1	41
45	34927	14514	399	3513	11001	24,2	42
50	35407	14398	399	3659	10740	25,4	43

L = 120 m, n = 21, V = 10 m ³							
A(m ²)	x = 220 cm						
	YM	KI	DM	DH	KH	DKO	AES
5	39232	5403	399	718	4686	13,3	45
10	39712	5308	399	1073	4235	20,2	46
15	40432	5220	399	1430	3790	27,4	46
20	40912	5141	399	1792	3349	34,9	47
25	41632	5070	399	2122	2947	41,9	48
30	42112	5003	399	2323	2679	46,4	48
35	42832	4941	399	2363	2578	47,8	50
40	43312	4886	399	2420	2466	49,5	50
45	44032	4839	399	2493	2347	51,5	52
50	44512	4796	399	2564	2232	53,5	52

L = 120 m, n = 21, V = 10 m ³							
A(m ²)	x = 120 cm						
	YM	KI	DM	DH	KH	DKO	AES
5	31645	13173	282	607	12566	4,6	38
10	32125	12981	399	1108	11874	8,5	38
15	32845	12811	399	1509	11302	11,8	39
20	33325	12657	399	1918	10739	15,2	39
25	34045	12518	399	2248	10270	18	40
30	34525	12388	399	2602	9787	21	41
35	35245	12272	399	2951	9321	24	42
40	35725	12162	399	3211	8951	26,4	42
45	36445	12058	399	3382	8675	28,1	43
50	36925	11959	399	3495	8464	29,2	44

L = 120 m, n = 21, V = 10 m ³							
A(m ²)	x = 240 cm						
	YM	KI	DM	DH	KH	DKO	AES
5	40749	4474	399	726	3748	16,2	47
10	41229	4389	399	1084	3305	24,7	47
15	41949	4313	399	1423	2890	33	48
20	42429	4244	399	1809	2435	42,6	49
25	43149	4180	399	2062	2119	49,3	50
30	43629	4123	399	2121	2002	51,4	51
35	44349	4074	399	2170	1904	53,3	52
40	44829	4030	399	2247	1783	55,8	53
45	45549	3989	399	2338	1651	58,6	54
50	46029	3951	399	2381	1569	60,3	55

L = 120 m, n = 21, V = 10 m ³							
A(m ²)	x = 140 cm						
	YM	KI	DM	DH	KH	DKO	AES
5	33162	10974	297	645	10329	5,9	39
10	33642	10810	399	1147	9663	10,6	39
15	34362	10664	399	1503	9161	14,1	40
20	34842	10533	399	1831	8702	17,4	40
25	35562	10413	399	2176	8237	20,9	41
30	36042	10301	399	2501	7800	24,3	42
35	36762	10199	399	2859	7340	28	43
40	37242	10102	399	3134	6968	31	43
45	37962	10011	399	3271	6741	32,7	44
50	38442	9927	399	3386	6541	34,1	45

L = 120 m, n = 21, V = 10 m ³							
A(m ²)	x = 260 cm						
	YM	KI	DM	DH	KH	DKO	AES
5	42267	3671	399	746	2925	20,3	49
10	42747	3597	399	1102	2495	30,6	49
15	43467	3530	399	1473	2057	41,7	50
20	43947	3471	399	1769	1702	51	51
25	44667	3418	399	1913	1505	56	52
30	45147	3371	399	1972	1399	58,5	53
35	45867	3331	399	2027	1304	60,9	54
40	46347	3293	399	2087	1206	63,4	55
45	47067	3258	399	2175	1083	66,8	56
50	47547	3224	399	2248	975	69,7	57

L = 120 m, n = 21, V = 10 m ³							
A(m ²)	x = 160 cm						
	YM	KI	DM	DH	KH	DKO	AES
5	34680	9160	311	677	8483	7,4	40
10	35160	9021	399	1113	7908	12,3	40
15	35880	8893	399	1460	7433	16,4	41
20	36360	8779	399	1806	6974	20,6	42
25	37080	8675	399	2162	6513	24,9	43
30	37560	8579	399	2499	6081	29,1	43
35	38280	8489	399	2831	5658	33,3	44
40	38760	8404	399	3095	5309	36,8	45
45	39480	8326	399	3233	5092	38,8	46
50	39960	8252	399	3334	4917	40,4	46

L = 120 m, n = 21, V = 10 m ³							
A(m ²)	x = 280 cm						
	YM	KI	DM	DH	KH	DKO	AES
5	43784	2958	399	744	2214	25,1	51
10	44264	2895	399	1124	1771	38,8	52
15	44984	2840	399	1464	1376	51,6	52
20	45464	2791	399	1651	1140	59,1	53
25	46184	2749	399	1768	981	64,3	54
30	46664	2713	399	1838	875	67,8	55
35	47384	2680	399	1892	788	70,6	56
40	47864	2648	399	1895	753	71,5	57
45	48584	2618	399	1915	702	73,2	59
50	49064	2589	399	1928	661	74,5	60

L = 120 m, n = 21, V = 10 m ³							
A(m ²)	x = 180 cm						
	YM	KI	DM	DH	KH	DKO	AES
5	36197	7679	365	695	6984	9	42
10	36677	7554	399	1092	6462	14,5	42
15	37397	7444	399	1436	6008	19,3	43
20	37877	7344	399	1798	5546	24,5	43
25	38597	7252	399	2134	5118	29,4	44
30	39077	7166	399	2440	4726	34,1	45
35	39797	7088	399	2752	4336	38,8	46
40	40277	7015	399	2961	4054	42,2	46
45	40997	6946	399	3040	3906	43,8	48
50	41477	6882	399	3118	3764	45,3	48

L = 120 m, n = 21, V = 10 m ³							
A(m ²)	x = 300 cm						
	YM	KI	DM	DH	KH	DKO	AES
5	45301	2343	399	758	1585	32,4	53
10	45781	2293	399	1125	1168	49	54
15	46501	2249	399	1389	860	61,8	55
20	46981	2211	399	1554	658	70,3	55
25	47701	2179	399	1582	597	72,6	57
30	48181	2149	399	1594	555	74,2	58
35	48901	2120	399	1606	515	75,7	59
40	49381	2093	399	1621	472	77,4	60
45	50101	2069	399	1637	432	79,1	61
50	50581	2047	399	1650	397	80,6	62

L = 120 m, n = 21, V = 10 m ³							
A(m ²)	x = 200 cm						
	YM	KI	DM	DH	KH	DKO	AES
5	37714	6457	399	719	5738	11,1	43
10	38194	6346	399	1048	5298	16,5	44
15	38914	6249	399	1397	4852	22,4	45
20	39394	6160	399	1764	4396	28,6	45
25	40114	6079	399	2091	3988	34,4	46
30	40594	6004	399	2434	3571	40,5	47
35	41314	5934	399	2611	3223	44	48
40	41794	5868	399	2649	3219	45,1	48
45	42514	5809	399	2717	3093	46,8	50
50	42994	5757	399	2774	2983	48,2	50

Ek 4 Değişken Sistem Tasarımları İçin Bulunan Sonuçlar (Devam)

L = 120 m, n = 21, V = 20 m ³							
A(m ²)	x = 100 cm						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	34607	15810	278	579	15232	3,7	45
10	35087	15593	542	1206	14387	7,7	45
15	35807	15396	798	1840	13556	12	46
20	36287	15217	798	2217	13000	14,6	47
25	37007	15053	798	2584	12469	17,2	48
30	37487	14901	798	2965	11936	19,9	48
35	38207	14763	798	3358	11406	22,7	49
40	38687	14636	798	3644	10992	24,9	49
45	39407	14514	798	3915	10599	27	51
50	39887	14398	798	4059	10339	28,2	51

L = 120 m, n = 21, V = 20 m ³							
A(m ²)	x = 220 cm						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	43712	5403	413	735	4668	13,6	53
10	44192	5308	798	1470	3838	27,7	53
15	44912	5220	798	1829	3391	35	54
20	45392	5141	798	2192	2949	42,6	55
25	46112	5070	798	2524	2545	49,8	56
30	46592	5003	798	2732	2271	54,6	56
35	47312	4941	798	2857	2083	57,8	58
40	47792	4886	798	2977	1909	60,9	58
45	48512	4839	798	3049	1790	63	60
50	48992	4796	798	3145	1652	65,6	60

L = 120 m, n = 21, V = 20 m ³							
A(m ²)	x = 120 cm						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	36125	13173	282	607	12566	4,6	46
10	36605	12981	556	1264	11717	9,7	46
15	37325	12811	798	1909	10902	14,9	47
20	37805	12657	798	2316	10341	18,3	47
25	38525	12518	798	2653	9865	21,2	48
30	39005	12388	798	3004	9384	24,3	49
35	39725	12272	798	3356	8916	27,3	50
40	40205	12162	798	3622	8540	29,8	50
45	40925	12058	798	3784	8273	31,4	51
50	41405	11959	798	3903	8056	32,6	52

L = 120 m, n = 21, V = 20 m ³							
A(m ²)	x = 240 cm						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	45229	4474	416	742	3732	16,6	55
10	45709	4389	798	1479	2910	33,7	55
15	46429	4313	798	1822	2491	42,2	56
20	46909	4244	798	2209	2035	52	57
25	47629	4180	798	2464	1717	58,9	58
30	48109	4123	798	2584	1539	62,7	59
35	48829	4074	798	2729	1345	67	60
40	49309	4030	798	2862	1168	71	61
45	50029	3989	798	2946	1043	73,9	62
50	50509	3951	798	3039	911	76,9	63

L = 120 m, n = 21, V = 20 m ³							
A(m ²)	x = 140 cm						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	37642	10974	297	645	10329	5,9	47
10	38122	10810	583	1334	9476	12,3	47
15	38842	10664	798	1907	8757	17,9	48
20	39322	10533	798	2246	8287	21,3	48
25	40042	10413	798	2581	7831	24,8	49
30	40522	10301	798	2903	7398	28,2	50
35	41242	10199	798	3265	6933	32	51
40	41722	10102	798	3544	6558	35,1	51
45	42442	10011	798	3669	6343	36,6	52
50	42922	9927	798	3792	6135	38,2	53

L = 120 m, n = 21, V = 20 m ³							
A(m ²)	x = 260 cm						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	46747	3671	416	760	2911	20,7	57
10	47227	3597	798	1503	2093	41,8	57
15	47947	3530	798	1872	1658	53	58
20	48427	3471	798	2174	1297	62,6	59
25	49147	3418	798	2331	1087	68,2	60
30	49627	3371	798	2478	893	73,5	61
35	50347	3331	798	2613	718	78,4	62
40	50827	3293	798	2644	649	80,3	63
45	51547	3258	798	2655	603	81,5	65
50	52027	3224	798	2661	563	82,5	65

L = 120 m, n = 21, V = 20 m ³							
A(m ²)	x = 160 cm						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	39160	9160	311	677	8483	7,4	48
10	39640	9021	674	1388	7632	15,4	48
15	40360	8893	798	1857	7037	20,9	49
20	40840	8779	798	2214	6565	25,2	50
25	41560	8675	798	2567	6108	29,6	50
30	42040	8579	798	2889	5691	33,7	51
35	42760	8489	798	3218	5271	37,9	52
40	43240	8404	798	3509	4895	41,7	53
45	43960	8326	798	3637	4689	43,7	54
50	44440	8252	798	3736	4516	45,3	54

L = 120 m, n = 21, V = 20 m ³							
A(m ²)	x = 280 cm						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	48264	2958	416	762	2196	25,7	60
10	48744	2895	798	1524	1371	52,6	60
15	49464	2840	798	1861	979	65,5	61
20	49944	2791	798	2050	741	73,5	61
25	50664	2749	798	2212	537	80,5	63
30	51144	2713	798	2291	423	84,4	63
35	51864	2680	798	2292	388	85,5	65
40	52344	2648	798	2296	352	86,7	66
45	53064	2618	798	2311	306	88,3	67
50	53544	2589	798	2335	254	90,2	68

L = 120 m, n = 21, V = 20 m ³							
A(m ²)	x = 180 cm						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	40677	7679	365	695	6984	9	50
10	41157	7554	741	1444	6110	19,1	50
15	41877	7444	798	1841	5603	24,7	51
20	42357	7344	798	2202	5142	30	51
25	43077	7252	798	2534	4718	34,9	52
30	43557	7166	798	2844	4322	39,7	53
35	44277	7088	798	3160	3928	44,6	54
40	44757	7015	798	3369	3647	48	54
45	45477	6946	798	3438	3508	49,5	55
50	45957	6882	798	3523	3359	51,2	56

L = 120 m, n = 21, V = 20 m ³							
A(m ²)	x = 300 cm						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	49781	2343	416	773	1570	33	62
10	50261	2293	798	1519	774	66,2	62
15	50981	2249	798	1791	458	79,7	63
20	51461	2211	798	1961	250	88,7	64
25	52181	2179	798	1988	191	91,2	65
30	52661	2149	798	1998	152	92,9	66
35	53381	2120	798	2014	106	95	68
40	53861	2093	798	2025	69	96,7	69
45	54581	2069	798	2043	26	98,8	70
50	55061	2047	798	2047	0	100	71

L = 120 m, n = 21, V = 20 m ³							
A(m ²)	x = 200 cm						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
5	42194	6457	399	719	5738	11,1	51
10	42674	6346	790	1449	4897	22,8	51
15	43394	6249	798	1803	4446	28,9	52
20	43874	6160	798	2173	3988	35,3	53
25	44594	6079	798	2497	3582	41,1	54
30	45074	6004	798	2830	3174	47,1	54
35	45794	5934	798	3038	2895	51,2	55
40	46274	5868	798	3129	2739	53,3	56
45	46994	5809	798	3214	2596	55,3	57
50	47474	5757	798	3291	2466	57,2	58

Ek 4 Değişken Sistem Tasarımları İçin Bulunan Sonuçlar (Devam)

n = 21, V = 25 m ³ , x = 220 cm							
A(m ²)	L = 50 m						
	YM	KI	DM	DH	KH	DKO	AES
5	32606	30968	193	401	30567	1,3	59
10	33086	30515	383	882	29633	2,9	59
15	33806	30100	577	1375	28725	4,6	60
20	34286	29714	760	1830	27883	6,2	60
25	35006	29361	918	2278	27083	7,8	61
30	35486	29046	998	2728	26318	9,4	61
35	36206	28753	998	3011	25742	10,5	62
40	36686	28481	998	3253	25228	11,4	63
45	37406	28228	998	3434	24794	12,2	64
50	37886	27995	998	3578	24417	12,8	65

n = 21, V = 25 m ³ , x = 220 cm							
A(m ²)	L = 110 m						
	YM	KI	DM	DH	KH	DKO	AES
5	44045	6837	393	708	6129	10,4	55
10	44525	6718	782	1449	5269	21,6	55
15	45245	6614	998	2030	4584	30,7	56
20	45725	6521	998	2376	4145	36,4	57
25	46445	6434	998	2711	3722	42,1	58
30	46925	6355	998	3035	3320	47,8	58
35	47645	6282	998	3374	2908	53,7	59
40	48125	6214	998	3559	2655	57,3	60
45	48845	6151	998	3626	2525	58,9	61
50	49325	6094	998	3681	2413	60,4	62

n = 21, V = 25 m ³ , x = 220 cm							
A(m ²)	L = 60 m						
	YM	KI	DM	DH	KH	DKO	AES
5	34513	23981	205	503	23479	2,1	54
10	34993	23620	395	1013	22607	4,3	54
15	35713	23283	589	1508	21774	6,5	55
20	36193	22983	771	2061	20922	9	55
25	36913	22712	930	2616	20096	11,5	56
30	37393	22464	998	3096	19367	13,8	56
35	38113	22234	998	3444	18790	15,5	57
40	38593	22024	998	3797	18227	17,2	57
45	39313	21831	998	3987	17844	18,3	59
50	39793	21651	998	4043	17608	18,7	60

n = 21, V = 25 m ³ , x = 220 cm							
A(m ²)	L = 120 m						
	YM	KI	DM	DH	KH	DKO	AES
5	45952	5403	413	735	4668	13,6	58
10	46432	5308	814	1491	3817	28,1	58
15	47152	5220	998	2024	3196	38,8	58
20	47632	5141	998	2393	2748	46,5	59
25	48352	5070	998	2726	2343	53,8	60
30	48832	5003	998	2933	2070	58,6	61
35	49552	4941	998	3064	1877	62	62
40	50032	4886	998	3173	1713	64,9	63
45	50752	4839	998	3253	1586	67,2	64
50	51232	4796	998	3351	1445	69,9	65

n = 21, V = 25 m ³ , x = 220 cm							
A(m ²)	L = 70 m						
	YM	KI	DM	DH	KH	DKO	AES
5	36419	18382	210	521	17861	2,8	52
10	36899	18096	406	1105	16990	6,1	52
15	37619	17844	651	1713	16130	9,6	53
20	38099	17611	907	2329	15282	13,2	53
25	38819	17400	998	2799	14601	16,1	53
30	39299	17205	998	3214	13991	18,7	54
35	40019	17028	998	3586	13442	21,1	55
40	40499	16862	998	3900	12962	23,1	55
45	41219	16711	998	4085	12626	24,4	57
50	41699	16572	998	4196	12376	25,3	57

n = 21, V = 25 m ³ , x = 220 cm							
A(m ²)	L = 130 m						
	YM	KI	DM	DH	KH	DKO	AES
5	47858	4230	416	746	3484	17,6	60
10	48338	4150	816	1503	2647	36,2	60
15	49058	4077	998	2041	2036	50,1	61
20	49538	4011	998	2345	1666	58,5	62
25	50258	3951	998	2520	1431	63,8	63
30	50738	3897	998	2663	1234	68,3	64
35	51458	3851	998	2802	1050	72,7	65
40	51938	3809	998	2930	880	76,9	66
45	52658	3769	998	3008	762	79,8	67
50	53138	3731	998	3067	664	82,2	68

n = 21, V = 25 m ³ , x = 220 cm							
A(m ²)	L = 80 m						
	YM	KI	DM	DH	KH	DKO	AES
5	38326	14200	263	572	13627	4	51
10	38806	13974	526	1206	12768	8,6	51
15	39526	13769	804	1887	11882	13,7	52
20	40006	13583	998	2484	11099	18,3	52
25	40726	13412	998	2907	10506	21,7	53
30	41206	13260	998	3323	9937	25,1	54
35	41926	13120	998	3631	9489	27,7	55
40	42406	12994	998	3905	9089	30,1	55
45	43126	12876	998	4058	8818	31,5	56
50	43606	12767	998	4149	8618	32,5	57

n = 21, V = 25 m ³ , x = 220 cm							
A(m ²)	L = 140 m						
	YM	KI	DM	DH	KH	DKO	AES
5	49765	3277	416	752	2525	22,9	63
10	50245	3210	816	1506	1703	46,9	63
15	50965	3150	998	1987	1163	63,1	64
20	51445	3096	998	2168	928	70	65
25	52165	3048	998	2316	733	76	66
30	52645	3006	998	2462	544	81,9	67
35	53365	2969	998	2549	420	85,8	68
40	53845	2934	998	2540	394	86,6	69
45	54565	2900	998	2558	342	88,2	71
50	55045	2869	998	2570	298	89,6	72

n = 21, V = 25 m ³ , x = 220 cm							
A(m ²)	L = 90 m						
	YM	KI	DM	DH	KH	DKO	AES
5	40232	11024	290	634	10390	5,8	52
10	40712	10846	572	1337	9510	12,3	52
15	41432	10685	928	2050	8635	19,2	53
20	41912	10537	998	2456	8082	23,3	53
25	42632	10405	998	2788	7617	26,8	54
30	43112	10287	998	3120	7166	30,3	55
35	43832	10180	998	3483	6697	34,2	55
40	44312	10077	998	3781	6296	37,5	56
45	45032	9984	998	3920	6065	39,3	57
50	45512	9895	998	4077	5818	41,2	58

n = 21, V = 25 m ³ , x = 220 cm							
A(m ²)	L = 150 m						
	YM	KI	DM	DH	KH	DKO	AES
5	51672	2491	416	756	1735	30,4	66
10	52152	2437	826	1476	962	60,5	66
15	52872	2390	998	1865	525	78	67
20	53352	2347	998	2030	317	86,5	68
25	54072	2311	998	2138	173	92,5	69
30	54552	2278	998	2143	135	94,1	70
35	55272	2249	998	2161	88	96,1	72
40	55752	2220	998	2161	59	97,3	73
45	56472	2193	998	2180	13	99,4	75
50	56952	2170	998	2170	0	100	76

n = 21, V = 25 m ³ , x = 220 cm							
A(m ²)	L = 100 m						
	YM	KI	DM	DH	KH	DKO	AES
5	42139	8657	326	678	7978	7,8	53
10	42619	8512	699	1402	7109	16,5	53
15	43339	8381	998	2067	6314	24,7	54
20	43819	8265	998	2411	5854	29,2	55
25	44539	8162	998	2764	5398	33,9	56
30	45019	8066	998	3110	4956	38,6	56
35	45739	7977	998	3425	4553	42,9	57
40	46219	7896	998	3705	4191	46,9	58
45	46939	7820	998	3867	3953	49,4	59
50	47419	7750	998	3975	3776	51,3	60

Ek 4 Değişken Sistem Tasarımları İçin Bulunan Sonuçlar (Devam)

n = 21, A = 25 m ² , x = 200 cm							
V(m ³)	L = 50 m						
	YM	KI	DM	DH	KH	DKO	AES
5	25411	31051	200	1467	29584	4,7	38
10	27651	31051	399	1673	29379	5,4	44
15	29891	31051	599	1874	29177	6	49
20	32131	31051	798	2073	28978	6,7	55
25	34371	31051	916	2191	28860	7,1	62
30	36611	31051	916	2191	28860	7,1	69
35	38851	31051	916	2191	28860	7,1	77
40	41091	31051	916	2191	28860	7,1	86
45	43331	31051	916	2191	28860	7,1	96
50	45571	31051	916	2191	28860	7,1	108

n = 21, A = 25 m ² , x = 200 cm							
V(m ³)	L = 110 m						
	YM	KI	DM	DH	KH	DKO	AES
5	36094	7545	200	1930	5615	25,6	40
10	38334	7545	399	2137	5408	28,3	44
15	40574	7545	599	2336	5209	31	48
20	42814	7545	798	2539	5006	33,7	52
25	45054	7545	998	2733	4812	36,2	56
30	47294	7545	1197	2928	4617	38,8	60
35	49534	7545	1397	3137	4408	41,6	65
40	51774	7545	1596	3331	4214	44,1	70
45	54014	7545	1796	3533	4012	46,8	75
50	56254	7545	1862	3596	3949	47,7	81

n = 21, A = 25 m ² , x = 200 cm							
V(m ³)	L = 60 m						
	YM	KI	DM	DH	KH	DKO	AES
5	27191	24509	200	1763	22747	7,2	36
10	29431	24509	399	1965	22545	8	41
15	31671	24509	599	2179	22330	8,9	46
20	33911	24509	798	2374	22135	9,7	51
25	36151	24509	930	2503	22007	10,2	56
30	38391	24509	930	2503	22007	10,2	62
35	40631	24509	930	2503	22007	10,2	69
40	42871	24509	930	2503	22007	10,2	76
45	45111	24509	930	2503	22007	10,2	84
50	47351	24509	930	2503	22007	10,2	92

n = 21, A = 25 m ² , x = 200 cm							
V(m ³)	L = 120 m						
	YM	KI	DM	DH	KH	DKO	AES
5	37874	6079	200	1751	4329	28,8	42
10	40114	6079	399	2091	3988	34,4	46
15	42354	6079	599	2297	3782	37,8	50
20	44594	6079	798	2497	3582	41,1	54
25	46834	6079	998	2689	3390	44,2	58
30	49074	6079	1197	2894	3185	47,6	62
35	51314	6079	1397	3088	2991	50,8	67
40	53554	6079	1596	3298	2781	54,2	72
45	55794	6079	1796	3497	2582	57,5	77
50	58034	6079	1959	3655	2425	60,1	83

n = 21, A = 25 m ² , x = 200 cm							
V(m ³)	L = 70 m						
	YM	KI	DM	DH	KH	DKO	AES
5	28972	19127	200	1938	17189	10,1	36
10	31212	19127	399	2144	16982	11,2	40
15	33452	19127	599	2339	16788	12,2	44
20	35692	19127	798	2545	16582	13,3	49
25	37932	19127	998	2743	16384	14,3	54
30	40172	19127	1090	2841	16286	14,9	59
35	42412	19127	1090	2841	16286	14,9	64
40	44652	19127	1090	2841	16286	14,9	70
45	46892	19127	1090	2841	16286	14,9	77
50	49132	19127	1090	2841	16286	14,9	84

n = 21, A = 25 m ² , x = 200 cm							
V(m ³)	L = 130 m						
	YM	KI	DM	DH	KH	DKO	AES
5	39655	4891	200	1582	3309	32,3	45
10	41895	4891	399	2037	2855	41,6	48
15	44135	4891	599	2238	2654	45,7	52
20	46375	4891	798	2434	2458	49,8	56
25	48615	4891	998	2636	2255	53,9	60
30	50855	4891	1197	2832	2059	57,9	65
35	53095	4891	1397	3038	1853	62,1	69
40	55335	4891	1596	3233	1658	66,1	74
45	57575	4891	1796	3436	1456	70,2	80
50	59815	4891	1983	3626	1265	74,1	85

n = 21, A = 25 m ² , x = 200 cm							
V(m ³)	L = 80 m						
	YM	KI	DM	DH	KH	DKO	AES
5	30752	15020	200	1994	13025	13,3	36
10	32992	15020	399	2204	12815	14,7	40
15	35232	15020	599	2407	12612	16	44
20	37472	15020	798	2610	12409	17,4	48
25	39712	15020	998	2809	12210	18,7	53
30	41952	15020	1197	3017	12003	20,1	57
35	44192	15020	1288	3112	11908	20,7	63
40	46432	15020	1288	3112	11908	20,7	68
45	48672	15020	1288	3112	11908	20,7	74
50	50912	15020	1288	3112	11908	20,7	80

n = 21, A = 25 m ² , x = 200 cm							
V(m ³)	L = 140 m						
	YM	KI	DM	DH	KH	DKO	AES
5	41436	3911	200	1396	2515	35,7	47
10	43676	3911	399	1824	2087	46,6	51
15	45916	3911	599	2025	1886	51,8	55
20	48156	3911	798	2215	1696	56,6	59
25	50396	3911	998	2419	1491	61,9	63
30	52636	3911	1197	2618	1293	66,9	68
35	54876	3911	1397	2820	1091	72,1	73
40	57116	3911	1596	3016	895	77,1	78
45	59356	3911	1796	3222	689	82,4	83
50	61596	3911	1995	3424	486	87,6	89

n = 21, A = 25 m ² , x = 200 cm							
V(m ³)	L = 90 m						
	YM	KI	DM	DH	KH	DKO	AES
5	32533	11849	200	2037	9812	17,2	37
10	34773	11849	399	2245	9604	18,9	41
15	37013	11849	599	2437	9413	20,6	45
20	39253	11849	798	2647	9202	22,3	49
25	41493	11849	998	2845	9005	24	53
30	43733	11849	1197	3044	8806	25,7	58
35	45973	11849	1397	3241	8608	27,4	62
40	48213	11849	1489	3344	8505	28,2	67
45	50453	11849	1489	3344	8505	28,2	73
50	52693	11849	1489	3344	8505	28,2	79

n = 21, A = 25 m ² , x = 200 cm							
V(m ³)	L = 150 m						
	YM	KI	DM	DH	KH	DKO	AES
5	43216	3112	200	1233	1878	39,6	50
10	45456	3112	399	1647	1464	52,9	53
15	47696	3112	599	1853	1258	59,6	57
20	49936	3112	798	2054	1057	66	62
25	52176	3112	998	2259	852	72,6	66
30	54416	3112	1197	2458	654	79	71
35	56656	3112	1397	2655	456	85,3	76
40	58896	3112	1596	2866	245	92,1	81
45	61136	3112	1796	3066	46	98,5	87
50	63376	3112	1995	3112	0	100	93

n = 21, A = 25 m ² , x = 200 cm							
V(m ³)	L = 100 m						
	YM	KI	DM	DH	KH	DKO	AES
5	34313	9421	200	1964	7457	20,8	39
10	36553	9421	399	2168	7253	23	42
15	38793	9421	599	2368	7054	25,1	46
20	41033	9421	798	2571	6851	27,3	50
25	43273	9421	998	2772	6649	29,4	54
30	45513	9421	1197	2974	6448	31,6	59
35	47753	9421	1397	3171	6250	33,7	63
40	49993	9421	1596	3363	6058	35,7	68
45	52233	9421	1719	3486	5935	37	73
50	54473	9421	1719	3486	5935	37	79

Ek 4 Değişken Sistem Tasarımları İçin Bulunan Sonuçlar (Devam)

L = 115 m, n = 20, A = 25 m ²							
V(m ³)	x = 100 cm						
	YM	KI	DM	DH	KH	DKO	AES
5	29116	17975	200	1870	16104	10,4	35
10	31356	17975	399	2077	15898	11,6	39
15	33596	17975	599	2281	15694	12,7	44
20	35836	17975	798	2488	15486	13,8	48
25	38076	17975	998	2689	15286	15	53
30	40316	17975	1197	2892	15083	16,1	57
35	42556	17975	1284	2984	14991	16,6	63
40	44796	17975	1284	2984	14991	16,6	69
45	47036	17975	1284	2984	14991	16,6	75
50	49276	17975	1284	2984	14991	16,6	82

L = 115 m, n = 20, A = 25 m ²							
V(m ³)	x = 220 cm						
	YM	KI	DM	DH	KH	DKO	AES
5	37428	6863	200	1888	4975	27,5	42
10	39668	6863	399	2117	4746	30,8	46
15	41908	6863	599	2322	4541	33,8	50
20	44148	6863	798	2525	4337	36,8	54
25	46388	6863	998	2720	4143	39,6	58
30	48628	6863	1197	2924	3939	42,6	62
35	50868	6863	1397	3122	3741	45,5	67
40	53108	6863	1596	3323	3540	48,4	72
45	55348	6863	1796	3523	3339	51,3	77
50	57588	6863	1921	3641	3222	53,1	83

L = 115 m, n = 20, A = 25 m ²							
V(m ³)	x = 120 cm						
	YM	KI	DM	DH	KH	DKO	AES
5	30501	15277	200	1992	13285	13	36
10	32741	15277	399	2197	13080	14,4	40
15	34981	15277	599	2408	12869	15,8	44
20	37221	15277	798	2606	12671	17,1	48
25	39461	15277	998	2806	12471	18,4	53
30	41701	15277	1197	3007	12270	19,7	57
35	43941	15277	1326	3137	12140	20,5	62
40	46181	15277	1326	3137	12140	20,5	68
45	48421	15277	1326	3137	12140	20,5	74
50	50661	15277	1326	3137	12140	20,5	80

L = 115 m, n = 20, A = 25 m ²							
V(m ³)	x = 240 cm						
	YM	KI	DM	DH	KH	DKO	AES
5	38813	5876	200	1753	4123	29,8	44
10	41053	5876	399	2113	3763	36	47
15	43293	5876	599	2312	3564	39,4	51
20	45533	5876	798	2512	3365	42,7	55
25	47773	5876	998	2709	3168	46,1	60
30	50013	5876	1197	2917	2960	49,6	64
35	52253	5876	1397	3114	2762	53	69
40	54493	5876	1596	3314	2563	56,4	74
45	56733	5876	1796	3516	2361	59,8	79
50	58973	5876	1971	3688	2188	62,8	85

L = 115 m, n = 20, A = 25 m ²							
V(m ³)	x = 140 cm						
	YM	KI	DM	DH	KH	DKO	AES
5	31886	12982	200	2095	10887	16,1	37
10	34126	12982	399	2292	10689	17,7	41
15	36366	12982	599	2494	10488	19,2	45
20	38606	12982	798	2694	10288	20,8	49
25	40846	12982	998	2906	10076	22,4	53
30	43086	12982	1197	3094	9887	23,8	57
35	45326	12982	1363	3274	9708	25,2	62
40	47566	12982	1363	3274	9708	25,2	68
45	49806	12982	1363	3274	9708	25,2	73
50	52046	12982	1363	3274	9708	25,2	79

L = 115 m, n = 20, A = 25 m ²							
V(m ³)	x = 260 cm						
	YM	KI	DM	DH	KH	DKO	AES
5	40199	5014	200	1645	3369	32,8	46
10	42439	5014	399	2148	2866	42,8	49
15	44679	5014	599	2340	2675	46,7	53
20	46919	5014	798	2546	2468	50,8	57
25	49159	5014	998	2748	2267	54,8	61
30	51399	5014	1197	2941	2073	58,7	66
35	53639	5014	1397	3146	1868	62,7	71
40	55879	5014	1596	3339	1676	66,6	76
45	58119	5014	1796	3542	1473	70,6	81
50	60359	5014	1986	3733	1281	74,5	87

L = 115 m, n = 20, A = 25 m ²							
V(m ³)	x = 160 cm						
	YM	KI	DM	DH	KH	DKO	AES
5	33272	11026	200	1970	9056	17,9	38
10	35512	11026	399	2177	8849	19,7	42
15	37752	11026	599	2386	8640	21,6	46
20	39992	11026	798	2589	8437	23,5	50
25	42232	11026	998	2791	8234	25,3	54
30	44472	11026	1197	2990	8036	27,1	58
35	46712	11026	1397	3190	7836	28,9	63
40	48952	11026	1587	3375	7651	30,6	68
45	51192	11026	1587	3375	7651	30,6	74
50	53432	11026	1587	3375	7651	30,6	80

L = 115 m, n = 20, A = 25 m ²							
V(m ³)	x = 280 cm						
	YM	KI	DM	DH	KH	DKO	AES
5	41584	4253	200	1592	2661	37,4	48
10	43824	4253	399	2174	2079	51,1	51
15	46064	4253	599	2374	1880	55,8	55
20	48304	4253	798	2573	1681	60,5	59
25	50544	4253	998	2777	1476	65,3	63
30	52784	4253	1197	2974	1280	69,9	68
35	55024	4253	1397	3177	1077	74,7	73
40	57264	4253	1596	3378	876	79,4	78
45	59504	4253	1796	3579	674	84,1	83
50	61744	4253	1995	3783	471	88,9	89

L = 115 m, n = 20, A = 25 m ²							
V(m ³)	x = 180 cm						
	YM	KI	DM	DH	KH	DKO	AES
5	34657	9387	200	1955	7432	20,8	39
10	36897	9387	399	2158	7229	23	43
15	39137	9387	599	2367	7020	25,2	47
20	41377	9387	798	2568	6820	27,4	51
25	43617	9387	998	2768	6619	29,5	55
30	45857	9387	1197	2967	6420	31,6	59
35	48097	9387	1397	3161	6227	33,7	64
40	50337	9387	1596	3364	6023	35,8	69
45	52577	9387	1719	3478	5909	37,1	74
50	54817	9387	1719	3478	5909	37,1	80

L = 115 m, n = 20, A = 25 m ²							
V(m ³)	x = 300 cm						
	YM	KI	DM	DH	KH	DKO	AES
5	42970	3595	200	1538	2057	42,8	49
10	45210	3595	399	2033	1562	56,6	53
15	47450	3595	599	2250	1345	62,6	57
20	49690	3595	798	2450	1145	68,2	61
25	51930	3595	998	2645	950	73,6	66
30	54170	3595	1197	2848	746	79,2	70
35	56410	3595	1397	3054	540	85	75
40	58650	3595	1596	3255	340	90,5	81
45	60890	3595	1796	3449	146	95,9	86
50	63130	3595	1995	3595	0	100	92

L = 115 m, n = 20, A = 25 m ²							
V(m ³)	x = 200 cm						
	YM	KI	DM	DH	KH	DKO	AES
5	36043	8017	200	1963	6054	24,5	41
10	38283	8017	399	2156	5860	26,9	44
15	40523	8017	599	2363	5654	29,5	48
20	42763	8017	798	2564	5453	32	52
25	45003	8017	998	2757	5260	34,4	56
30	47243	8017	1197	2956	5061	36,9	61
35	49483	8017	1397	3159	4858	39,4	65
40	51723	8017	1596	3351	4666	41,8	70
45	53963	8017	1796	3562	4455	44,4	75
50	56203	8017	1814	3576	4441	44,6	81

Ek 4 Değişken Sistem Tasarımları İçin Bulunan Sonuçlar (Devam)

L = 100 m, A = 35 m ² , V = 10 m ³							
x(cm)	n = 17						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
100	29330	28054	399	2512	25542	9	44
120	30355	25235	399	2617	22618	10,4	43
140	31381	22641	399	2702	19939	11,9	43
160	32406	20287	399	2761	17526	13,6	43
180	33432	18190	399	2866	15324	15,8	43
200	34457	16350	399	2968	13382	18,2	43
220	35482	14728	399	3075	11652	20,9	44
240	36508	13277	399	3145	10133	23,7	44
260	37533	12000	399	3094	8906	25,8	45
280	38559	10884	399	3059	7825	28,1	46
300	39584	9903	399	3043	6860	30,7	47

L = 100 m, A = 35 m ² , V = 10 m ³							
x(cm)	n = 21						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
100	31426	19535	399	2712	16824	13,9	40
120	32692	16807	399	2848	13960	16,9	40
140	33957	14447	399	2999	11449	20,8	41
160	35223	12421	399	2901	9520	23,4	42
180	36488	10683	399	2890	7793	27,1	43
200	37753	9217	399	2851	6366	30,9	44
220	39019	7977	399	2818	5160	35,3	45
240	40284	6916	399	2762	4155	39,9	46
260	41550	6005	399	2738	3267	45,6	48
280	42815	5202	399	2641	2561	50,8	50
300	44080	4503	399	2446	2057	54,3	51

L = 100 m, A = 35 m ² , V = 10 m ³							
x(cm)	n = 18						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
100	29854	25727	399	2558	23169	9,9	43
120	30939	22880	399	2664	20216	11,6	42
140	32025	20289	399	2704	17585	13,3	42
160	33110	17998	399	2819	15179	15,7	42
180	34196	15989	399	2949	13040	18,4	43
200	35281	14224	399	3023	11201	21,3	43
220	36366	12667	399	2988	9678	23,6	44
240	37452	11305	399	2945	8360	26	45
260	38537	10118	399	2948	7170	29,1	46
280	39623	9091	399	2967	6124	32,6	47
300	40708	8206	399	2935	5271	35,8	48

L = 100 m, A = 35 m ² , V = 10 m ³							
x(cm)	n = 22						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
100	31950	17752	399	2801	14951	15,8	40
120	33276	15095	399	2925	12170	19,4	40
140	34601	12834	399	2961	9873	23,1	41
160	35927	10906	399	2869	8037	26,3	42
180	37252	9291	399	2814	6477	30,3	43
200	38577	7933	399	2831	5101	35,7	44
220	39903	6794	399	2787	4008	41	46
240	41228	5822	399	2734	3088	47	47
260	42554	4969	399	2507	2461	50,5	49
280	43879	4224	399	2324	1900	55	51
300	45204	3579	399	2168	1410	60,6	53

L = 100 m, A = 35 m ² , V = 10 m ³							
x(cm)	n = 19						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
100	30378	23537	399	2627	20910	11,2	42
120	31524	20677	399	2683	17994	13	41
140	32669	18151	399	2806	15345	15,5	41
160	33814	15941	399	2882	13059	18,1	42
180	34960	14018	399	3028	10990	21,6	42
200	36105	12338	399	2948	9390	23,9	43
220	37251	10874	399	2913	7962	26,8	44
240	38396	9615	399	2905	6711	30,2	45
260	39541	8535	399	2924	5611	34,3	46
280	40687	7606	399	2873	4734	37,8	48
300	41832	6787	399	2809	3979	41,4	49

L = 100 m, A = 35 m ² , V = 10 m ³							
x(cm)	n = 23						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
100	32475	16096	399	2846	13250	17,7	40
120	33860	13525	399	2996	10529	22,2	40
140	35245	11358	399	2869	8488	25,3	41
160	36631	9553	399	2810	6743	29,4	42
180	38016	8048	399	2827	5221	35,1	43
200	39402	6809	399	2771	4038	40,7	45
220	40787	5761	399	2650	3110	46	46
240	42172	4846	399	2416	2430	49,8	48
260	43558	4048	399	2219	1828	54,8	50
280	44943	3360	399	2073	1287	61,7	52
300	46329	2758	399	1938	820	70,3	54

L = 100 m, A = 35 m ² , V = 10 m ³							
x(cm)	n = 20						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
100	30902	21467	399	2665	18802	12,4	41
120	32108	18655	399	2799	15856	15	41
140	33313	16210	399	2889	13321	17,8	41
160	34518	14095	399	2999	11095	21,3	42
180	35724	12261	399	2914	9347	23,8	42
200	36929	10674	399	2886	7787	27	43
220	38135	9323	399	2874	6449	30,8	44
240	39340	8175	399	2842	5333	34,8	46
260	40545	7185	399	2804	4380	39	47
280	41751	6321	399	2760	3561	43,7	49
300	42956	5563	399	2718	2845	48,9	50

Ek 4 Değişken Sistem Tasarımları İçin Bulunan Sonuçlar (Devam)

L = 100 m, A = 35 m ² , V = 20 m ³							
x(cm)	n = 17						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
100	33810	28054	798	2916	25138	10,4	54
120	34835	25235	798	3020	22215	12	53
140	35861	22641	798	3105	19536	13,7	52
160	36886	20287	798	3164	17123	15,6	52
180	37912	18190	798	3273	14917	18	52
200	38937	16350	798	3395	12955	20,8	52
220	39962	14728	798	3476	11251	23,6	52
240	40988	13277	798	3547	9731	26,7	53
260	42013	12000	798	3490	8510	29,1	54
280	43039	10884	798	3460	7424	31,8	55
300	44064	9903	798	3447	6456	34,8	56

L = 100 m, A = 35 m ² , V = 20 m ³							
x(cm)	n = 21						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
100	35906	19535	798	3121	16414	16	49
120	37172	16807	798	3272	13535	19,5	49
140	38437	14447	798	3396	11051	23,5	49
160	39703	12421	798	3311	9110	26,7	50
180	40968	10683	798	3293	7390	30,8	51
200	42233	9217	798	3249	5968	35,2	52
220	43499	7977	798	3226	4751	40,4	53
240	44764	6916	798	3172	3745	45,9	54
260	46030	6005	798	3181	2824	53	56
280	47295	5202	798	3141	2061	60,4	58
300	48560	4503	798	2991	1512	66,4	59

L = 100 m, A = 35 m ² , V = 20 m ³							
x(cm)	n = 18						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
100	34334	25727	798	2954	22774	11,5	53
120	35419	22880	798	3070	19810	13,4	52
140	36505	20289	798	3104	17185	15,3	51
160	37590	17998	798	3236	14761	18	51
180	38676	15989	798	3363	12626	21	51
200	39761	14224	798	3425	10799	24,1	51
220	40846	12667	798	3400	9267	26,8	52
240	41932	11305	798	3352	7953	29,7	53
260	43017	10118	798	3348	6771	33,1	54
280	44103	9091	798	3366	5724	37	55
300	45188	8206	798	3345	4862	40,8	56

L = 100 m, A = 35 m ² , V = 20 m ³							
x(cm)	n = 22						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
100	36430	17752	798	3211	14541	18,1	48
120	37756	15095	798	3330	11765	22,1	48
140	39081	12834	798	3369	9465	26,3	49
160	40407	10906	798	3284	7622	30,1	50
180	41732	9291	798	3206	6084	34,5	51
200	43057	7933	798	3235	4698	40,8	52
220	44383	6794	798	3190	3604	47	53
240	45708	5822	798	3190	2632	54,8	55
260	47034	4969	798	3022	1947	60,8	57
280	48359	4224	798	2873	1351	68	59
300	49684	3579	798	2751	827	76,9	61

L = 100 m, A = 35 m ² , V = 20 m ³							
x(cm)	n = 19						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
100	34858	23537	798	3035	20502	12,9	51
120	36004	20677	798	3072	17605	14,9	51
140	37149	18151	798	3209	14942	17,7	50
160	38294	15941	798	3299	12642	20,7	50
180	39440	14018	798	3428	10589	24,5	51
200	40585	12338	798	3360	8978	27,2	51
220	41731	10874	798	3306	7568	30,4	52
240	42876	9615	798	3300	6315	34,3	53
260	44021	8535	798	3327	5209	39	54
280	45167	7606	798	3281	4325	43,1	56
300	46312	6787	798	3225	3562	47,5	57

L = 100 m, A = 35 m ² , V = 20 m ³							
x(cm)	n = 23						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
100	36955	16096	798	3264	12832	20,3	48
120	38340	13525	798	3399	10127	25,1	48
140	39725	11358	798	3270	8088	28,8	49
160	41111	9553	798	3217	6335	33,7	50
180	42496	8048	798	3231	4816	40,2	51
200	43882	6809	798	3172	3637	46,6	53
220	45267	5761	798	3100	2660	53,8	54
240	46652	4846	798	2923	1923	60,3	56
260	48038	4048	798	2782	1266	68,7	58
280	49423	3360	798	2660	700	79,2	60
300	50809	2758	798	2359	400	85,5	63

L = 100 m, A = 35 m ² , V = 20 m ³							
x(cm)	n = 20						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
100	35382	21467	798	3078	18389	14,3	50
120	36588	18655	798	3202	15453	17,2	50
140	37793	16210	798	3308	12902	20,4	50
160	38998	14095	798	3404	10691	24,2	50
180	40204	12261	798	3317	8944	27,1	51
200	41409	10674	798	3282	7392	30,7	51
220	42615	9323	798	3279	6044	35,2	52
240	43820	8175	798	3246	4929	39,7	54
260	45025	7185	798	3213	3972	44,7	55
280	46231	6321	798	3208	3113	50,8	57
300	47436	5563	798	3208	2355	57,7	58

Ek 4 Değişken Sistem Tasarımları İçin Bulunan Sonuçlar (Devam)

L = 100 m, A = 35 m ² , V = 30 m ³							
x(cm)	n = 17						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
100	38290	28054	1197	3307	24747	11,8	67
120	39315	25235	1197	3428	21807	13,6	65
140	40341	22641	1197	3503	19139	15,5	63
160	41366	20287	1197	3574	16713	17,6	62
180	42392	18190	1197	3691	14500	20,3	62
200	43417	16350	1197	3795	12554	23,2	62
220	44442	14728	1197	3882	10846	26,4	62
240	45468	13277	1197	3962	9315	29,8	62
260	46493	12000	1197	3889	8111	32,4	63
280	47519	10884	1197	3863	7021	35,5	64
300	48544	9903	1197	3848	6056	38,9	65

L = 100 m, A = 35 m ² , V = 30 m ³							
x(cm)	n = 21						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
100	40386	19535	1197	3526	16009	18,1	59
120	41652	16807	1197	3678	13129	21,9	58
140	42917	14447	1197	3810	10637	26,4	58
160	44183	12421	1197	3702	8719	29,8	58
180	45448	10683	1197	3693	6990	34,6	59
200	46713	9217	1197	3649	5568	39,6	60
220	47979	7977	1197	3624	4353	45,4	61
240	49244	6916	1197	3564	3353	51,5	63
260	50510	6005	1197	3587	2419	59,7	65
280	51775	5202	1197	3548	1654	68,2	66
300	53040	4503	1197	3389	1114	75,3	68

L = 100 m, A = 35 m ² , V = 30 m ³							
x(cm)	n = 18						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
100	38814	25727	1197	3362	22365	13,1	64
120	39899	22880	1197	3462	19417	15,1	62
140	40985	20289	1197	3512	16777	17,3	61
160	42070	17998	1197	3649	14348	20,3	61
180	43156	15989	1197	3762	12227	23,5	60
200	44241	14224	1197	3827	10397	26,9	61
220	45326	12667	1197	3808	8859	30,1	61
240	46412	11305	1197	3756	7549	33,2	62
260	47497	10118	1197	3753	6365	37,1	63
280	48583	9091	1197	3764	5326	41,4	64
300	49668	8206	1197	3745	4462	45,6	65

L = 100 m, A = 35 m ² , V = 30 m ³							
x(cm)	n = 22						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
100	40910	17752	1197	3616	14136	20,4	58
120	42236	15095	1197	3729	11366	24,7	57
140	43561	12834	1197	3769	9066	29,4	58
160	44887	10906	1197	3680	7226	33,7	58
180	46212	9291	1197	3618	5673	38,9	59
200	47537	7933	1197	3631	4302	45,8	60
220	48863	6794	1197	3595	3199	52,9	62
240	50188	5822	1197	3591	2230	61,7	64
260	51514	4969	1197	3421	1548	68,8	66
280	52839	4224	1197	3275	949	77,5	68
300	54164	3579	1197	3152	427	88,1	70

L = 100 m, A = 35 m ² , V = 30 m ³							
x(cm)	n = 19						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
100	39338	23537	1197	3433	20104	14,6	62
120	40484	20677	1197	3488	17189	16,9	61
140	41629	18151	1197	3625	14525	20	60
160	42774	15941	1197	3704	12237	23,2	60
180	43920	14018	1197	3835	10183	27,4	60
200	45065	12338	1197	3755	8584	30,4	60
220	46211	10874	1197	3717	7158	34,2	61
240	47356	9615	1197	3707	5909	38,5	62
260	48501	8535	1197	3719	4817	43,6	63
280	49647	7606	1197	3673	3933	48,3	65
300	50792	6787	1197	3620	3167	53,3	66

L = 100 m, A = 35 m ² , V = 30 m ³							
x(cm)	n = 23						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
100	41435	16096	1197	3668	12429	22,8	57
120	42820	13525	1197	3810	9715	28,2	57
140	44205	11358	1197	3668	7690	32,3	57
160	45591	9553	1197	3626	5927	38	58
180	46976	8048	1197	3624	4423	45	59
200	48362	6809	1197	3572	3237	52,5	61
220	49747	5761	1197	3496	2265	60,7	63
240	51132	4846	1197	3322	1524	68,5	65
260	52518	4048	1197	3182	866	78,6	67
280	53903	3360	1197	3064	295	91,2	69
300	55289	2758	1197	2758	0	100	72

L = 100 m, A = 35 m ² , V = 30 m ³							
x(cm)	n = 20						
	YM	K I	DM	DH	KH	DKO	AES
100	39862	21467	1197	3479	17988	16,2	60
120	41068	18655	1197	3614	15041	19,4	59
140	42273	16210	1197	3700	12510	22,8	59
160	43478	14095	1197	3815	10280	27,1	59
180	44684	12261	1197	3724	8537	30,4	59
200	45889	10674	1197	3696	6978	34,6	60
220	47095	9323	1197	3671	5652	39,4	61
240	48300	8175	1197	3634	4541	44,5	62
260	49505	7185	1197	3615	3570	50,3	64
280	50711	6321	1197	3601	2719	57	65
300	51916	5563	1197	3602	1961	64,8	67

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 08.06.1980

Doğum yeri İstanbul

Lise 1991-1998 Kartal Anadolu Lisesi

Lisans 2000-2004 Yıldız Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Makine Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans 2004-2006 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Müh. Anabilim Dalı, Isı Proses Programı

Çalıştığı kurum(lar)

2005 Pasifik Mühendislik