

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KAPALI OLİMPİK YÜZME HAVUZLARINDA
GÜNEŞ ENERJİSİNİN KULLANIMI ve
TERMO-EKONOMİK ANALİZİ**

Makina Müh. Fatih KÖŞKER

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

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Olcay KINCA Y

İSTANBUL, 2006

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	ix
ÇİZELGE LİSTESİ	x
ÖNSÖZ.....	xi
ÖZET	xii
ABSTRACT	xiii
1. GİRİŞ.....	1
1.0. Kaynak Taraması Yapılan İlgili Çalışmalar	2
1.1. Yüzme Havuzlarına Genel Bakış.....	6
1.1.1. Yüzme Havuzlarının Sınıflandırılması	6
1.2. Havuz Tesisatı Sirkülasyon Devresi	8
1.3. Havuz Suyunun Filtrasyonu	10
1.3.1. Havuz Tesisatında Kullanılan Filtreler	12
1.4. Havuz Etrafındaki Alanın Belirlenmesi.....	15
1.5. Yüzme Havuz Suyuna Verilmesi Gereken Önem	15
1.5.1. Su Dezenfeksiyonu	17
1.5.1.1. Klor Grubu Kimyasallar	17
1.5.1.2. Brom	18
1.5.1.3. Ozon.....	18
1.5.1.4. Bakır - Gümüş İyonizasyonu (Elektro-Fizik Sistem)	18
1.5.1.5. Ultra – Viole Işınları	18
1.5.2. Yosunla Mücadele	19
1.5.3. Topaklama (Flocculation)	19
1.5.4. pH'ın Düzenlenmesi	19
2. YÜZME HAVUZLARINDA GÜNEŞ ENERJİSİNİN KULLANILMASI.....	21
2.0. Güneş Enerjisi Nedir?.....	21
2.1. Güneş Enerjisi Kullanımının Tarihsel Gelişimi ve Türkiye'deki Yeri.....	22
2.1.1. Güneş Enerjisinin Diğer Enerji Türleri İle Mukayesesi	23
2.1.1.1. Güneş Enerjisinin Diğer Enerji Türlerine Göre Avantajları.....	23
2.1.1.2. Güneş Enerjisinin Diğer Enerji Türlerine Göre Dezavantajları	24
2.2. Kollektörlerin Rolü	24
2.2.1. Kollektör Yüzeyine Gelen Işınım	25
2.2.2. Kollektör Verimine Etki Eden Faktörleri	25
2.2.3. Düzlemsel Sıvılı Güneş Kollektörleri.....	27
2.2.3.1. Saydam Örtü	28
2.2.3.2. Yutucu Yüzey	30
2.2.3.3. İzolasyon Tabakası	30
2.2.3.4. Kollektör Kasası	32
2.2.3.5. Akışkan Boruları.....	32
2.2.4. Düzlemsel Sıvılı Kollektörlerin Yatay Düzlem ve Güneş Işınıyla Yap. Açılar.....	32
2.2.4.1. R Dönüşüm Faktörünün Çıkarılması	33

2.3.4.2.	Eğik Konumdaki Toplayıcı Düzlemine Gelen Toplam Güneş Işınımının Bulunması	34
2.2.4.3.	Kollektör Eğim Açısının Bulunması	35
2.3.	Güneş Kollektör Alanının Bulunması	36
2.3.1.	Kollektör Boyutlarının Belirlenmesinde Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar.....	36
2.4.	Düzlemsel Sıvılı Kollektörlerin Seri ve Paralel Bağlanması.....	37
2.5.	Güneş Enerjisi Destekli Kapalı Olimpik Yüzme Havuzlarının Isıtılması	37
2.5.1.	Direkt Isıtma Sistemleri	38
2.5.2.	Endirekt Isıtma Sistemleri	45
3.	KAPALI YÜZME HAVUZU ISI KAYIPLARI	50
3.0.	Kapalı Yüzme Havuzlarında Meydana Gelen Isı Kayıpları	50
3.1.	Konveksiyon Isı Kayıpları	50
3.2.	Buharlaşma Kayıpları	51
3.2.1.	VDI 2089 Normuna Göre Buharlaşma Miktarının Bulunması.....	51
3.2.2.	Recknagel'e Göre Buharlaşma Miktarının Bulunması.....	52
3.2.3.	Buharlaşma Etkisi İle Suyun Soğuması.....	53
3.3.	Radyasyonla Isı Kaybı Hesabı.....	53
3.4.	Kondüksiyonla Isı Kaybı Hesabı	54
3.4.1.	Havuz Yan Duvarlarından Kaybedilen Isı.....	54
3.4.2.	Havuz Tabanından Kaybedilen Isı.....	55
3.5.	İlk Isıtmada Havuz Suyuna Verilen Isı Miktarı.....	56
4.	EKONOMİK ANALİZ.....	58
4.0.	Giriş	58
4.1.	Yardımcı Enerjinin Belirlenmesi	58
4.2.	Sistem Maliyetlerinin Hesabı	60
4.2.1.	Güneş Enerjisi Yatırım Maliyetinin Hesabı	60
4.2.2.	Yardımcı Enerji Yatırım Maliyetinin Hesabı	61
4.3.	İlk Yatırım Yıllık Maliyetleri	62
4.4.	Eşdeğer Yıllık İşletme Maliyetleri.....	63
4.5.	Yıllık Toplam Maliyet	64
4.6.	Sistem Kabulleri	64
4.7.	Sistemin Optimizasyonu	65
5.	UYGULAMALAR	66
5.0.	Antalya İline Ait Uygulama.....	66
5.1.	Havuz Ait Isı Kayıplarının Bulunması	66
5.1.1.	Konveksiyon Isı Kayıpları	66
5.1.2.	Buharlaşma Kayıpları	67
5.1.3.	Radyasyonla Isı Kaybı.....	68
5.1.4.	Kondüksiyon Isı Kaybı Hesabı	69
5.1.5.	Toplam Havuz Isı Kaybı Hesabı.....	74
5.1.6.	Havuz Suyuna İlk Isıtmada Verilen Isı.....	77
5.2.	Optimum Maliyetin Bulunması	77

6.	SONUÇLAR ve ÖNERİLER	99
	KAYNAKLAR.....	102
	EKLER.....	105
Ek 1.	Bir Açık Olimpik Yüzme Havuzuna Ait Resim	106
Ek 2.	Bir Kapalı Yarı Olimpik Yüzme Havuzuna Ait Resim.....	107
Ek 3.	Bir Kapalı Olimpik Yüzme Havuzuna Ait Güneş Enerjisi Uygulaması	108
Ek 4.	Antalya İline Ait Meteorolojik Veriler	109
Ek 5.	Adana İline Ait Meteorolojik Veriler	110
Ek 6.	İstanbul İline Ait Meteorolojik Veriler.....	111
Ek 7.	Ankara İline Ait Meteorolojik Veriler.....	112
Ek 8.	Güneş Enerjisi Destekli Isıtma ve Kullanım Sıcak Suyu Tesisat Şeması	113
	ÖZGEÇMİŞ.....	114

SİMGE LİSTESİ

A	Azimet açısı faktörü,
A_c	Güneş kollektör alanı, (m^2)
AF	Amortisman faktörü,
c_b	Su buharının ortalama ısınma ısısı, ($kcal/kg^{\circ}C$)
c_p	Suyun sabit basınçtaki özgül ısısı, (kJ/kgK)
c_s	Suyun ısınma ısısı, ($kcal/kg^{\circ}C$)
C_A	İlk yatırımın yıllık maliyeti, (YTL/yıl)
$(C_{OM})_{AV}$	Eğdeğer yıllık işletme maliyeti, (YTL/yıl)
C_{OM}	Yıllık işletme maliyeti, (YTL/yıl)
C_T	Yıllık toplam maliyet, (YTL/yıl)
e_f	İşletme-bakım masraflarının geleceğe yönelik yıllık eskalasyon oranı,
F	Birim yakıt fiyatı, (YTL / m^3)
Gr	Grasshof sayısı,
h	Konveksiyon ısı transfer katsayısı, ($kW/m^2^{\circ}C$)
Hu	Alt ısı verim, ($kcal / m^3$)
i	Yıllık nominal faiz oranı,
I_A	İlk yatırım maliyeti, (YTL)
k	Havuzun ısı iletim katsayısı, ($kW/ m^2^{\circ}C$)
k^*	Isı kaybı faktörü,
\bar{k}	Enerji kazancı katsayısı,
K	Isı transfer katsayısı, ($kcal/m^2h^{\circ}C$)
L	Havuz karakteristik uzunluğu, (m)
L_c	Cam kalınlığı, (m)
m_{su}	Havuz suyu miktarı, (kg)
n	Sistemin teknik ömrü, (yıl)
Nu	Nusselt sayısı,
P	Basınç, (mbar)
Pr	Prandtl sayısı,
P	Düzlem,
R	Dönüşüm faktörü,
Re	Reynolds sayısı,
Q	Isı enerjisi,
Q_{yatay}	Yatay düzleme gelen toplam güneş ışınımı, ($kcal/m^2gün$)

r	t_s sıcaklığındaki suyun buharlaşma gizli ısısı, (kcal/kg)
r_o	0°C sıcaklığındaki suyun buharlaşma gizli ısısı, (kcal/kg)
S	Kollektör eğim açısı,
t	Suyu ısıtma süresi, (h)
t_s	Buharlaşan suyun sıcaklığı, ($^\circ\text{C}$)
T	Sıcaklık, ($^\circ\text{C}$)
V	Hava akım hızı, (m/s)
V_{su}	Havuz suyu toplam hacmi, (m^3)
W	Buharlaşan su miktarı, (g/h)
x	Mutlak nem, (kg/kg)
YF	Birim kalori yakıt fiyatı, (YTL/kcal)

Yunan Harfleri

α	Kollektör absorpsiyon katsayısı,
α_i	İç ısı, ($\text{kcal}/\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}$)
α_d	Dış ısı, ($\text{kcal}/\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}$)
ε	Emisivite (neşretme) katsayısı,
ε	Toplam buharlaşma sayısı, ($\text{g}/\text{h}\cdot\text{m}^2\text{mbar}$)
η	Güneş enerjisi sistemi verimi,
θ	Güneş geliş açısıyla normal vektörün arasındaki açı,
λ	Isı iletim katsayısı, ($\text{kcal}/\text{mh}^\circ\text{C}$)
μ_y	Cihaz verimi,
ν	Kinematik viskozite, (m^2/s)
ρ	Yoğunluk, (kg/m^3)
σ	Boltzman sabiti, ($5,67\cdot 10^{-8} \text{ W}/\text{m}^2\text{K}^4$)
σ	Buharlaşma sayısı, [$\text{kg}/\text{h}\cdot\text{m}^2\cdot(\text{kg}/\text{kg})$]
ψ	Başucu (zenit) açısı,

Alt İndisler

a	havuz holü
b	su buharı
c	güneş kollektörü, cam
d	direkt güneş ışıınımı, (kW/m^2)

duv	duvar ısısı, (kcal/m ² h)
e	eşanjör
evap	buharlaştırma ısı kaybı, (kW)
g	yer
h	dış, hol (oda) havası
havuz	havuz suyuna ilk ısıtmada verilen enerji, (kW)
hs	havuz su yüzeyinde doymuş hale gelen hava
i	iç
k	kollektör
kondt	toplam kondüksiyon ısı kaybı, (kW)
konv	konveksiyon ısı kaybı, (kW)
m	tesisat
ort	ortalama
p	basınç
r	gerekli ısı ihtiyacı, (kW)
rad	Radyasyon ısı kaybı, (kW)
s	su, şehir suyu, su sıcaklığındaki hava
t	taban, buharlaşan su
tab	taban
ty	toplam yan yüzey
u	çevre
w	havuz suyu
yan	yan yüzey
A	ilk yatırım
AV	Eşdeğer yıllık
İ	eğik konumda kollektöre gelen ortalama güneş ışınım, (kW/m ²)
N	faydalı ısı, (kW/m ²)
T	toplam
Y	cihaz
1	yatay
2	eğik

Üsler

- enerji kazancı

* kayıp faktörü

Kısaltmalar

GET	Güneş Enerjisi Tesisatı
HEA	Havuz Etrafındaki Alan
HSA	Havuz Su Alanı
SB	Stefan Boltzman Sabiti
YET	Yardımcı Enerji Tesisatı

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1.1	Taşmalı havuz..... 10
Şekil 1.2	Denge deposunun havuzla bağlantısı..... 10
Şekil 1.3	Kum filtrasyonu için separatör devresi..... 11
Şekil 1.4	Havuz suyu tesisatının çalışması ve havuz suyunun filtrasyonuna ait prensip devre şeması..... 13
Şekil 1.5	Havuz suyunun filtre edilmesi ile ilgili kum filtresinin şematik olarak aldığı konumlar..... 14
Şekil 1.6	Havuz alanından yola çıkarak, havuz etrafındaki alanın bulunması 16
Şekil 1.7	Tipik bir yüzme havuzuna ait kesit resmi..... 20
Şekil 2.1	Kollektör yüzeyine gelen güneş ışınımı. 25
Şekil 2.2	Düzlemsel kollektörlerin yapısı..... 28
Şekil 2.3	Düzlemsel sıvılı kollektörlerin yatay düzlem ve güneş ışınıyla yaptığı açılar 33
Şekil 2.4	Eğik düzlemin bulunması ve R dönüşüm faktörünün çıkarılması..... 33
Şekil 2.5	Seri ve paralel bağlı güneş kollektörleri 37
Şekil 2.6	Mevcut havuz dolaşım pompasının kullanıldığı tek kontrol vanalı direkt ısıtma sistemi..... 40
Şekil 2.7	Mevcut havuz dolaşım pompasının kullanıldığı iki kontrol vanalı direkt ısıtma sistemi..... 41
Şekil 2.8	Güneş kollektörleri devresinde ayrı bir pompa kullanılan direkt ısıtma sistemi.. 43
Şekil 2.9	Güneş kollektörleri devresinde ayrı bir pompa ve kontrol vanaları kullanılan direkt ısıtma sistemi..... 44
Şekil 2.10	Sadece havuz suyunun ısıtılmasında kullanılan endirekt ısıtma sistemi 46
Şekil 2.11	Kullanma sıcak suyu ile havuz suyu ısıtılmasını sağlayan birleşik endirekt ısıtma sistemi..... 48
Şekil 3.1	Havuz yan yüzeyi 54
Şekil 3.2	Havuz tabanı 56
Şekil 4.1	Toplam enerji maliyet ile toplayıcı alan ilişkisi 59
Şekil 4.2	Toplam maliyet ile kollektör alanı arasındaki etkileşim..... 65
Şekil 5.1	Psikometrik kart..... 72
Şekil 5.2	Havuz ön görünüşü 73
Şekil 5.3	Toplam enerji maliyeti ile kollektör alanı arasındaki ilişki..... 86

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 1.1 Havuzlarda kullanılan filtreler ve kabul edilebilir su süzme hızları.....	15
Çizelge 2.1 Avrupa ortalama enleminde iki tabaka camla örtülü toplayıcıda \bar{k} enerji kazancı katsayısı	27
Çizelge 2.2 Kollektör örtü malzemelerinin özellikleri	29
Çizelge 2.3 Bazı yutucu plakaların (absorber) yutma (α) ve neşretme (ϵ) katsayıları ile (α / ϵ) oranları	31
Çizelge 2.4 36-42° kuzey enlem aralığında kollektör azimutuna göre A_1 düzeltme faktörü ..	33
Çizelge 2.5 Yatay düzleme gelen toplam güneş ışınımı $Q_{t,yatay}$ (kcal/m ² gün) ortalama değerleri	34
Çizelge 2.6 Enleme, mevsime ve toplayıcı eğim açısına göre R faktörleri.....	35
Çizelge 2.7 En çok güneş ışınımı alan kollektör eğim açıları.....	35
Çizelge 2.8 Çeşitli kullanma amaçlarına göre tavsiye edilen havuz suyu sıcaklıkları.....	38
Çizelge 3.1 Kullanım etkinliğine göre buharlaşma sayısının belirlenmesi	52
Çizelge 3.2 Malzemelerin ısıl geçirgenlik değerleri.....	55
Çizelge 4.1 Yardımcı enerji ısıl değer, verim ve fiyat karşılaştırması	59
Çizelge 4.2 Tüm güneş enerjisi maliyet listesi	61
Çizelge 4.3 Güneş enerjisi tesisatı sistem kabulleri.....	64
Çizelge 5.1 Antalya ve Adana illerinde havuzların aylara göre radyasyon, kondüksiyon ve toplam ısı kayıpları	75
Çizelge 5.2 İstanbul ve Ankara illerinde havuzların aylara göre radyasyon, kondüksiyon ve toplam ısı kayıpları	76
Çizelge 5.3 Antalya ili için yıllık toplam ısı kaybı, 1000 m ² kollektör alanında elde edilen güneş enerjisi miktarı ve yardımcı enerji tesisatının (YET) karşılaması gereken enerji miktarı.....	79
Çizelge 5.4 Antalya ili için $i = \%8$ ve $e_f = \%2,1$ durumunda farklı kollektör alalarına göre optimum maliyetin sağlanması	82
Çizelge 5.5 Adana ili için $i = \%8$ ve $e_f = \%2,1$ durumunda farklı kollektör alalarına göre optimum maliyetin sağlanması	83
Çizelge 5.6 İstanbul ili için $i = \%8$ ve $e_f = \%2,1$ durumunda farklı kollektör alalarına göre optimum maliyetin sağlanması	84
Çizelge 5.7 Ankara ili için $i = \%8$ ve $e_f = \%2,1$ durumunda farklı kollektör alalarına göre optimum maliyetin sağlanması	85
Çizelge 5.8 Antalya ili için $i = \%7$ durumunda A_c , e_f ve C_T değerlerinin değişimi.....	87
Çizelge 5.9 Antalya ili için $i = \%8$ durumunda A_c , e_f ve C_T değerlerinin değişimi.....	88
Çizelge 5.10 Antalya ili için $i = \%9$ durumunda A_c , e_f ve C_T değerlerinin değişimi	89
Çizelge 5.11 Adana ili için $i = \%7$ durumunda A_c , e_f ve C_T değerlerinin değişimi.....	90
Çizelge 5.12 Adana ili için $i = \%8$ durumunda A_c , e_f ve C_T değerlerinin değişimi.....	91
Çizelge 5.13 Adana ili için $i = \%9$ durumunda A_c , e_f ve C_T değerlerinin değişimi.....	92
Çizelge 5.14 İstanbul ili için $i = \%7$ durumunda A_c , e_f ve C_T değerlerinin değişimi	93
Çizelge 5.15 İstanbul ili için $i = \%8$ durumunda A_c , e_f ve C_T değerlerinin değişimi	94
Çizelge 5.16 İstanbul ili için $i = \%9$ durumunda A_c , e_f ve C_T değerlerinin değişimi	95
Çizelge 5.17 Ankara ili için $i = \%7$ durumunda A_c , e_f ve C_T değerlerinin değişimi	96
Çizelge 5.18 Ankara ili için $i = \%8$ durumunda A_c , e_f ve C_T değerlerinin değişimi	97
Çizelge 5.19 Ankara ili için $i = \%9$ durumunda A_c , e_f ve C_T değerlerinin değişimi	98

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında kapalı olimpik yüzme havuzlarının güneş enerjisi destekli ısıtılması ve ekonomik analizinin yapılması yer almaktadır. Havuzların ısı kayıplarının hesaplanması ve ısıtılmasında optimum kollektör alanı seçilmesi hedeflenmektedir.

Bitirme projesinin hazırlanmasında konuyu öneren, çalışmamın her aşamasını titizlikle inceleyen, yönlendiren ve beni sonuca ulaştıran tez danışmanım Prof. Dr. Olcay KINCAY'a ve tezim ile ilgili kaynakların oluşmasında yardımları bulunan SANTEM firmasının kurucusu ve yönetim kurulu başkanı yüksek makine mühendisi Sami BÖLÜKBAŞIOĞLU'na teşekkür ederim.

İstanbul, 2006

Fatih KÖŞKER

ÖZET

İnsanların kullandıkları enerji kaynakları; nüfus artışı, hızlı endüstrileşme ve yaşam standartlarının yükselmesine paralel olarak değişmektedir. Önceleri kömür ve benzeri yakacaklar gibi konvansiyonel enerji kaynakları kullanıldı. Sonra bu kaynakların potansiyelinin azalması ve çevre kirliliğine sebep olması, yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili çalışmaları yoğunlaştırmıştır. Günümüzde yenilenebilir enerji kaynaklarından birisi olan güneş enerjisinin önemli bir yeri vardır.

Türkiye coğrafi konumu nedeniyle şanslı bir bölgede yer almaktadır ve hatırı sayılır miktarda güneş enerjisi potansiyeline sahiptir. Güneş enerjisi Türkiye’de yapıların ısıtılması ve soğutulması, sıcak su temini, seraların ısıtılması, tarım ürünlerinin kurutulması ve yüzme havuzlarının ısıtılması gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Türkiye gibi yüksek güneş enerjisi potansiyeline sahip ülkeler, yüzme havuzlarında su sıcaklığını arttırmakta ve yüzme mevsimini uzatmaktadırlar.

Bu çalışmada, güneş enerjisinden yararlanılarak kapalı olimpik yüzme havuzlarının ısıtılmasında kullanılan düzlemsel güneş kolektörlerinin, ihtiyaç duyulan enerji miktarına ve ekonomik koşullara göre optimum kolektör alanının saptanmasına yönelik olarak teknik ve ekonomik değerlendirmeler yapılmıştır. Bu amaçla Antalya, Adana, Ankara ve İstanbul illerindeki yüzme havuzlarının ısı kayıpları hesaplanmış ve optimum dizayn şartları saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Güneş enerjisi, kolektör, olimpik havuz, ekonomik analiz.

ABSTRACT

The energy source of people is changing parallel to population raise, fast industrialization and raise of living standarts. In the beginning, the conventional energy sources like coal and similar combustibles were being used. Then the reduction of potentiality of these energy sources and these energy sources to be causing pollution has made the research to dense up for the continious energy sources. Nowadays, solar energy which is one of the continious energy sources has a significant place.

Turkey is located in a lucky area thanks to its geographical situation and have considerable solar energy potential. Solar energy is used in many fields in Turkey, such as heating and cooling the buildings, procuring warm water, heating of greenhouses, drying of agricultural products, heating the swimming pools. Countries with a high solar energy potential like Turkey are raising the water temperature in swimming pools and extending the swimming season.

This study explains technical and economical evaluation to show the amount of energy needed and economic possibilities to decide the optimum collector area of flat solar collectors in solar energy for the heating of indoor Olympic swimming pools. For this reason, heat losses of swimming pools in Antalya, Adana, Ankara and Istanbul have been calculated and their optimum design conditions are fixed.

Keywords: Solar energy, collector, swimming pool with Olympic standarts, economical analysis.

1. GİRİŞ

Yüzme tesisleri turistik bölgeler ve eğlence yerlerinde gün geçtikçe vazgeçilmez bir yer almaktadır. Yüzme sporunun sağlığa olan katkılarının yanısıra, yüzme sırasında alınan zevk de bu sporun yaygınlaşmasına neden olmaktadır. Spor komplekslerinin yaygınlaşması ise kişilerin spor yapma alışkanlıklarının gelişmesine ve süreklilik kazanmasına neden olur. Olimpik havuzlar sportif amaçlı olarak kullanılır. Ancak bu mekanların sağlıklı koşullara sahip olup olmaması da alışkanlıkların geliştirilmesi kadar önemlidir. Bu nedenle spor komplekslerinin sağlık açısından da değerlendirilmeleri çok önemlidir. Yüzme havuzları, spor kompleksleri içinde en çok talep gören mekanlardan bir tanesidir. Ancak sınırlı hacimdeki suyun kirlenme riskinin yüksek olması konunun önemini artırmaktadır.

Ülkemizde yüzme mevsimleri Marmara Bölgesinde 3-4 ay iken, güney bölgelerimizde 4-6 ay arasında değişmektedir. Bu sürelerin uzatılması ise havuz suyunu diğer mevsimlerde de ısıtmamıza dolayısıyla bir enerji harcamamıza bağlıdır.

Havuzların ısı kaybetme özelliklerine baktığımızda; havuz suyu sıcaklığı, çevre ortamın sıcaklığı, bağıl nemi, hava akım hızı, havuz zemin durumları ön plana çıkmaktadır. Yüzme havuzlarından çevre ortama buharlaşma, konveksiyon, ışıınım ve iletim ile ısı kaybolmaktadır.

Havuz suyunun ısıtılmasında konvansiyonel enerji kaynakları kullanıldığı gibi güneş enerjisi sistemleri de kullanılmaktadır. Daha ekonomik tesisler için ise her iki sistemin müşterek kullanıldığı sistemler tasarlanır. Bunun için de fizibilite çalışmaları yapılmaktadır. Bir başka ifade ile ekonomik analiz hesapları yapılmaktadır.

1.0. Kaynak Taraması

Güneş enerjisinin konvansiyonel enerji kaynaklarından farklı olarak yenilenebilir ve hiç bitmeyecek olması bilim adamlarının bu konu üzerinde yoğunlaşmalarını sağlamıştır. Özellikle yüzme havuzlarında güneş enerjisi kullanılarak yüzme mevsimleri uzatılmakta ve önemli miktarda enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Yapılan çalışmaların faydaları ekonomik analizle gözler önüne serilmektedir.

Öz, E., Menlik, T. (2005), Direkt ısıtmalı sistemlerde ısıtılmak istenilen havuz suyunun, güneş kollektörlerinde dolaşımı sağlanmıştır. Sistemin tamamı korozif özellikte olan havuz suyunun etkisindedir. Havuz suyuna mikrobik etkilere karşı klor veya diğer kimyasal sıvılar verileceğinden, bu sistemlerde kullanılacak malzeme paslanmama koşulunu yerine getirmektedir.

Direkt sistemlerde mevcut havuz pompası, suyun kollektörlerde dolaşımını da sağlayabilir. Böylece, kollektör devresi için ayrı bir pompa kullanılmamış olur. Havuz suyunun filtrelenmesi için kullanılan mevcut havuz pompası, havuz suyunun ısıtılması için kollektörlerde de dolaşım sağlar. Suyun kollektörlerden ya da kollektörlere gitmeden havuzdan havuza dolaşım yapabilmesi kontrol vanası yardımıyla olmaktadır.

Endirekt ısıtmada ise ısıtılmak istenen yüzme havuz suyunun kollektörlerle ilişkisi yoktur. Kollektörlerde güneş enerjisi ile ısıtılan su, havuz suyunu bir ısı değiştirici yardımıyla ısıtır. Endirekt ısıtma sistemlerinde; kollektör devresindeki ısıtan akışkana antifiriz ilave edilmesi, kollektör devresindeki suyun don etkilerine karşı boşaltılmasını gerektirmeyecektir. Aynı zamanda, devrenin havuz suyunun korozif etkilerinden zarar görmesi de söz konusu olmayacaktır. Dolayısıyla, kollektör devresi metal borularla yapılabilir. Diğer taraftan endirekt ısıtma sistemlerinde, havuz suyunun ısıtılmadığı zamanlarda veya havuz suyunun ısıtılmasına gerek duyulmayan sıcak günlerde, kollektör devresinde ısınan sudan kullanma sıcak suyu hazırlama gibi başka amaçlar için de yararlanılabilir.

Bölükbaşıoğlu, S. (2005), Mekanik tesisat mühendisi kendisinden yeni inşa edilecek olan bir havuzun mekanik tesisat projesinin yapılması istendiğinde, ilk olarak havuzun mimarından bu havuzun hangi amaca hizmet edeceğini, açık mı yoksa kapalı havuz mu olacağını ve yüzme

havuzundan bir gün içinde en çok kaç yüzücünün faydalanacağını öğrenir. Bu amaçla mimardan alacağı projeyi inceler, çevre hakkında ileriye dönük bilgiler toplar. Bu bilgilerin ışığı altında kendi görüş ve deneyimlerini ortaya dökerek yakın gelecekte yapacağı havuzun, mekanik tesisat projesi için ilk öneri raporunu hazırlar.

Havuzun yapım tekniğine uymayan isteklerle karşılaşan tesisat mühendisi, bu isteklere göre karşı çözüm yolları arar veya değişik seçenekler öne sürer. Bu yeni önerileri mimar, inceleyerek görüş bildirir. Sonunda mutabık kalınan en doğru, en uygun çözüm yolları ile projeye başlarken müşterek karar sağlanmış olur.

Unutulmamalıdır ki; her tür havuz, insan sağlığını tehdit etmeyecek çok iyi kalitede su bulundurmak ve can emniyeti bakımından da hiç tehlike oluşturmayacak bir yapıya sahip olmak üzere inşa edilmek zorundadır. Bu nedenle yüzme havuzu projesi yapılırken mekanik tesisat mühendisine çok önemli görevler düşmektedir.

Yüzme havuzları güzel bir mimari şekil ile inşa edilmiş ve bu havuzların su filtreleme tesisatı da standartlara uygun kalite ve kapasite de yapılmış, mikroplardan arındırma (su dezenfeksiyonu) teçhizatı mükemmel olarak kurulmuş olsa bile güvenli kullanım için, bilinçli ve gerekli özeni devamlı olarak gösteren bir işletme disiplininin varlığına da muhtaçtır. Bunun için gerek havuza doldurulan suyun kalitesinin titizlikle seçilmesi ve gerekse bu suyun devamlı olarak temizlenmesi, bünyesine giren kimyasal maddelerin ideal seviyelerde tutulmasına çok dikkat edilmesi gerekmektedir. Bu da standartlara uymakla mümkündür.

Özyaman, C. (2004), Yüzme havuz suyunun ısıtılmasındaki amaçlar, konfor şartlarının yükseltilmesi ve havuzun kullanım süresinin uzatılmasıdır. Böylece havuzun tüm yıl kullanımı sağlanmakta ve zaten inşai yatırımı yapılmış olan havuzun işletmeye ekonomik getirisi arttırılmaktadır. Bu maliyetlerin en aza indirilebilmesi ancak doğru tasarım ile olasıdır.

Kapalı yüzme havuzlarında salon hava sıcaklığı genellikle havuz su sıcaklığından yüksek tutulduğundan taşınım ile ısı kaybı söz konusu değildir. Havuz tipine ve tasarım şartlarına bağlı olarak ısı kayıpları dört katına yakın farklılık göstermektedir. Bunun sonucu olarak da gerek ısıtma tesisatı gerekse de işletme giderleri değişmektedir. Havuz tesisatı tasarımı yapılmadan

önce işletmecinin bu konuda bilgilendirilmesi ve alınacak önlemler ile yatırımın daha ekonomik hale getirilmesi mümkün olacaktır. Bu amaçla ilk ısıtma süresi gerçekçi olarak belirlenmeli ve koşullar izin verdiği kadar uzun tutulmalıdır. Aynı zamanda tüm ısıtma tesisatında ısı yalıtımı yapılmalıdır.

İsısan-Buderus (2003), Dış hava koşulları ve havuzdan toprağa olan ısı kayıpları, havuz hesabını önemli ölçüde etkiler. Bu nedenle, havuz ısıtmasında güneş enerjisi sistemleri ancak yaklaşımlarla boyutlandırılmaktadır. Boyutlandırmada havuz yüzeyi belirleyici olabilmektedir. Bir güneş enerjisi sisteminin tasarımı için kullanım amacının belirlenmesi gerekir. Güneş enerjisi sistemlerinin planlama ve yatırım maliyetleri, sistemin büyüklüğü ile doğru orantılıdır. Bu sistemlerle, yerin büyüklüğüne göre yıllık su ısıtılması için gereken enerjinin %60-80'i karşılanır.

İşbilen, İ. (1999), Buharlaşan su, çevresinden ısı çeker. Bu ısı çekişi önce suyun kendi bünyesinde olur ve ayrılan kısım gerekli ısını kalın kütlede alır. Yani; başka yerden ısı almıyorsa kalın kütlede soğuma meydana gelir. Havuz tesisatlarında bu soğuma miktarı hesaplanır ve su sıcaklığının aynı değerde korunabilmesi için aynı miktarda ısıtma yapılır. Konu edilen bu ısı, buharlaşan su ile havaya 'gizli ısı' olarak geçmektedir. Buharlaşma gizli ısı, 0° C'deki suyun fiziksel özellikleri baz alınarak hesaplanmaktadır.

Bu gizli ısı, dış hava ile çalışan sistemlerde şayet 'ısı ekonomizeri' yoksa tamamen dışarıya atılır. Isı pompası sistemli klima tesisatlarında ise evaporatörlerdeki basıncı yükselterek kompresörün soğutma ve dolayısıyla kondenzasyon kapasitesini yükseltir. Böylece ısı pompası sisteminin COP değeri artar.

Aybers, N., Şahin, B. (1995), Sistemin ömrü boyunca her yıl yapılan sermaye, işletme ve yakıt masraflarının referans tarihine getirilmiş toplamını, işletme ömrü boyunca her yıl üretilen enerjinin aynı tarihe getirilmiş toplamına bölmekle bulunur. Bir değere getirilmiş maliyet o yılki para değeri veya reel para değeri kullanılarak ifade edilmektedir. En basit şekilde, seçilen bir referans tarihte hesaplanan sermaye masrafları ve bakım-işletme masrafları toplamının, o tarihte üretilen enerji miktarına bölünmesi ile bulunur.

Recknagel, S. (1992), Birim yüzeyden buharlaşan suyun miktarı; su yüzeyi üzerindeki hava hızına, su sıcaklığındaki havanın doyma eğrisindeki mutlak nemine ve hol havasının mutlak nemine bağlı olarak değişmektedir. Su yüzeyi üzerindeki hava hızı ve su sıcaklığındaki havanın doyma eğrisindeki mutlak nemi arttıkça buharlaşan su miktarı da artar. Şayet hol havasının mutlak nemi artarsa havuz yüzeyinden buharlaşan su miktarı da azalmaktadır.

Barut, C. (1990), Bir yatırım, paranın yatırılacağı ekonomik değerden belirli faydalar temin edebilmek amacıyla gerçekleştirilir. Maksimum faydayı sağlayacak minimum yatırım giderlerinin hesaplanması ve yatırım tipinin belirlenmesi de bu konudaki en önemli faktörler olup optimizasyon hesaplarıyla belirlenmektedir.

Bir yatırımın optimizasyonu, yatırımın büyüklüğü ile elde edilecek fayda arasındaki ilişkiye bağlı olarak yapılır. Bu ilişkinin değerlendirilmesinde, yatırımın fiziksel bazı değerleri kullanıldığı gibi ekonomik bir takım değerler de göz önüne alınır. Ekonomik analiz, optimizasyon işleminde önemli bir yer tutar ve nihai kararlar ekonomik değerlere göre verilir.

Güneş enerjili ısıtma sistemlerinde amaç, ısıtma için gerekli ısının bir kısmını güneş enerjisinden karşılamak, yani enerji için yapılan harcamayı bir oranda azaltmaktır. Bu amaç için kurulacak sistemin bir yatırımdan beklenen şartları yerine getirmesi gerekir. Güneş enerjili ısıtma sistemlerinde optimize edilecek büyüklük, sistemdeki en etkili parametre olan toplayıcı alanının büyüklüğüdür. Toplayıcı alanı ile sistemin toplam ilk yatırım masrafları ve sürekli giderleri arasındaki ilişkinin incelenmesinden, optimum bir toplayıcı alanı bulunmaktadır.

Valov, M.I. (1986), Güneş enerjili ısıtma sistemlerinde amaç, ısıtma için gerekli ısının bir kısmını güneş enerjisinden karşılamak, yani enerji için yapılan harcamayı bir oranda azaltmaktır. Bu amaç için kurulacak sistemin bir yatırımdan beklenen şartları yerine getirmesi gerekir. Güneş enerjili ısıtma sistemlerinde optimize edilecek büyüklük, sistemdeki en etkili parametre olan toplayıcı alanının büyüklüğüdür. Toplayıcı alanı ile sistemin toplam ilk yatırım masrafları ve sürekli giderleri arasındaki ilişkinin incelenmesinden, optimum bir toplayıcı alanı bulunabilir. Ancak sistemin ekonomik olduğu kararına varabilmek için ekonomik analizlerin de yapılması

şarttır. Böylece toplam enerji maliyetlerinin minimuma indirilerek optimum maliyetin yakalanması sağlanmaktadır.

Iso/Tr 12596, Kollektör boyutlarının belirlenmesinde havuz suyu sıcaklığı, bu sıcaklığın sürdürülüp sürdürülemeyeceği, yüzme sezonunun uzunluğu, ek enerji kaynaklarının olup olmadığı, iklimsel veriler, kollektörlerin bulunduğu yerin veya havuzun gölgelenme durumu, kollektörlerin eğimi ve yönü, havuzun su ile temas eden yüzeylerinin rengi, kollektör ve havuz için rüzgar siperlerinin kullanılıp kullanılmayacağı, kollektörlerin bulunduğu ortamın ve çevrenin durumu ve kollektör tipi belirleyici olmaktadır.

1.1. Yüzme Havuzlarına Genel Bakış

1.1.1. Yüzme Havuzlarının Sınıflandırılması (Isısan-Buderus, 2001)

- Yapılarına Göre;

-Açık Yüzme Havuzları : Açık yüzme havuzlarının yeterince güneş alan, endüstri tesislerinin dumanı altında kalmayan, duman, serpinti ve gürültüden korunan yerlerde yapılması gerekir. Havuzların kullanım süresi yıllık 100-120 gün üzerinden hesaplanır. İklim koşullarına göre sürede değişiklik olabilir. Kullanım süresinde 40-60 günün kalabalık, 10-15 günün çok kalabalık olduğu varsayılır. Nüfus başına yıllık olarak 1,5 - 3 kez yüzme havuzuna gidildiği varsayılır. Her ziyaretçi için 0,6-1 metrekarelik su yüzeyi hesaplanır. Nüfus başına 0,1-0,2 metrekare su yüzeyi kabul edilerek yüzme havuzunun yapılması gerekir.

-Kapalı Yüzme Havuzları : Kapalı yüzme havuzlarının merkezi yerlerde, ulaşımın ucuz ve kolay olduğu yerlerde yapılması öngörülmektedir. Pencere cephesi güneyde olmalıdır. Nüfus başına yıllık kullanım sayısının orta ve küçük kentlerde 3-5, büyük şehirlerde ise 1,5 – 2,5 kez olduğu kabul edilir. Havuzun çıplak ayakla girilen koridorunun tuvaletlerden duşlara geçmesi, tek veya ortak duşlarla zorunlu yıkanma ve ayak yıkama yerlerinin olması öngörülmektedir. Havuzdan

çıktıktan sonraki dönüş yolu sıcak su sarfiyatına neden olmamak için doğrudan soyunma yerlerine olacak biçimde ayarlanmalıdır.

- Havuzun Kullanım Amacına Göre;

-Olimpik Yüzme Havuzu : Sadece sportif amaçlı olarak kullanılır. Olimpik havuzlar 50 m nominal uzunlukta ve en az 21 m genişlikte olmalıdır. Su derinliği ortalama 1,9 metredir. Antrenman havuzlarında ise 25 x 12,5 x 0,9 m değerindedir. Yüzme yarışlarının bitiş sürelerini belirleyen tabloya ikaz gönderen dokunma panelleri 1 cm kalınlıkta olduğundan, bu paneller için havuzlar 50,02 m boyunda yapılırlar. Genişlikleri ise her biri 2,5 m olan kulvar sayısına göre tespit edilir. Kulvarlardan sonra, her iki uzun kenar boyunca 75 ile 125 cm genişlikte serbest boşluk bırakılmalıdır. Olimpik havuzlarda kulvar sayısı 8 ile 10 arasındadır. Ek 1'de bir olimpik havuz örneği yer almaktadır. Bizim sistemimizde bulunan kapalı yüzme havuzu olimpik standartlarda olup 60 x 30 x 1,8 m. değerindedir.

-Yarı Olimpik Yüzme Havuzu : Yarı olimpik yüzme havuzları ise boyları 25 m olup daha çok çalışma havuzlarıdır. Kulvar genişlikleri 2,5 m'dir. Orta dereceli okul havuzları için 2 m genişliğindedir. Kulvar sayısı 4 ile 6 arasındadır. Ek 2'de bir yarı olimpik havuz örneği yer almaktadır.

-Turistik veya Umuma Açık Yüzme Havuzu (çeşitli şekil, en ve boylarda)

-Özel veya Ev Yüzme Havuzu (büyükler için çeşitli şekil, en ve boylarda)

-Özel veya Ev Yüzme Havuzu (çocuklar için sığ, çeşitli şekil, en ve boylarda)

-Süs Havuzu

-Şok Havuzu ve Tedavi Havuzu

-Jacuzzi (sıcak ve soğuk su masaj küveti)

- Kullanılan Çevreye Göre;

-Umuma Ait Havuzlar

-Özel Ev Havuzları

- Suyun Cinsine Göre;
 - Tatlı Su Bulunduran Havuzlar
 - Deniz Suyu Bulunduran Havuzlar

- Havuzun Taşma Sistemine Göre;
 - Üstten Taşma, Yandan Savaklı veya Her İkisi Karışık Uygulanmış (denge tankından alınan suyun havuza basılması sureti ile taşma sağlanan tipler)
 - Skimmerli (sathı sıyırma pencere) Havuzlar

- Havuzun İnşa Tarzına Göre;
 - Betonarme Gövdeli Havuzlar
 - Prefabrik Plakalarla Oluşturulan Havuzlar
 - Çelik Karkas ve Gövdesi İçerisine Vinil Denilen Muşamba Kaplanmış Hazır Havuzlar

1.2. Havuz Tesisatı Sirkülasyon Devresi

Havuz ilk doldurulduktan sonra suyu, devamlı olarak sirkülasyon pompaları ile filtreler ve gerekiyorsa ısıtıcı üzerinden geçilerek dolaştırılır. Böylece havuz suyu temizlenir ve ısıtılır. Bu devreye dozaj pompaları ile çeşitli kimyasal maddeler eklenerek mikropların ve yosunların ölmesi sağlanır.

Sirküle edilecek suyun miktarının belirlenmesinde sirkülasyon zamanı esas alınır. Sirkülasyon zamanı havuzdaki suyun tamamının bir defa devredilmesi için gerekli süre olarak tanımlanır. Bu süre belediye şartnamesine göre tek olimpik 6 saat olarak belirlenmiştir. Literatürde genel olarak sirkülasyon zamanı 8 saat olarak kabul edilmektedir (UHE Talimatı, 1995).

Normal çalışmada havuz suyunun % 80'i savaklardan, % 20'si havuz tabanındaki çıkış menfezlerinden filtreler geri dönecektir. Savakları ana boruya bağlayan ara borular, olimpik havuzlarda 75 mm çapında ve en az 2 x 20 adet olacaktır. Savaklar içinde çıkış delikleri üzerine

konacak ızgaralar en az 150 lt/dak kapasiteli olacaktır. Boru ve boru donanımı kesinlikle paslanmaya karşı dayanıklı olmalıdır. Boru malzemesi olarak PVC borular en iyi seçeneklerden biridir.

Savak konstrüksiyonu olarak Şekil 1.1.'deki gibi su düzeyi havuz kenarından aşağı olan yüzme havuzları yerine silme yüzeyli veya taşmalı havuzlar tercih edilmelidir.

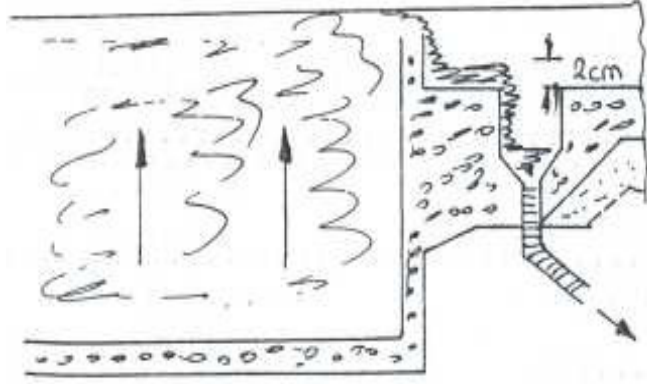
Havuz dibindeki emiş ve boşaltma menfezleri en az iki adet olacak, borulardaki emiş hızları 0,3 m/s'yi geçmeyecektir. Menfezlerden denge deposuna yapılacak bağlantı depo içinde özel bir şamandıra ile kontrol edilecektir.

Denge deposu tesisatın ana elemanlarından biridir. Şekil 1.2.'de havuzla olan bağlantısı şematik olarak verilmiştir. Bu depo aynı zamanda havuzda kaybolan suyun takviye edildiği yerdir. Bu amaçla denge deposundaki minimum seviye, ayrıca hidrofor devresinden, yine özel bir şamandıra kontrolü ile azaldıkça takviye edilir.

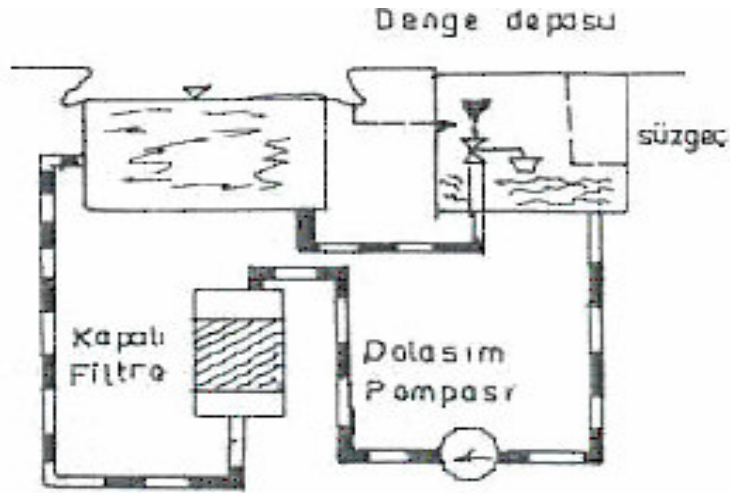
Denge deposu hacmi, ana havuzdan gelecek bütün taşmalar ile her bir filtrenin ters yıkama için gerekli olan suyu yetecek kadar olacak ve yeterli bir taşkanı ve boşaltmanı bulunacaktır. Denge deposu siyan saçtan imal edilebilir. Saçtan yapıldığı takdirde deposunun bütün iç yüzeyleri korozyona karşı kauçuk esaslı boya, bütün dış yüzeyleri de iki kat antipas ve bir kat yağlı boya ile boyanmalıdır.

Pompalar, suyu denge deposundan emerek saç tutuculardan geçirecek ve kum filtresine basacaktır. Borularda emiş hattında su hızı 1,5 m/s, basma hattında 3 m/s değerini geçmeyecektir. Her kum filtresine bir pompa ve saç (kıl) tutucu düşünülecektir. Pompa debileri toplam sirkülasyon debisinin pompa sayısına bölünmesi ile bulunabilir. Pompalar ve ön filtreler bir kollektörle birbirlerine bağlanacaktır (Bölükbaşıoğlu, 2005).

Filtrelerde temizlenen su by-pass'lı olarak ısıtıcılardan geçirilip ve gerekli kimyasal ilaçlama yapıldıktan sonra havuza verilecektir. Suyun havuza verilmesi, olimpik havuzlarda yatay su hareketinin olmaması için su alttan verilmelidir (MMO-Sihhi Tesisat Proje Hazırlama Esasları 2001\260\2).



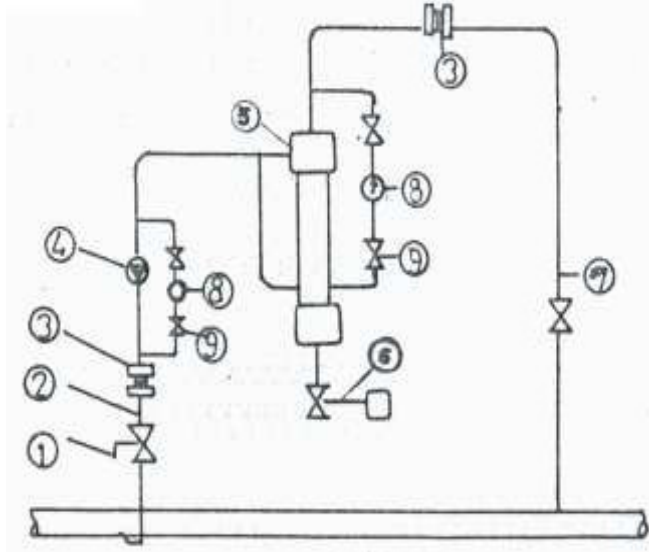
Şekil 1.1 Taşmalı havuz



Şekil 1.2 Denge deposunun havuzla bağlantısı

1.3. Havuz Suyunun Filtrasyonu

Basıncılı kum filtreleri, siyah saçtan dik silindirik tank biçiminde imal edilir. Korozyona karşı iç ve dıştan özel olarak boyanır. Tanklar 3,5 atü çalışma ve 5 atü basıncına dayanıklı olmalıdır. Olimpik havuzlar için 4 adet 100 m³/h kapasiteli kapalı kum filtresi yeterlidir. Kum filtresi yerine santrifüj kuvvet ile çalışan 'Lakos Seperatörü' kullanılabilir. Şekil 1.3'de bir separatör devresi görülmektedir (MMO-Sıhhi Tesisat Proje Hazırlama Esasları 2001\260\2).



Şekil 1.3 Kum filtrasyonu için separatör devresi

- 1- Manuel Valf (El kumanda)
- 2- Nipel
- 3-Konpansatör
- 4-Lakos için özel dizayn edilmiş santrifüj pompası
- 5-Lakos Separatörü
- 6-Motor kumandalı valf
- 7-Elle kumandalı kontrol valf
- 8-Manometre
- 9-Elle kumandalı valf

Kum filtresine gelen havuz suyu (1) numaralı pozisyonda bulunan vanalardan geçerek ve aynı zamanda içindeki yabancı maddelerden arındırılmış olarak havuz devresine gönderilirler. Eğer havuz suyunun ısıtılması gerekiyorsa önce eşanjöre giderek istenen havuz suyu sıcaklığı elde edilmiş olarak havuza gönderilir. Havuza giden suyun taşması halinde taşan su, havuzun belli bir yerinde toplanarak buradan denge deposuna (Şekil 1.4) gönderilir.

2 nolu ters yıkama pozisyonunda ise vanalar, 2 nolu pozisyona getirilerek kum filtresindeki birikmiş olan yabancı maddeler kanalizasyondan tahliye edilirler (Şekil 1.5).

Filtre tankının geri yıkanması, ters yönde su basılması ile gerçekleştirilir. Geri yıkamada, ters yönde basılan su aktif filtrasyon tabakasını en az % 25 oranında kabartabilecek debide olmalıdır. Tanktan bu kabarma için gerekli serbest hacim bırakılacaktır. Kabarma için gerekli hızın karşılanamaması halinde, kabarma işlemine yardımcı olarak tanka basınçlı hava verilir.

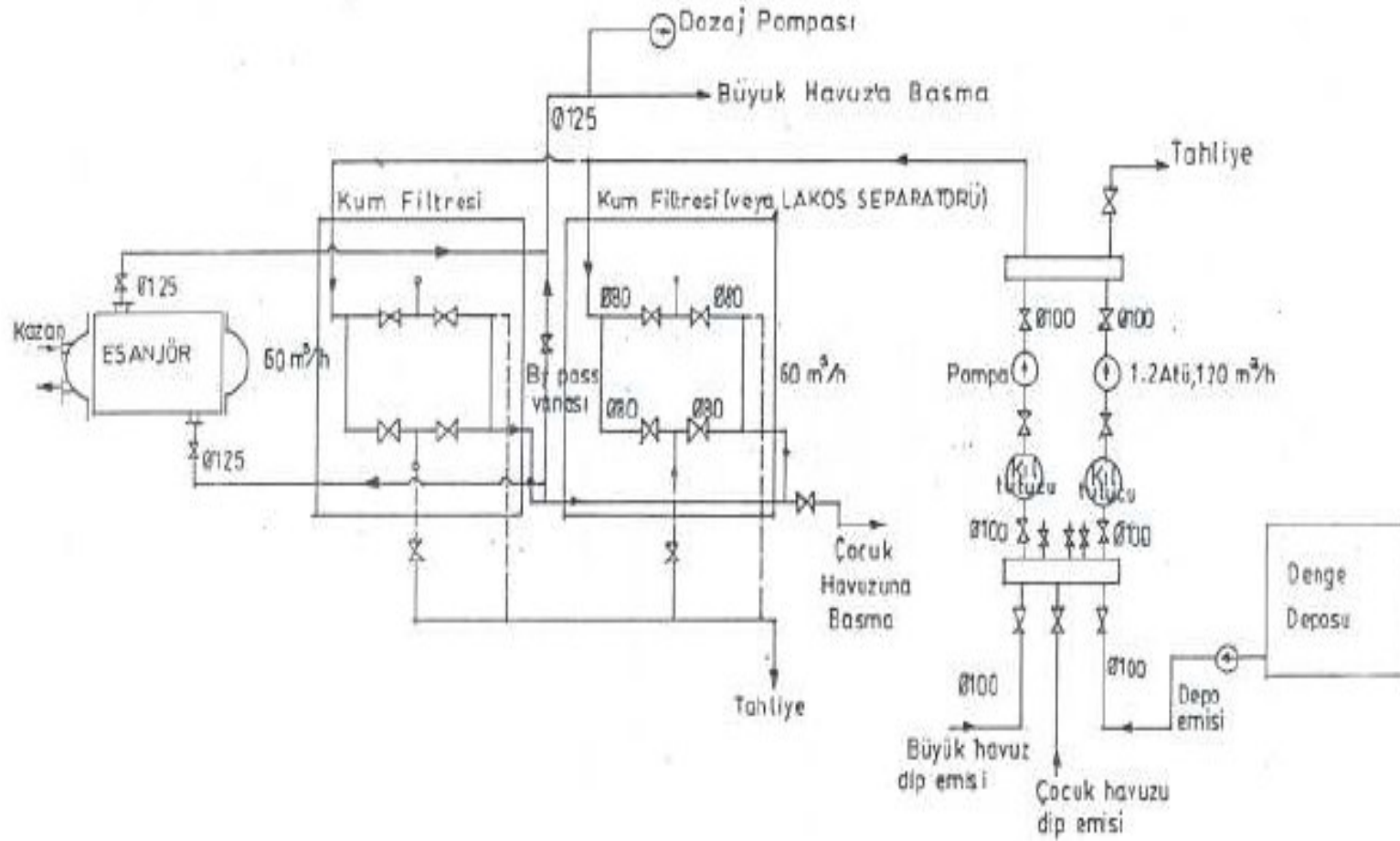
Ters yıkama sırasında aniden dışarı verilen ters yıkama suyu, çevredeki kanalizasyon sisteminde yetersizlik dolayısıyla taşmalara neden olarsa ters yıkama tampon deposu yapılır. Su önce buraya dolar sonra bir orifisten geçirilerek yavaş yavaş şebekeye bırakılır. Ters yıkama tampon deposunun hacmi en az bir filtrenin ters yıkama suyuna yeterli olmalıdır. Ters yıkamadan normal akış durumuna geçiş sırasında ara işlem yapılarak kum filtresinde kalmış olan parçacıkların tamamı tahliye edilerek havuz suyu filtre edilmiş olarak normal akış durumuna geçilerek havuz suyu tesisatı normal akış durumunda çalıştırılır. Kum filtresinin çalışması Şekil 1.5’de gösterilmiştir.

1.3.1. Havuz Tesisatında Kullanılan Filtreler

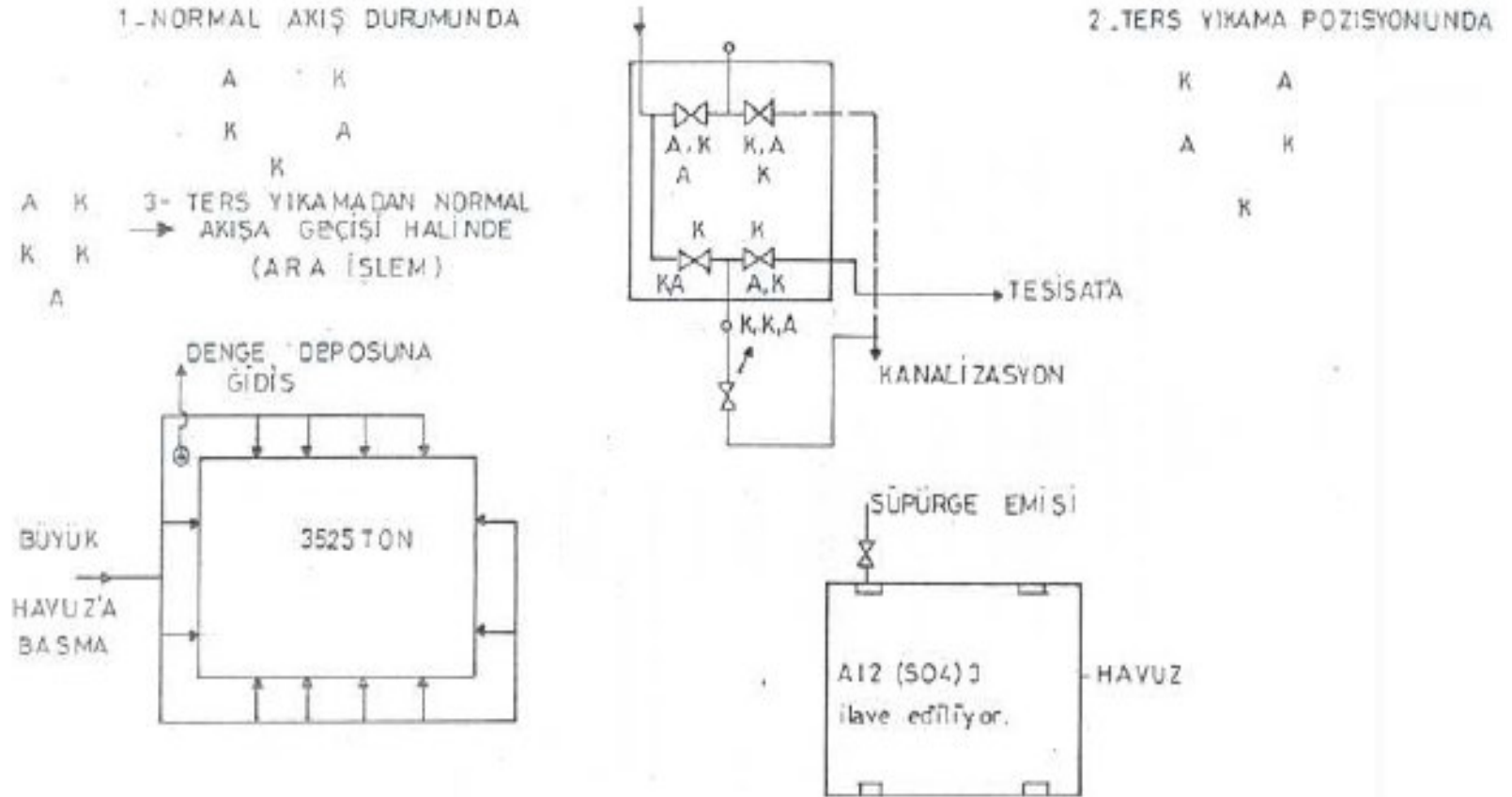
Kuvars kumlu tek veya çok katmanlı filtreler : Yüzme havuzlarında kuvars kumlu filtreler çok yaygın kullanılmaktadır.

Diatomit filtreler : 1 – 1,5 mikron büyüklüğündeki kir tanelerini tutabilen kaliteli filtrelerdir. Bu filtrelerde su süzme hızı 20 m/h alınır. Filtreleme alanı, üzeri diatom çamuru ile sıvanan, yaprak şeklindeki bezden yapılmış panellerin alanıdır. Dolayısıyla fazla yer tutmaz.

Kartuş filtreler : Şok havuzu gibi küçük hacimli havuzlarda kullanılır. Çizelge 1.1’de havuzlarda kullanılan filtreler ve kabul edilebilir hızları gösterilmektedir.



Şekil 1.4 Havuz suyu tesisatının çalışması ve havuz suyunun filtrasyonuna ait prensip devre şeması (MMO- 2001\260\2).



Şekil 1.5 Havuz suyunun filtre edilmesi ile ilgili kum filtresinin şematik olarak aldığı konumlar

Çizelge 1.1 Havuzlarda kullanılan filtreler ve kabul edilebilir su süzme hızları (TS 11899)

Filtre	Havuz türü	Kabul Edilebilir Su Süzme Hızı (m/h)	
		Tatlı su	Deniz suyu
Çok katmanlı, Kuars kumlu filtreler	Genel havuz	20	20
	Özel havuz	25	20
Tek katmanlı, Kuars kumlu filtreler	Genel havuz	30-40	25-35
	Özel havuz	40-50	35-40
Diatomit filtreler	Genel havuz	20	20
	Özel havuz	30	20

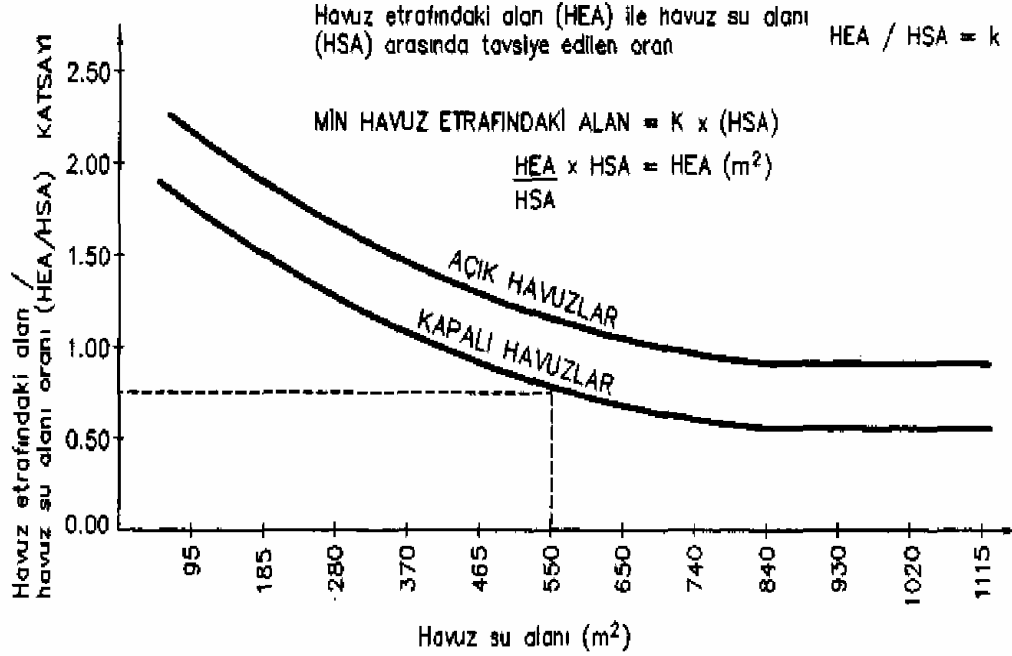
1.4. Havuz Etrafındaki Alanın Belirlenmesi

Havuz büyüklüğünün tayin edilmesinde, havuz su alanı belirlendikten sonra Şekil 1.6 kullanılarak havuz etrafındaki alan belirlenir. Bir diğer önemli kriter ise havuzun kullanım sırasında ulaşabileceği en kalabalık kişi sayısıdır. Ancak havuz inşasında kişiye göre plan yapmak her zaman için optimum seçim vermeyecektir (Isısan-Buderus, 2001).

1.5. Yüzme Havuz Suyuna Verilmesi Gereken Önem

Yüzme havuzları; güzel bir mimari şekil ile inşa edilmiş ve bu havuzların su filtreleme tesisatı da standartlara uygun kalite ve kapasite de yapılmış, mikroplardan arındırma (su dezenfeksiyonu) teçhizatı mükemmel olarak kurulmuş olmalıdır.

Bunun için gerek havuza doldurulan suyun kalitesinin titizlikle seçilmesi ve gerekse bu suyun devamlı olarak temizlenmesi, bünyesine giren kimyasal maddelerin ideal seviyelerde tutulmasına çok dikkat edilmesi gereklidir. Bu da standartlara uymakla mümkündür (UHE Talimatı, 1995).



Şekil 1.6 Havuz alanından yola çıkarak, havuz etrafındaki alanın bulunması

Yüzme havuzlarında genellikle tatlı su bulundurulmaktadır. Tabii su; pek çok maddenin karışımıdır. İçerisinde erimiş mineraller ve gazlar bulunur. Suyun karakteristiği bu erimiş maddelerin miktar ve yapısına bağlı olarak değişir.

Yüzme havuzları, imkan oldukça şehir suyu ile doldurulmalıdır. Buna imkan yoksa, havuza doldurulacak suyun analizi yaptırılmalı ve suyun sağlığa zararlı olmadığı yetkililerce saptanmalıdır. Olimpik havuzlarda, kesinlikle tatlı su kullanılmaktadır. Deniz suyunun su sertliği yüksek seviyede olup çok fazla katı eriyikler ihtiva ettiğinden bu iki parametre için standartlar uygulanamaz.

Havuzla doldurulan su, yüzücü suya girmeden önce uygun kimyasal kullanarak ve doğru miktarlar uygulanarak fiziki, bakteri ve biyolojik bakımdan standarda uygun hale getirilmelidir. Havuzun doldurulacağı su ile günlük kaybın ikmal için kullanılacak su, ya baştan seçilmiş iyi kaliteli veya sonradan filtrelenerek ve kimyasallarla dozlanarak içerisinde yüzülebilir emniyetli duruma getirilebilir. Genel olarak suyun görünümü, temiz ve içerisinde yüzen maddeler olmamalı, pH değeri 7,2 ile 7,6 arasında olmalı, suyun toplam sertliği 50 - 400 mg / lt (CaCO₃) olmalı, suyun içindeki toplam çözünmüş katı maddeler 500 mg/lt 'den az olmalı, suda bulunması muhtemel demir 0,01 mg/lt, mangan ise 0,05 mg/lt'den fazla olmamalıdır (Bölükbaşıoğlu, 2005).

Civalı sular zehirlenme etkisi yaptıklarından pek çok ülkede yasaklanmıştır. Bununla birlikte nitrit, amonyak, kurşun, bakır sülfat, arsenik, kadmiyum sağlığa zararlı maddeler olup havuz sularında bulundurulmamalıdır.

1.5.1. Su Dezenfeksiyonu

Havuzlarda su dezenfeksiyonundan beklenen, insan sağlığı için zararlı bakteri ve diğer mikro organizmaların çok çabuk ve sürekli olarak yok edilmesini sağlayacak ve sağlığa zararsız olan kimyasal maddelerin uygulanmasıdır. Dezenfektan maddeler içerisinde en önemli yeri klor tutmaktadır (Bölükbaşıoğlu, 2005).

1.5.1.1. Klor Grubu Kimyasallar

- Sodyum hipoklorit
- Kalsiyum hipoklorit toz veya tabletleri
- Kloroizosiyanurat toz veya tabletleri
- Elektrolitik hipoklorit üretici (generator)
- Klor gazı

Serbest klor en az 0,6 ppm, en çok 1,5 ppm, ideal olarak ise 1 ppm seviyesinde olmalıdır.

1.5.1.2. Brom

-Brom SIVISI

-Klorodimetilhidantoin tabletler, özel havuzlarda çok kullanılmaktadır ve serbest brom suda 2 ila 4 mg/l değerleri seviyesinde bulundurulur. Bağlı brom da bağlı klor gibi Şok dozlama ile giderilir. Serbest brom en az 0,8 ppm, en çok 1,5 ppm, ideal olarak ise 3 ppm seviyesinde olmalıdır (Bölükbaşıoğlu, 2005).

1.5.1.3. Ozon

Ozon normal olarak klor ile birlikte kullanılmaktadır. Ozon oksidasyon kabiliyeti yüksek bir maddedir. Havuza girildiğinde az miktarda serbest klor bulunmalı ve bağlı klor seviyesinin yükselmemesine dikkat edilmelidir.

1.5.1.4. Bakır - Gümüş İyonizasyonu (Elektro-Fizik Sistem)

Bakır, suda topaklama sağladığından ayrıca kolloidal bir topaklayıcı kimyasal (mesela alüminyum sülfat) kullanmaya gerek kalmamaktadır. Ayrıca suya verilen bakır, yosun oluşumunu engellemektedir. Bir oksidan madde ile birlikte kullanılmalıdır. Klor tercih edilmelidir. 0,3 - 0,6 ppm serbest klor yeterli olacaktır ki kaliteli Şehir suyu bulunan havuzların iŐletmesinde ekonomi sağlar.

1.5.1.5. Ultra – Viole IŞınları

UV iŐınları, tüm bakterileri ve diğer mikro organizmaları öldüren ve uzun zamandır içme sularında ve endüstriyel su arıtmada kullanılan bir dezenfeksiyon sistemidir. Ultra-viole iŐınları elektrik araçları ile oluşturulur. Genellikle civa buharı lambaları kullanılır. Bu elektrik arkları spektrumda gözle görünebilen kısa dalga boyları ile oluşur. En çok etkili olan kısım 240 nm ve

280 nm arasındadır. Bu sistem de muhakkak ikinci bir dezenfektan kimyasalın desteğinde kullanılmalıdır. Fazla kireçli, bulanık sular zamanla etkinliğini azaltır.

1.5.2. Yosunla Mücadele

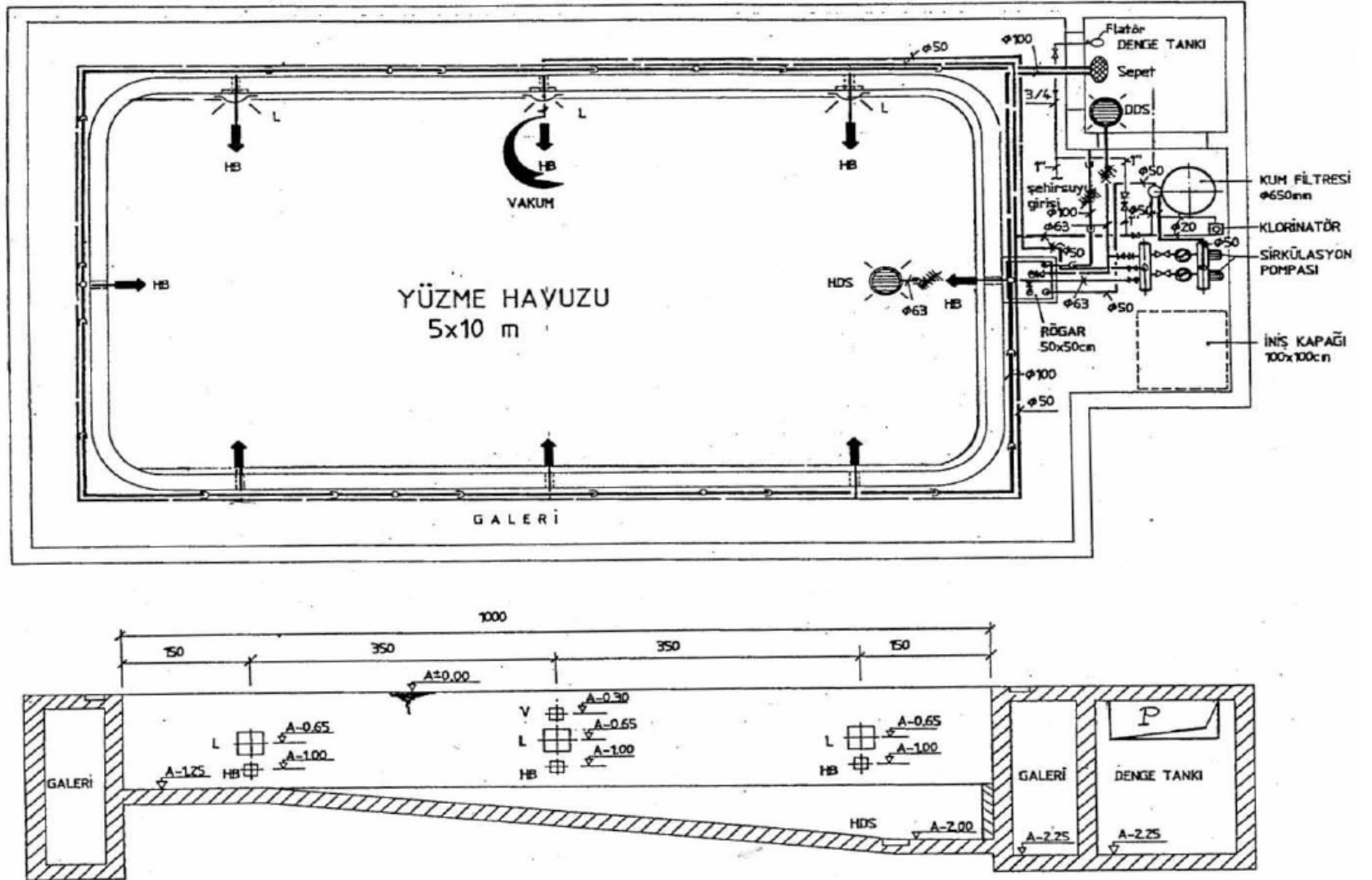
Havuzlarda yosun oluşması hiç istenmeyen bir şeydir. Havuz kenar bordürü, tabanı ve duvarlardaki birikmesi yüzücüleri tehlikeye sokarak kayganlık yaratmaktadır. Suyun yeşillenmesi ve berraklığının kaybolmasına sebep olması da eklenince yosun mücadelesinin önemi artar. Dezenfeksiyonun önde gelen maddelerinden klor ve brom yosun oluşmasını engelleyen etkiye sahiptir. Suyun ideal pH değerlerinde tutulması da yosunlaşmaya mani olacaktır. Yosun mücadelesinde insan sağlığına zararlı özel kimyasallar kullanılmaktadır (anti - algi maddeler). Serbest klor veya serbest brom yeterli düzeye getirilmelidir (Bölükbaşıoğlu, 2005).

1.5.3. Topaklama (Flocculation)

Sirküle edilen havuz suyundaki çok küçük kir taneciklerinin filtrede tutulamadan tekrar havuza dönmesine mani olmak için bu taneciklerin birbiri ile topaklanarak filtrede tutulması işlemine bu isim verilir. Topaklama ya alüminyum sülfat gibi maddelerle veya elektro-fizik sistemdeki bakır iyonizasyonu ile sağlanır. Sudaki alüminyum sülfat veya bakır iyonları sudaki kirleri birleştirerek irileştirir ve filtrenin etkinliğini çoğaltır. Havuzda berrak su temininin en önemli yolu budur

1.5.4. pH'ın Düzenlenmesi

Havuzda bulunan suyun pH'ı 7,2 ile 7, 6 değerleri dışında olmamalıdır. pH' nın aşırı düşük veya yüksek olması yüzücüleri de olumsuz etkiler. Örnek olarak suya girenlerin gözlerinin yanması, ciltlerde çatlama, saç kırılma ve dökülmesi, tırnak kırılması gibi olumsuzluklar sayılabilir. Ayrıca suda ağır bir koku da oluşur. Bu yüzden 7,6 pH değerinden yüksek alkali karakteri gösteren sular uygun bir asitle muamele edilerek pH'sı düşürülür. Aksine; 7,2 pH değerinden düşük olan ve asit karakteri gösteren suların pH 'ı soda ilave edilerek yükseltir.



Şekil 1.7 Tipik bir yüzme havuzuna ait kesit resmi (Bölükbaşıoğlu, 2005)

2. YÜZME HAVUZLARINDA GÜNEŞ ENERJİSİNİN KULLANILMASI

2.0. Güneş Enerjisi Nedir?

Güneş, hidrojen ve helyum gazlarından oluşan orta büyüklükte bir yıldızdır. Sıcaklığı merkezde 20.10^6 °C'yi bulmaktadır. Yüzey sıcaklığı ise 6000°C'dir. Bu yüksek sıcaklık nedeniyle elektronlar, atom çekirdeklerinden ayrılırlar. Bu sebeple, güneşte atom ve molekül yerine elektronlar ve atom çekirdekleri bulunur. Bu karışıma 'plazma' adı verilir. Bu sıcaklıkta, hafif elementlerin çekirdeklerini oluştururlar. Dört hidrojen çekirdeği bir helyum çekirdeği yapar. Birleşme çok yüksek sıcaklıkta olur. Füzyon adı verilen bu olay yüksek sıcaklıkta ve atom çekirdeği yardımıyla olduğundan 'Termonükleer Reaksiyon' adını alır. Güneşin merkezinde bir saniyede 564 milyon ton hidrojen, 560 milyon ton helyum'a dönüşmektedir. Aradaki 4 milyon fark, ısı ve ışık enerjisi halinde uzaya yayılmaktadır (www.eie.gov.tr).

Güneşte oluşan helyum miktarı, harcanan hidrojen miktarından daha azdır. Aradaki fark, güneşten ışın olarak çıkan enerjiyi verir (güneş radyasyonu). Bu enerji çeşitli dalga boylarında ışınlar halinde dünyaya ulaşır.

Güneşin bir saniyede ürettiği enerji miktarı, insanlığın şimdiye kadar kullandığı enerji miktarından fazladır. Dünya, güneşten gelen enerjinin sadece milyarda birini alır. Bu enerji 15 dakika depo edilebilse toplam dünya nüfusunun yıllık enerji ihtiyacı karşılanabilirdi.

Atmosfere gelen güneş radyasyonunun yaklaşık %17,5'i atmosferi ısıtmak için harcanır. Yaklaşık %35'i bulutlardan ve yerden yansiyarak tekrar uzaya döner. Güneşten gelen radyasyonun tümünü 100 birim kabul edersek atmosferi ısıtmak için harcanan ve yansiyarak uzaya dönen değerlerin toplamından sonra geriye 47,5 birim kalır ki bu miktar yer yüzüne düşmekte ve burada ısıya dönüşmektedir. Yeryüzüne gelen ortalama güneş radyasyonu değeri yaklaşık 270-540 kcal/m²h'dir. Birim yüzeye gelen radyasyon değerinin çeşitli nedenlerle daha az oluşu geniş kollektör yüzeyine ihtiyaç duyar ve bundan dolayı güneşli ısıtma sistemlerinin ilk kuruluş maliyeti, diğer ısıtma sistemlerine göre fazla olmaktadır. Fakat uygun bir dizayn ve verimli bir çalışma ile tesisler, kendini geri ödemektedirler.

2.1. Güneş Enerjisi Kullanımının Tarihsel Gelişimi ve Türkiye'deki Yeri

Gerçekte tüm enerji kaynakları güneşten türemiştir. Günümüzde yaygın olarak kullanılan fosil yakıtlar, yüzyıllar önce güneşten aldığı enerji sayesinde başkalaşıma uğrayarak bugünkü kullanılır şekle gelmişlerdir. Fosil yakıtların çok yakın gelecekte de bitmeleri söz konusudur. Bu nedenle enerji ihtiyacımızın çok büyük bir kısmını başka enerji kaynaklarından mümkün olduğunca kısa sürede elde etmeye başlamalıyız. Bu enerji kaynaklarının en önemli ikisi de nükleer enerji ve güneş enerjisidir (www.obitet.gazi.edu.tr).

Nükleer enerjinin yüksek teknoloji ve maliyetinin olmasının yanı sıra insan sağlığı açısından çok büyük tehlike taşımaktadır. Bir kaza anında, çevre ve orada yaşayan canlılar üzerinde öldürücü etkisi olmaktadır. Bu yüzden güneş enerjisinin kullanımı ön plana çıkmaktadır.

Güneş enerjisinden istifade edebilmek için insanların yaptığı çalışmalar milat öncesi tarihlere dayanmaktadır. Kaynaklara göre ilk defa Sokrat (M.Ö.400) evlerin güney yönüne fazla pencere konularak güneş ışınımının içeri alınmasını belirtmiştir. Arşimed (M.Ö. 250) iç bükey aynalarla güneş ışınımını odaklayarak Sirakuza'yı kuşatan gemileri yakmıştır. Çalışmalar 1600'lü yıllarda Galile'nin merceği bulmasıyla gelişme göstermiştir. İlk olarak 1725 yılında Belidor tarafından güneş enerjisi ile çalışan bir su pompası geliştirilmiştir. Fransız bilim adamı Mohuchok 1860'da parabolik aynalar yardımıyla güneş ışınımını odaklayarak küçük bir buhar makinesi üzerinde çalışmış, güneş pompaları ve güneş ocakları üzerinde deney yapmıştır (www.obitet.gazi.edu.tr).

Birinci dünya savaşı esnasında petrolün önem kazanmasıyla güneş enerjisine yönelik çalışmalar azalmıştır. 1930 yılından itibaren ilgili çalışmalar artmışsa da fazla uygulama alanı bulamamış, çalışmalar araştırma kurumlarının dışına çıkamamıştır. Ancak 1960'lı yıllardaki global petrol krizinin ortaya çıkması insanları alternatif enerji kaynakları konusunda çalışma yapmaya itmiş öncelikli olarak çalışmalar, temiz ve masrafsız enerji kaynağı olan güneş enerjisi üzerinde yoğunlaşmıştır.

H. Buchberg ve J.R. Roulet adlı bilim adamları güneş kollektörü ve deposunu akuple bir sistem yaparak maliyetleri azaltmak için çalışmalar yapmışlardır. Kurdukları sistemin fiziki olarak yeterliliklerini incelemişlerdir. Y.Jaluria ve S.K.Gupta adlı bilim adamları güneş enerjisinin

depolama teknikleri üzerinde çalışmalar yapmışlardır. Normal bir çevre şartları altında depoda sirküle olan suyun depo içerisinde sıcaklık farkına neden olduğunu belirtmişlerdir. Bu yüzden deponun alt tabakasında daha soğuk, üst tabakasında ise daha sıcak su bulunmaktadır. Çalışmalar günümüzde de devam etmektedir.

Ülkemiz coğrafi konumu nedeni ile yenilebilir enerji kaynakları arasında güneş enerjisi yönünden oldukça şanslıdır. Ortalama olarak güneşten sağlanan enerji, yıllık 36.10^6 taş kömürüne eşdeğer enerji sağlayabilecek potansiyele sahiptir. Yılda 2640 saat güneş alan yurdumuzda, ortalama güneş enerjisi miktarı 290 W/m^2 arasındadır (Arınç, 2005). Ülkemizde güneş enerjisinden faydalanarak sıcak su ihtiyaçlarını gideren ev örnekleri, güney sahillerinde bol miktarda mevcuttur. Güneş enerjisi ile konut ısıtması, konut soğutması, sıcak su temini, sera ısıtması, elektrik enerjisi üretimi, yüzme havuzu ısıtması ve endüstrinin sıcak su gereksinimi karşılanabilmektedir.

Güneş enerjisini elektrik enerjisine fotovoltaik yada güneş pilleri direkt olarak çevirirler. Güneş pilleri arıza yapmadan uzun süre çalışabilirler. Özellikle uzay programlarında direkt güç kaynağı olarak kullanılırlar. Güneş pillerinin en önemli dezavantajı sadece gündüz ve güneşi gördüklerinde çalışmalarıdır. Bundan dolayı güneşli zamanlarda elde edilen enerjinin depolanarak bulutlu günlerde kullanılabilmesi sağlanmaktadır. Güneş enerjisini elektriğe dönüştürmenin bir yolu da güneş enerjisi santralleridir. Güneş santrallerinde odaklamalı kolektörler kullanılmaktadır.

2.1.1. Güneş Enerjisinin Diğer Enerji Türleri İle Mukayesesi (www.obitet.gazi.edu.tr)

2.1.1.1. Güneş Enerjisinin Diğer Enerji Türlerine Göre Avantajları

- Her şeyden önce güneş, bol ve tükenmeyen enerji kaynağıdır.
- Temiz bir enerji türüdür; çevreyi kirletici, duman, gaz, karbonmonoksit, kükürt ve radyasyon gibi atıkları yoktur.
- Yerel uygulamalar için elverişlidir. Enerjiye ihtiyaç duyulan, hemen hemen her yerde güneş enerjisinden yararlanmak mümkündür. Bir çakmağın, bir saatin, bir hesap makinesinin veya bir deniz fenerinin, bir orman gözetleme kulesinin enerji ihtiyacı yerinde karşılanabilir.

- Dışa bağılı olmadığından, doğabilecek ekonomik bunalımdan bağımsızdır.
- Bir çok uygulaması için karmaşık teknolojiye gerek duyulmamaktadır. İşletme masrafları çok azdır.

2.1.1.2. Güneş Enerjisinin Diğer Enerji Türlerine Göre Dezavantajları

- Birim yüzeye gelen güneş ışınımı az olduğundan büyük yüzeylere ihtiyaç vardır.
- Güneş ışınımı sürekli olmadığından depolama gerekmektedir. Depolama imkanları ise sınırlıdır.
- Enerji ihtiyacının çok olduğu kış aylarında güneş ışınımı az ve geceleri de hiç yoktur.
- Güneş ışınımından faydalanan sistemin güneş ışığını sürekli alabilmesi için çevrenin açık olması, gölgelenmemesi gerekir.
- Güneş ışınımından yararlanılan bir çok tesisatın ilk yatırım maliyeti fazladır ve henüz bazıları ekonomik değildir.

2.2. Kollektörlerin Rolü

Güneş ışınımı ile bir akışkanın sıcaklığının artmasını sağlayan gereçlere güneş toplayıcıları yada güneş kollektörü denir. Basit anlamda, bir yüzeye düşen güneş ışınlarından bir kısmı yüzey tarafından yutulur ve akışkana iletim ve taşınım ile ısı geçişi olurken, dış yüzeyden de çevreye, yüzey sıcaklığına ve ısı taşınım katsayısına bağlı olarak taşınım ile ısı geçişi olur. Yutulan ışınım ile çevreye olan ısı kaybının farkı faydalanan güneş enerjisidir ve ısıtılmak istenen akışkana geçer.

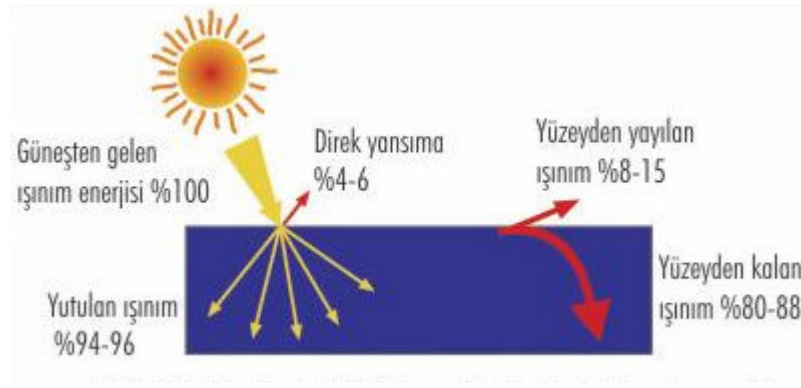
Kollektörler, içerisinde dolaştırılan akışkan cinsine göre de sıvılı ve havalı toplayıcılar olarak iki gruba ayrılabilir. Sıvılı toplayıcıların verimi havalı toplayıcılardan daha yüksek, imalatı daha kolay ve ucuzdur. Toplanan enerjinin depolanması için daha küçük hacim yeterlidir. Buna rağmen sıvının donma tehlikesi, korozyon ve sızdırma gibi problemler meydana gelebilir.

Güneş kollektörleri 3 grupta sınıflandırılırlar. Birinci grup düz yüzeyli kollektörler olup güneş ışığını odaklamazlar. Genellikle sabit olarak çalışırlar ve akışkan sıcaklıkları 95 °C'nin altındadır. İkinci grup odaklamalı kollektörlerdir. Güneş ışınlarını sürekli olarak bir odak noktasında toplarlar. Sadece direkt radyasyondan faydalanırlar. Yüksek sıcaklık temin edebilirler. Bunların

arasında hem düz yüzeyli hem de odaklamalı kollektörlerin özelliklerini taşıyan kollektörler üçüncü grubu oluşturur. Odaklamalı kollektörler kadar yüksek sıcaklık sağlayamazlar. Ancak sıcaklık bir hayli yüksektir (yaklaşık 175 °C). Her üç tipin de uygulama alanları farklıdır.

Konutların sıcak su ve ısıtma sistemlerinde, yüzme havuzlarının ısıtılmasında ve endüstri için gerekli sıcak su temininde düz toplayıcılar kullanılır.

2.2.1. Kollektör Yüzeyine Gelen Işınım



Şekil 2.1 Kollektör yüzeyine gelen güneş ışınımı (Isısan-Buderus 2003)

Güneşten gelen ışınımın bir kısmı direkt yansır (% 4-6), bir diğer kısmı yüzeyden yayılır (% 8-15), geri kalan kısım yüzeyden geçer (% 80-88). Güneşten gelen ışınım; kısa dalga boylu olup 0,1-0,3 μm arasındadır. Yüzeyden geçen ışınım içeri girdikten sonra uzun dalga boyuna dönüşür (1,0-10 μm). Artık güneş ışını buradan dışarı çıkamaz. Buna 'sera etkisi' denir. Bu ışınımın % 94 ile 96'sı absorbe edilir.

2.2.2. Kollektör Verimine Etki Eden Faktörler

Toplayıcıdan akışkana (Arıncı, 2005) geçen faydalı ısı Q_N (2.1) ifadesine göre bulunur.

$$Q_N = \left| Q_i \cdot \bar{k} \cdot \bar{\alpha} \cdot \bar{A} \right| - \left\{ \left| k \cdot (T_k - T_u) \right| + \left| \varepsilon \cdot \sigma \cdot (T_k^4 - T_u^4) \right| \right\} \quad (2.1)$$

$\left| Q_i \cdot \bar{k} \cdot \bar{\alpha} \cdot \bar{A} \right|$: Absorber levha tarafından yutulan ışı nım ısı s ısı.

$k \cdot (T_k - T_u)$: Kollektörden çevreye konveksiyon ve iletim yoluyla oluş an ısı kayb ısı.

$\varepsilon \cdot \sigma \cdot (T_k^4 - T_u^4)$: Kollektörden çevreye ışı nım yoluyla oluş an ısı kayb ısı.

Yukarıdaki ifade, ısı kazanc ısı nın absorber levha tarafından yutulan ışı nım ısı s ısı, ısı kayb ısı nın da kollektörden çevreye konveksiyon, iletim ve ışı nım yoluyla oluş tuğunu göstermektedir. Burada Q_i (W/m^2) eğik konumdaki kollektöre gelen ortalama güneş ışı nım ışı ddetinin büyüklüğünü (Bölüm 2.2.4.2), \bar{k} enerji kazancı katsayısını (Çizelge 2.1), $\bar{\alpha}$ absorpsiyon katsayısını (Çizelge 2.3), $\bar{\alpha} \cdot \bar{A}$ yutma katsayısı ile kayıp faktörü çarpımının büyüklüğünü, k (W/m^2K) kollektör toplam ısı transfer katsayısını, T_k ($^{\circ}C$) kollektör çalış ma sıcaklığını, T_u ($^{\circ}C$) çevre sıcaklığını, ε emisivite (neşretme) katsayısını (Çizelge 2.3) ve σ Boltzman sabitini ($5,67 \cdot 10^{-8} W/m^2K^4$) göstermektedir.

Verim, toplayıcıdan akışkana geçen faydalı ısı nın (Q_N) eğik konumdaki kollektöre gelen ortalama güneş ışı nım ışı ddetine (Q_i) oran ısıdır. Sırası ile aşağıdaki işlemler yapılarak (2.5) ifadesi bulunur.

$$\eta = \frac{Q_N}{Q_i} = (\bar{k} \cdot \bar{\alpha} \cdot \bar{A}) - \left(k \cdot \frac{T_k - T_u}{Q_i} + \varepsilon \cdot \sigma \cdot \frac{T_k^4 - T_u^4}{Q_i} \right) \quad (2.2)$$

$$\eta = \frac{Q_N}{Q_i} = (\bar{k} \cdot \bar{\alpha} \cdot \bar{A}) - \left(\frac{T_k - T_u}{Q_i} \cdot \left[k + \varepsilon \cdot \sigma \cdot (T_k^2 + T_u^2) \cdot (T_k + T_u) \right] \right) \quad (2.3)$$

$$k^* : k + \varepsilon \cdot \sigma \cdot (T_k^2 + T_u^2) \cdot (T_k + T_u) \quad (2.4)$$

$$\eta = \left| (\bar{k} \cdot (\alpha \cdot \bar{A})) - \left| k^* \cdot \left(\frac{T_k - T_u}{Q_i} \right) \right| \right| \quad (2.5)$$

Bu ifadeye göre (2.5) kolektör verimini artıran faktörler aşağıdaki gibi açıklanabilir. Çizelge 2.1’de ise Avrupa ortalama enleminde iki tabaka camla örtülü toplayıcıda \bar{k} enerji kazancı katsayısı gösterilmiştir.

- Kolektöre gelen ortalama (eğik düzlem) güneş ışınımı büyüklüğü fazla olması (Q_i)
- Yutma katsayısı ile kayıp faktörü çarpımının büyük olması ($\alpha \cdot \bar{A}$)
- Kolektör çalışma sıcaklığı ile çevre sıcaklığı farkının küçük olması ($T_k - T_u$)
- Enerji kazancı katsayısının büyük olması (\bar{k})
- Isı kaybı faktörünün küçük olması (k^*)

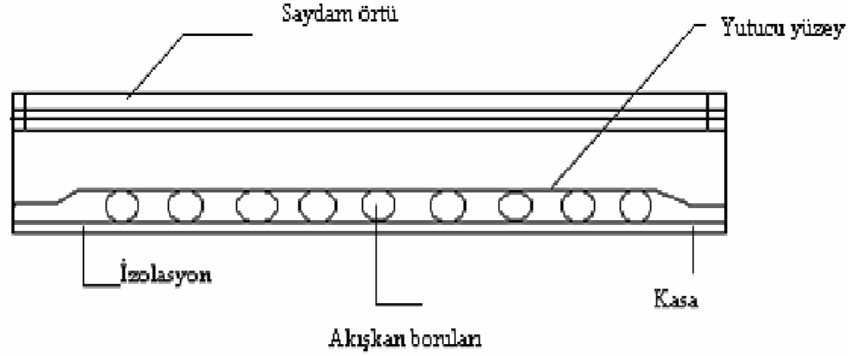
Çizelge 2.1 Avrupa ortalama enleminde iki tabaka camla örtülü toplayıcıda \bar{k} enerji kazancı katsayısı (Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung, 1977)

Mevsim	Toplayıcı Eğim Açısı	
	30°	70°
Haz.Tem.Ağus.	0,95	0,75
Ekim-Mart	0,75	0,88
Bütün Yıl	0,86	0,83

2.2.3. Düzlemsel Sıvılı Güneş Kolektörleri

Düzlemsel sıvılı güneş kolektörleri, güneş ışınımını ısı enerjisine dönüştüren en basit ve yaygın olarak kullanılan sistemlerdendir. Düzlemsel güneş kolektörlerinin yatay düzlem ve güneş ışınıyla yaptığı açılar, kolektörlerin boyutlandırılmasında önemli rol oynamaktadırlar (Arınç, 2005). Düzlemsel güneş kolektörleri Şekil 2.2’de görüldüğü gibi genel olarak saydam

örtü, enerjiyi toplayan yutucu yüzey, yutucu yüzeye entegre edilmiş taşıyıcı borular, yalıtım malzemesi ve kasadan ibarettir (www.solareks.com.tr).



Şekil 2.2 Düzlemsel kollektörlerin yapısı

2.2.3.1. Saydam Örtü

Kollektör örtüsü, taşınım ile çevreye olan ısı kaybını azaltmasının yanında kollektöre güneş ışınımının girişinin sağlanması ve yutucu yüzeyin yağmur, dolu ve toz gibi dış etkenlerden de korunması görevini de yerine getirir. Kullanılan saydam örtünün; kısa dalga boylu güneş ışınımını geçirme oranı büyük (ısı kazancı küçük), yutucu levhadan yayılan uzun dalga boylu güneş ışınımının dışarı çıkmaması için de uzun dalga boylu (Çizelge 2.2) ışınımını geçirme oranının küçük olması istenir. Ayrıca kullanılan örtü malzemesi yüksek geçirgenlik oranına sahip olmalı, yutma ve yansıtma oranları minimum tutulmalıdır. Kollektör örtüsü olarak genellikle cam veya plastik esaslı malzemeler kullanılmaktadır. Camın avantajı, optik ve mekanik özelliklerinin uzun dönem kararlılığıdır. Plastik malzemeler ise cama göre daha dayanıklı ve elastiktirler. Ancak çizilmeye ve aşınmaya karşı daha düşük dirençlidirler ve hava koşullarından çabuk etkilenebilirler (www.ezincmetal.com.tr).

Tek cam 4 mm kalınlığında, çift cam ise 3 mm kalınlığında olmalıdır. Cam, üzerine düşen güneş ışığının görülebilir kısmının %85-90'ını geçirir. Geriye kalan kısım, ışığın camdan geçişi sırasında cam tarafından absorbe edilir. Absorbe edilen ışık miktarı camın ihtiva ettiği demir

oksit (Fe_2O_3) oranına bağlıdır. Demir oranının artmasıyla absorbe edilen ışık miktarı da artar. Saydam plastikler cama göre dayanıklı ve elastiktirler. Ancak çizilmeye ve aşınmaya karşı relatif olarak daha düşük dirençlidirler ve hava koşullarına karşı dayanıksızdırlar. Don olayı yoksa genellikle tek cam kullanılır.

Çizelge 2.2 Kollektör örtü malzemelerinin özellikleri

Malzeme	Standart Kalınlık (mm)	Güneş ışını geçirgenliği (%)	Fe_2O_3 (%)
Pencere Camı	4	85	0,081
Düşük Demirli Cam	3	87	0,080
Su Beyazı Cam	3	90	0,016
Polyester katkılı fiberglas	1	87	-
Fleksiglas (akrilik)	3	89	-

Kollektör örtü malzemelerinin optik özelliklerinin dışında mekanik özellikleri de test edilebilir. Dolu hasarı ve kar yüküne direnci belirlenmelidir. Yüksek miktarda kar yağışının olduğu bölgelerde minimum eğim 30° 'lik eğim açısı tavsiye edilir. Kar, yüksek eğim açısı ile kollektörün üzerinden atılabilir.

Gelen güneş ışınımının bir fonksiyonu olan yansımaya, geçirgenlik ve yutma değerleri örtü malzemesinin kalınlığına, kırılma indisine ve azaltma katsayısına bağlı olarak değişir. Güneş ışınımı kollektör örtüsü üzerine düştüğü zaman yüzey tarafından bir kısmı yansıtılır, bir kısmı yutulur ve büyük bir kısmı geçirilir.

2.2.3.2. Yutucu Yüzey

Güneş kolektörlerinin en önemli kısmını yutucu yüzey oluşturmaktadır. Kolektörün verimi yutucu yüzey kaplamasına, geometrisine ve yüzey için seçilen malzemenin özelliğine bağlı olarak değişir. Bu yüzey, sıvılı düzlemsel güneş kolektörlerinde bakır, alüminyum, paslanmaz çelik, sac, plastik vb. ısı iletkenliği uygun herhangi bir malzemededen imal edilebilir. Akışkan kanalları roll-bond, ekstrüzyon, presleme veya benzeri işlemlerden biri ile doğrudan plaka içinde, üstünde ve altında meydana getirilebilir.

Güneş kolektörlerinin verimini arttıran en önemli parametre yutucu yüzeye uygulanan kaplamanın özelliğidir. Yutucu yüzey kaplamaların görevi, mümkün olduğu kadar ışını yutması ve ısıya dönüştürmesidir. Yutucu yüzey kaplaması olarak siyah mat boya ve seçici yüzey kaplamaları kullanılır. Siyah mat boyanın güneş ışınını yutma miktarı (%90-98) yüksektir. Buna karşılık yayıcılığı da çok yüksek (%85-92) boyutlardadır. Siyah boya olarak genellikle polyester, akrilik ve epoksi reçine esaslı mat boyalar kullanılır. Mat siyah boyalarda kullanılan dolgu malzemeleri ve bağlayıcılardaki organik kökler, yüzeyin seçici özelliklerini tahrip etmektedir. Dolayısıyla boyalar, yalnızca atmosferik şartlara karşı koruyucu olmaktadır.

Yutucu yüzey kaplamaları olarak seçici yüzeyler de kullanılır. Seçici yüzeyler, kısa dalga boylu ışınımın tamamına yakını tutar, buna karşılık uzun dalga boylu ışınımın yayıcılığını en aza indirir. Bu şekilde planın sıcaklığı arttırılarak akışkana daha fazla ısı iletimi sağlanır. Seçici yüzeyler sıcaklık yükselmesinde daha az ışınım yayarlar, dolayısıyla kolektör verimi yüksektir. Seçici yüzeyleri hazırlamak için, kimyasal buhar depozisyonu, metal spreylili kimyasal oksidasyon ve elektroliz gibi çeşitli teknikler kullanılır. Bu teknikler arasında elektroliz işlemi, gerek basit gerekse ekonomik olması nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır.

2.2.3.3. İzolasyon Tabakası

İzolasyon malzemesi olarak cam yünü, taş yünü, poliüretan köpük veya levha kullanılır. Cam yünü veya taş yünü kullanılması durumunda dış gaz akımı incelenmelidir. Mineral yünlerin bağlayıcı malzemelerinden çıkan gazlar, gereken tedbir alınmazsa saydam örtüye birikebilir. Kasanın yan yüzeyleri ve arasındaki yalıtım, cam yünü ise sırasıyla 20-50 mm ve 50-100 mm,

poliüretan levha ise 8,5 cm, poliüretan köpük ise en az 9,5 cm alınmalıdır. Ayrıca yutucu plaka ile arka yalıtım arasında 1-2 cm boşluk bırakılarak yalıtım yutucu plakaya bakan kısmı alüminyum folyo ile kaplanarak uzun dalga boylu ışınların plakaya dönüşü ve yalıtımın sızdırmazlığı sağlanmalıdır.

Çizelge 2.3 Bazı yutucu plakaların (absorber) yutma (α) ve neşretme (ϵ) katsayıları ile (α / ϵ) oranları (Tübitak-MAE)

Sıra	Yutucu Plaka Kaplaması	α	ϵ	α / ϵ
1	Akma demir üzerine galvanizli nikel, galvanizli nikel üzerine nikel karası	0,94	0,07	13,47
2	Alüminyum üzerine bakır oksit	0,93	0,11	8,45
3	Parlatılmış nikel üzerine nikel karası	0,91	0,11	8,27
4	Galvanizli sac üzerine nikel karası	0,89	0,12	7,41
5	Paslanmaz çeliğin 425°C'de sodyum dikromat eriyiğine daldırılıp 5 dakika beklenmesiyle yapılan kaplama	0,90	0,15	6,00
6	Emaye üzerine kalay oksit	0,92	0,17	5,41
7	Bakır üzerine bakıroksit	0,89	0,17	5,23
8	Nikel üzerine bakıroksir	0,81	0,17	4,76
9	Alüminyum üzerine kurşun sülfür kristalleri	0,89	0,20	4,45
10	Sac üzerine siyah emaye boya	0,97	0,97	1,00
11	Sac üzerine katran boyası	0,86	0,86	1,00
12	Sac üzerine is karası boyası	0,95	0,95	1,00

2.2.3.4. Kollektör Kasası

Kollektör kasası olarak alüminyum, paslanmaz çelik, galvanize çelik, plastik ve tahta gibi değişik malzemeler kullanılmaktadır. Kullanılan malzemeye göre gövde tasarımı değişiklik gösterir. Birçok modül kollektör, ekstrüze alüminyum profilden yapılmıştır. Ekstrüze alüminyum profil hafiftir. Modül boyutlarında mümkün olan en yüksek esnekliğe sahiptir. Daha karmaşık şekiller profile entegre edilebilir. Maliyetleri de oldukça düşüktür. Galvanize veya paslanmaz çelik uygulamalı gövdelerin kullanımı ile ağırlığı oldukça yüksek kasalar elde edilmektedir. Kasa, yalıtkanın ıslanmasını önleyebilecek sızdırmazlıkta olmalıdır. Özellikle kollektör giriş ve çıkışlarında kasanın tam sızdırmazlığı sağlanmalıdır. Yapımında kullanılan malzemelerin ısıl genleşmeleri dikkate alınarak boyutlandırılmalıdır.

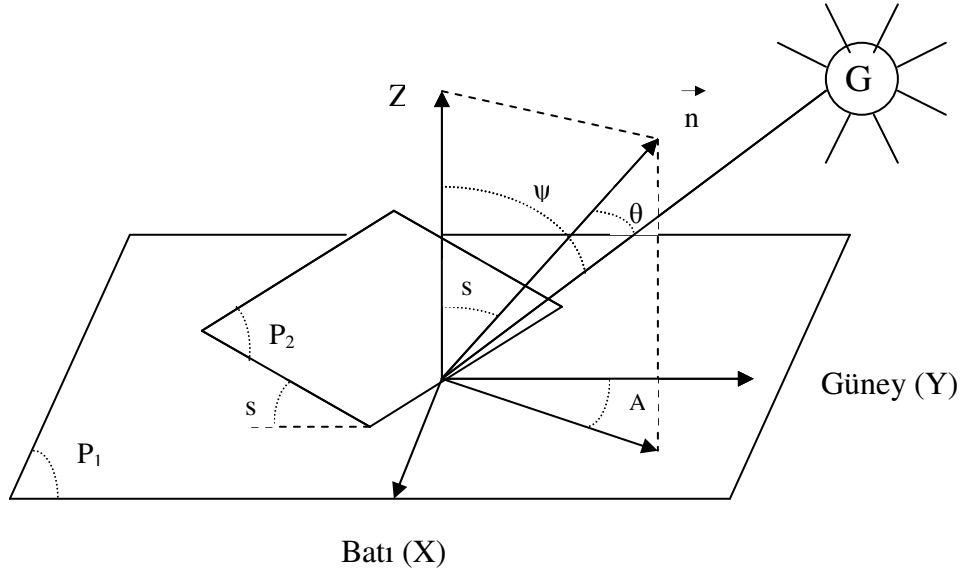
2.2.3.5. Akışkan Boruları

Kollektör üzerine gelen güneş ışınımının bir kısmı saydam örtüden yansır, bir kısmı yutulur ve geri kalan kısmı yutucu yüzeye ulaşır. Yutucu yüzeye gelen enerjinin, bir kısmı ısı taşıyıcı akışkana geçerken (faydalı ısı) bir kısmı toplayıcıda depolanır, geri kalan kısmı ışınım, taşınım ve iletimle çevreye gider. Isı taşıyıcı akışkan, yutucu yüzey ile izolasyon malzeme arasında bulunan borulardan geçer. Borular genel olarak paslanmayan metal alaşımlardır. Uygulamada daha çok ısı iletim katsayısı yüksek olan metaller kullanılır. Yaygın olarak bakır, paslanmaz çelik ve alüminyum borular tercih edilir.

2.2.4. Düzlemsel Sıvılı Kollektörlerin Yatay Düzlem ve Güneş Işınıyla Yaptığı Açılar

Şekil 2.3'de P_1 yatay düzlemi, P_2 eğik konumdaki kollektör düzlemini, S kollektör düzleminin yatay düzlemle yaptığı açığı, X batı yönü eksenini, Y güney yönü eksenini, Z başucu (zenit) eksenini, ψ başucu (zenit) açısı yada güneş ışınımının başucu eksenine yaptığı açığı göstermektedir. Zenit açısı kışın büyürken yazın küçülür.

Güneş geliş açısı yada güneş ışınıyla normal vektörün arasındaki açı θ ile ifade edilmiştir. A ise kollektör düzlemi (Çizelge 2.4) azimut açısı yada kollektör düzleminin tam güneyden doğu yada batıya sapma açısıdır (Arıncı, 2005).

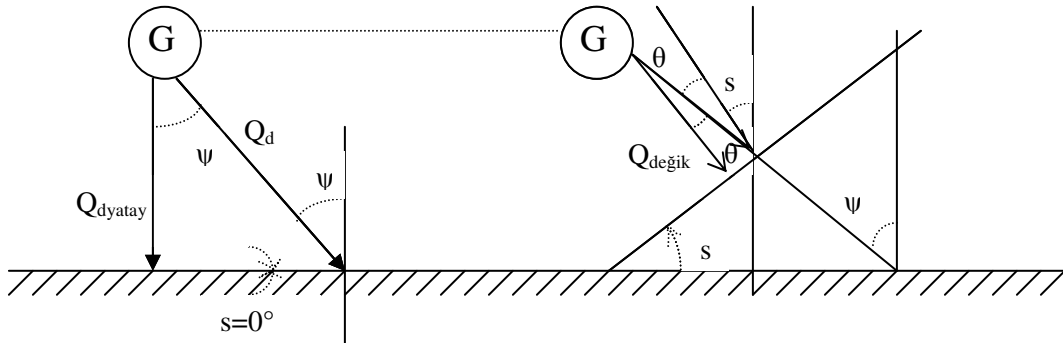


Şekil 2.3 Düzlemsel sıvılı kollektörlerin yatay düzlem ve güneş ışınıyla yaptığı açılar

Çizelge 2.4 36-42° kuzey enlem aralığında kollektör azimutuna göre A düzeltme faktörü

Enlem	A
36°	0,97
38°	0,96
40°	0,94
42°	0,92

2.2.4.1. R Dönüşüm Faktörünün Çıkarılması



Şekil 2.4 Eğik düzlemin bulunması ve R dönüşüm faktörünün çıkarılması

$$Q_{dyatay} = Q_d \cdot \cos \psi$$

$$Q_{degik} = Q_d \cdot \cos \theta$$

$$R = \frac{Q_{degik}}{Q_{dyatay}} = \frac{\cos \theta}{\cos \psi} = \frac{\cos(\psi - s)}{\cos \psi} \quad (2.6)$$

2.2.4.2. Eğik Konumdaki Toplayıcı Düzlemine Gelen Toplam Güneş Işınımının Bulunması

$$Q_i = Q_{t_{yatay}} \cdot R \quad [\text{kcal/m}^2\text{gün}] \quad (2.7)$$

Burada $Q_{t_{yatay}}$ (Çizelge 2.5) ile yatay konumda kollektör düzlemine gelen toplam ışınım sembolize edilmektedir. Eğik düzlemde kollektör düzlemine gelen ışınım ise $Q_{t_{yatay}}$ ile R dönüşüm faktörünün (Çizelge 2.6) çarpımıyla bulunur.

Çizelge 2.5 Yatay düzleme gelen toplam güneş ışınımı $Q_{t_{yatay}}$ ($\text{kcal/m}^2\text{gün}$) ortalama değerleri

İstasyon	Enlem	Haz.Tem.Ağus.	Ekim-Mart	Bütün Yıl
Ankara	36°59'	4890	2103	3255
Adana	39°57'	4793	1867	3085
Antalya	36°53'	4817	2163	3279
Bursa	40°11'	4313	1598	2696
Diyarbakır	37°55'	5267	2142	3432
Erzurum	39°55'	4757	2020	3178
İstanbul (Florya)	40°59'	4480	1570	2774
Gaziantep	37°05'	5053	2218	3407
İzmir	38°24'	4717	1912	3089
Kayseri	38°43'	4733	1972	3116
Konya	37°52'	4613	2038	3122
Trabzon	41°00'	3477	1560	2385

Çizelge 2.6 Enleme, mevsime ve toplayıcı eğim açısına göre R faktörleri

Enlem	Mevsim	Ψ (°)	S			
			15°	30°	45°	60°
36°	Haz.-Ağus.	19,12	1,056	1,039	0,952	0,800
	Bütün Yıl	36,00	1,154	1,229	1,221	1,129
38°	Haz.-Ağus.	20,00	1,060	1,059	0,964	0,815
	Bütün Yıl	38,00	1,168	1,257	1,260	1,177
40°	Haz.-Ağus.	22,84	1,075	1,077	1,005	0,865
	Bütün Yıl	40,00	1,183	1,286	1,301	1,227
42°	Haz.-Ağus.	24,28	1,083	1,092	1,026	0,891
	Bütün Yıl	42,00	1,199	1,316	1,344	1,280

2.2.4.3. Kollektör Eğim Açısının Bulunması

Ampirik olarak en uygun kollektör eğim açıları şöyle alınabilir (Arınç, 2005)

Haziran, Temmuz, Ağustos için; $S = \text{Enlem} - 20^\circ$

Bütün yıl için; $S = \text{Enlem} \times 0,9$

Çizelge 2.7 En çok güneş ışınlamı alan kollektör eğim açıları (Arınç, 2005)

Enlem	Mevsim	
	Haz.-Tem.-Ağus.	Bütün Yıl
36°	15°	33°
38°	17°	34°
40°	18,5°	36°
42°	20°	38°

2.3. Güneş Kollektör Alanının Bulunması

$$A_c = \frac{Q_r}{\eta \cdot Q_i \cdot A} [\text{m}^2] \quad (2.8)$$

Burada Q_r (kW) gerekli ısı ihtiyacını, Q_i (kW/m²) eğik düzleme gelen güneş ışınımını ve A azimut açısı faktörünü göstermektedir.

$$\eta = \eta_c \cdot \eta_e \cdot \eta_m \quad (2.9)$$

Burada η güneş enerjisi sistemi verimi, η_c kollektör verimi, η_e eşanjör verimi ve η_m tesisat verimidir.

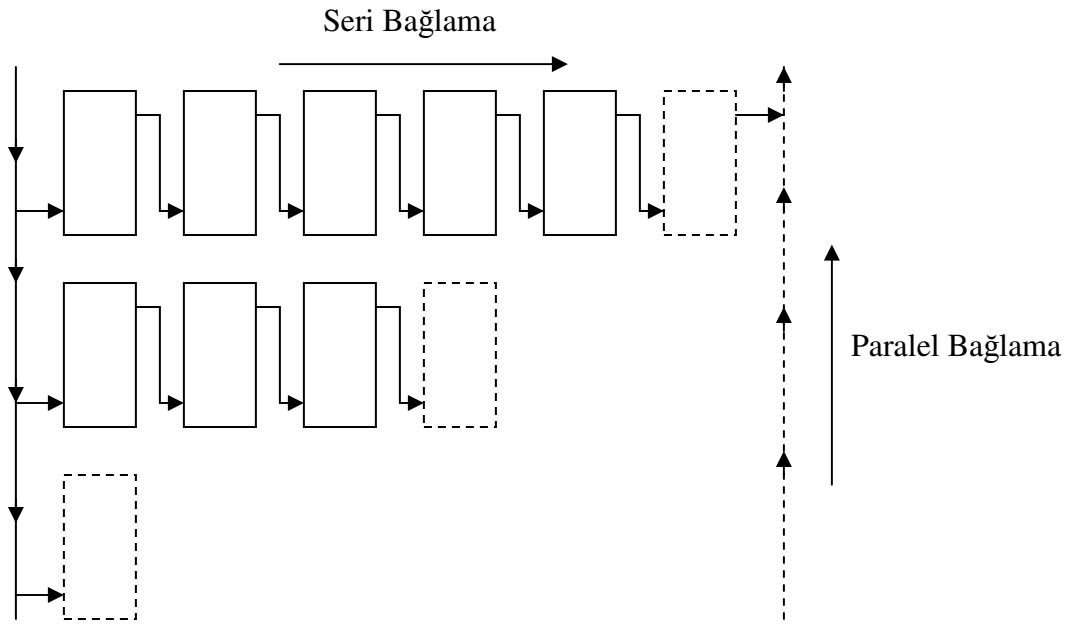
2.3.1. Kollektör Boyutlarının Belirlenmesinde Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

Bu hususlar aşağıdaki gibidir (Cassiday, 1977; Iso/Tr 12596).

- a) İstenilen havuz suyu sıcaklığı ve bu sıcaklığın sürdürülüp sürdürülemeyeceği,
- b) Yüzme sezonunun uzunluğu,
- c) Ek enerji kaynaklarının olup olmadığı,
- d) İklimsel veriler,
 - Kollektörlerin bulunduğu yerin veya havuzun gölgelenme durumu,
 - Kollektörlerin eğimi ve yönü,
 - Havuzun su ile temas eden yüzeylerinin rengi,
 - Kollektör ve havuz için rüzgar siperlerinin kullanılıp kullanılmayacağı,
 - Kollektörlerin bulunduğu ortamın ve çevrenin durumu,
- e) Sistemle ilgili veriler,
 - Kollektör tipi,
 - Pompalama tertibatıdır.

2.4. Düzlemsel Sıvılı Kollektörlerin Seri ve Paralel Bağlanması

Düzlemsel sıvılı güneş kollektörleri tek başlarına kullanılabilceği gibi seri ve/veya paralel bağlı olarak da kullanılabilir. Seri bağlamada akışkanın sıcaklığının fazla olması, paralel bağlamada ise akışkanın debisinin fazla olması istenir. Seri ve paralel bağlı sıvılı düzlemsel güneş kollektörleri ile 120°C'ye kadar sıcak su elde edilebilir ve bu sıcak su da konutların ve endüstrinin sıcak su gereksiniminin tamamını veya bir bölümünü sağlayabilir (Günerhan, 1997; Arınç, 2005).



Şekil 2.5 Seri ve paralel bağlı güneş kollektörleri

2.5. Güneş Enerjisi Destekli Kapalı Olimpik Yüzme Havuzlarının Isıtılması

Günümüzde tatil beldelerindeki otel, motel, yazlık kooperatif siteleri, vb. yerler ile olimpik yüzme havuzlarının ısıtılmalarında çeşitli sistemler kullanılmaktadır. Sportif amaçlı havuzların özellikle kış, ilkbahar ve sonbahar aylarında ısıtılmasına gerek duyulabilir. Yüzme havuzlarının ısıtılmasında çeşitli kaynaklardan sağlanan enerji tüketimi, kullanıcıların önemli miktarlarda masrafla karşı karşıya gelmelerine neden olabilir. Bu bakımdan yüzme havuzlarının güneş enerjisi ile ısıtılması cazip olmaktadır.

Yüzme havuzlarının güneş enerjisi ile ısıtılmasında iki yaklaşım söz konusudur. Bunlardan birisi, havuz suyunun (açık yüzme havuzlarında) bir örtü ile kapatılması ve bu örtünün kollektör gibi görev yaparak suyu ısıtması, diğeri de suyun ısıtılmasında ayrı kollektörler kullanılmasıdır. Ek 3’de bir kapalı olimpik yüzme havuzu için güneş enerjisi uygulaması görülmektedir. Kullanma amaçlarına göre tavsiye edilen havuz suyu sıcaklıkları Çizelge 2.8’de verilmiştir.

Çizelge 2.8 Çeşitli kullanma amaçlarına göre tavsiye edilen havuz suyu sıcaklıkları (Özyaman, 2004)

Havuz Tipi	Su Sıcaklığı (°C)
Soğuk Su Şok Havuzları	14 - 16 °C
Eğlence Havuzları	22 - 24 °C
Spor ve Eğitim Havuzları	26 – 28 °C
Çocuk Havuzları	26 - 32 °C
Masaj Havuzları	32 – 38 °C
Terapi Havuzları	35 – 37 °C

Yüzme havuzu ısıtılmadan önce, ısı kayıplarını minimuma çekme yolları araştırılmalıdır. Özellikle açık havuzların ısıtılması kapı ve penceresi olmayan bir evin ısıtılması gibidir. Bunun için açık havuzlarda, havuz örtüsü kullanılmalıdır.

Kapalı yüzme havuzları ise pasif şekilde ısıtılamadığından dolayı kollektör ile ısıtılması gerekir. Kapalı yüzme havuzları, açık yüzme havuzlarına göre hem daha az ısı kaybeder hem de temizlenmesi ve bakımı daha kolay olur.

2.5.1. Direkt Isıtma Sistemleri

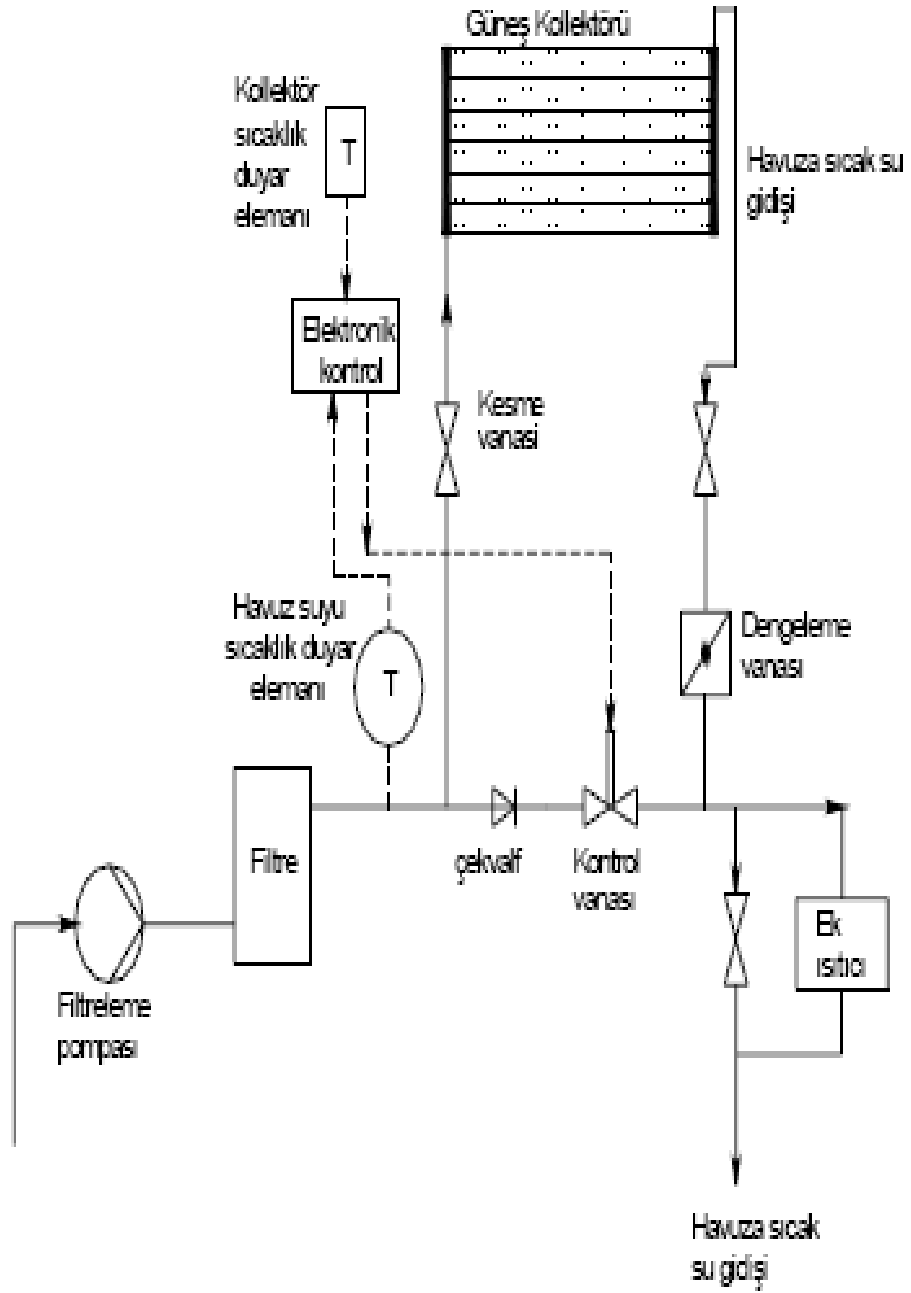
Direkt sistemlerde; ısıtılmak istenilen havuz suyunun, güneş kollektörlerinde dolaşımı yaptırılır. Sistemin tamamı korozif özellikte olan havuz suyunun etkisindedir. Havuz suyuna mikrobik etkilere karşı klor veya diğeri kimyasal sıvılar verileceğinden, bu sistemlerde kullanılacak malzeme paslanmaz olmalıdır (Öz ve Menlik, 2005).

Bazı krom nikel çelikler hariç direkt sistemlerde metal malzeme kullanılmamalıdır. Metal malzemenin sebep olacağı pas, havuz duvarlarında ve döşemelerinde lekeler meydana getirebilir. Bu nedenle, bu sistemlerde kullanılan malzeme etilen, propilen, kauçuk ve polivinil klorür ihtiva etmelidir. Direkt sistemlerde mevcut havuz pompası, suyun kollektörlerde dolaşımını da sağlayabilir. Böylece, kollektör devresi için ayrı bir pompa kullanılmamış olur. Şekil 2.6'da bu tür bir bağlantı şeması verilmiştir.

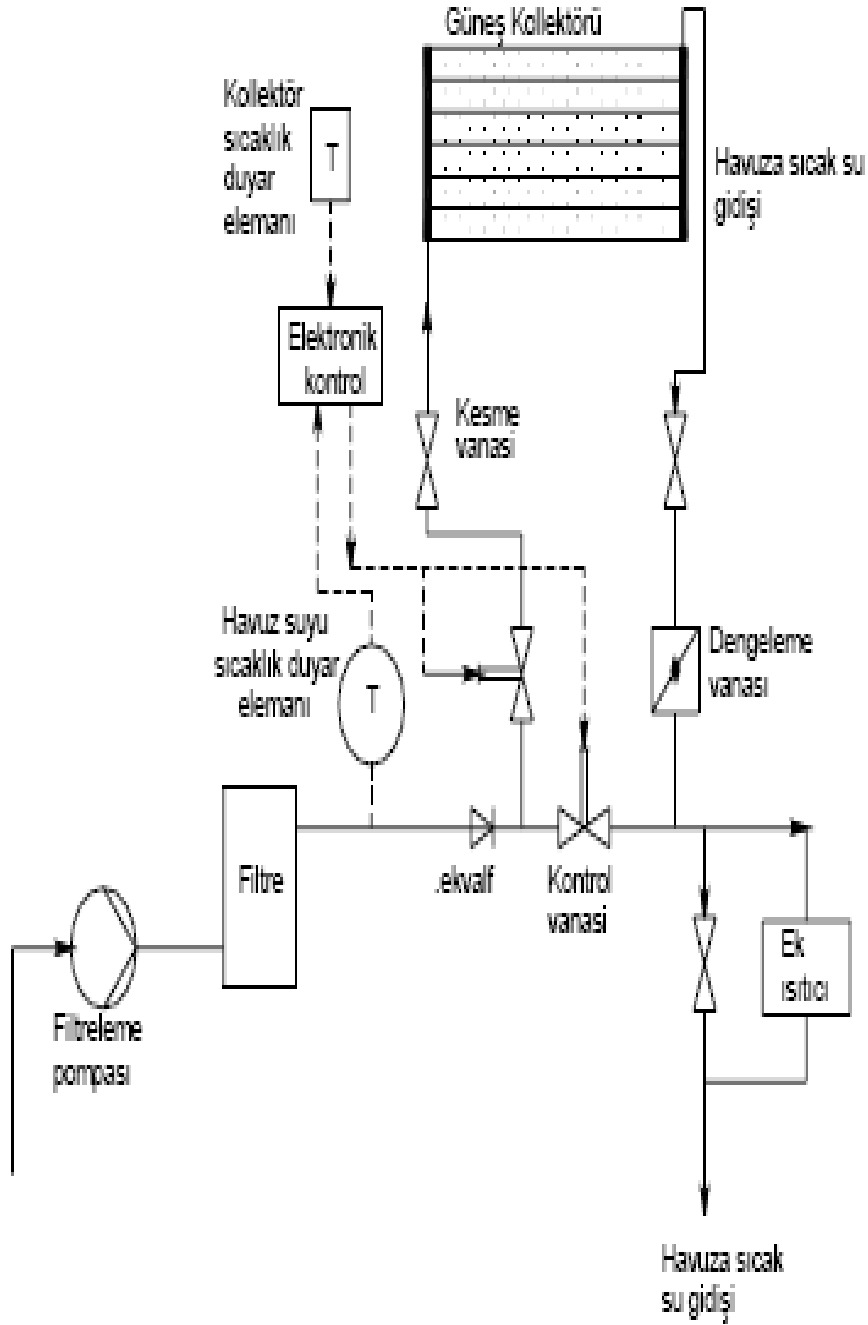
Şekilde görüldüğü gibi, havuz suyunun filtrelenmesi için kullanılan mevcut havuz pompası aynı zamanda havuz suyunun ısıtılması için kollektörlerde de dolaşım sağlar. Suyun kollektörlerden ya da kollektörlere gitmeden havuzdan havuza dolaşım yapabilmesi kontrol vanası yardımıyla olmaktadır. Kontrol vanasının görevi, havuz suyunun yeteri kadar ısınması durumunda havuz suyu sıcaklık duyar elemanından aldığı sinyal ile açılarak filtreden geçen suyun güneş kollektörlerine gitmeden doğrudan havuza dönmesini sağlamaktır. Havuz su sıcaklığı ayarlanan değerin altına düştüğünde kontrol vanası kapanarak suyun kollektörden dolaşım yapmasıyla ısınması sağlanır. Bu tip direkt bağlantıda kollektörlerin, havuz seviyesi üzerinde olması gerekir. Aksi halde, yani kollektörlerin havuz seviyesinde ya da havuz seviyesinin altında olması durumunda kontrol vanası açık olduğundan suyun kollektörlerden de dolaşım yapması, başka bir ifade ile havuz suyunun sürekli ısınması söz konusu olabilir.

Güneş enerjisinin yetersiz olduğu durumlarda havuz suyunun ısıtılması ek ısıtıcı kaynağı ile yapılabilir. Şekil 2.7'de yine havuz pompasının kullanıldığı ancak iki adet kontrol vanasının görev yaptığı direkt ısıtma sistemi bağlantı şeması görülmektedir.

Bu sistem, kollektör devresindeki akış direncinin az olduğu başka bir ifade ile bundan önceki bağlantı şeklinde kontrol vanasının açık olduğu durumlarda suyun bir miktarının kollektörden dolaşarak havuza ısınmış olarak gidebileceği böylece havuz suyu sıcaklığının ayarlanan değerin üstüne çıkabileceği durumda kullanılır. Havuz suyu sıcaklığı istenilen değere ulaştığında, pompanın bastığı filtreden geçen suyun tamamı havuza gider. Bu işlem, filtreden sonra güneş kollektörlerine giden hat üzerindeki kontrol vanasının kapanması ile gerçekleşir. Kontrol vanalarının birisi açık konumda iken diğeri kapalı konumdadır. Kontrol vanalarının açılıp kapanması, kollektör sıcaklık duyar elemanı ile havuz suyu sıcaklık duyar elemanı tarafından sağlanır.



Şekil 2.6 Mevcut havuz dolaşım pompasının kullanıldığı tek kontrol vanalı direkt ısıtma sistemi (Iso/Tr 12596)



Şekil 2.7 Mevcut havuz dolaşım pompasının kullanıldığı
iki kontrol vanalı direkt ısıtma sistemi (Iso/Tr 12596)

Kollektörler üzerine güneş enerjisi geldiğinde, kollektörlerdeki sıcaklığı algılayan kollektör sıcaklık duyar elemanının kontrol paneline sinyal göndermesi ve havuz suyu sıcaklık duyar

elemanın havuz suyunun ayarlanan sıcaklık değerinin altında olduğunu algılayarak kontrol paneline sinyal göndermesi sonucu, kollektör hattı üzerindeki kontrol vanası açılıp havuz hattı üzerindeki kontrol vanası kapanır. Bu durumda suyun kollektörler üzerinden ısınmış olarak havuza gitmesi sağlanmış olur. Kollektördeki sıcaklık ile havuz suyu sıcaklığı arasındaki sıcaklık farkı azaldığında (fark aralığı), başka bir deyişle, havuz suyunun yeterli sıcaklığa gelmesiyle, suyun kollektörden dolaşımı, kollektör hattı üzerindeki kontrol vanasının kapanmasıyla, engellenir. Bu durumda pompanın, suyu havuzdan havuza dolaşım yaptırması söz konusudur.

Bu sistem kollektörlerin havuz seviyesinin altında olduğu durumlarda da kullanılabilir. Sistemde kullanılan iki adet kontrol vanası yerine, monte edilebilecek bir adet üç yollu vana kullanılabilir.

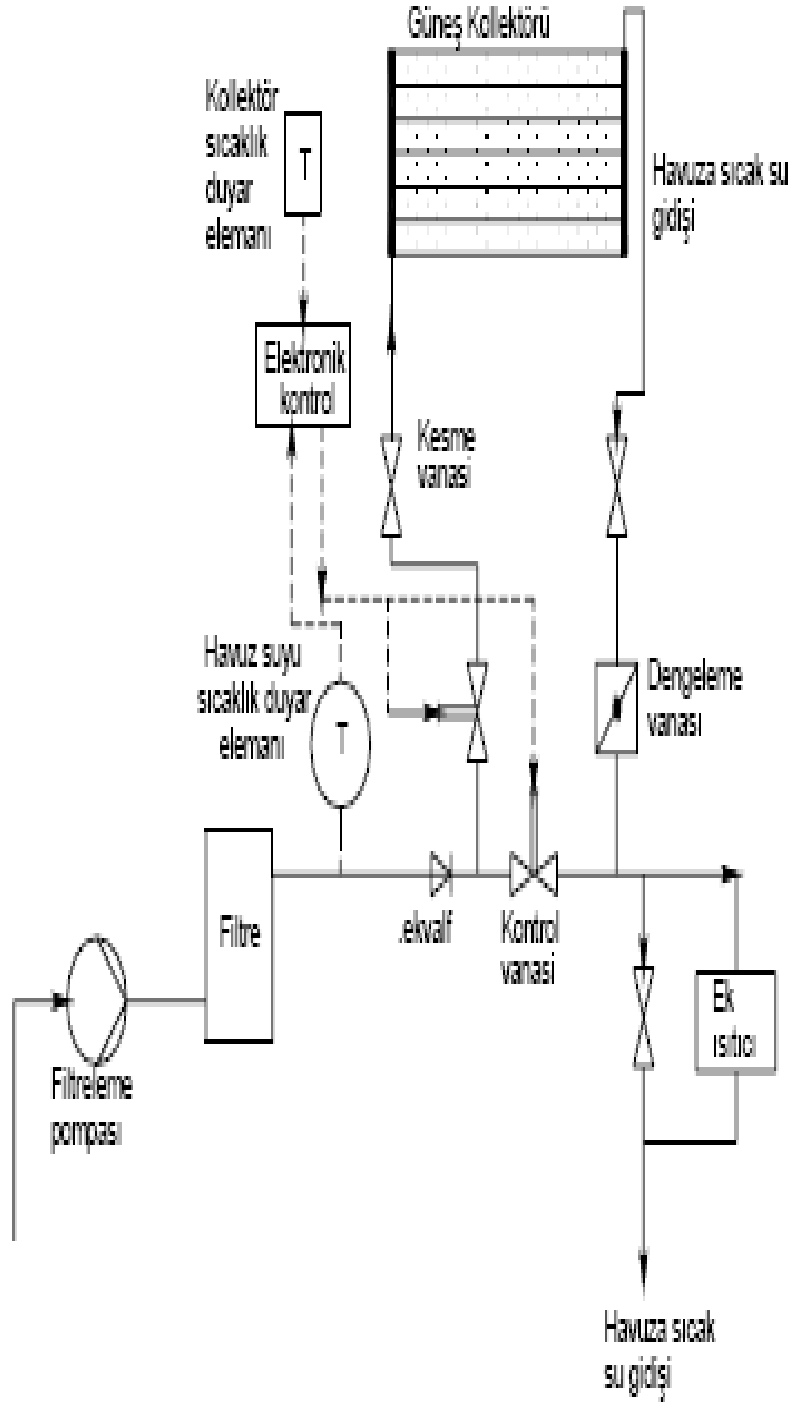
Aşağıda belirtilen durumlarda, (Iso/Tr 12596) güneşli devre için ayrı bir dolaşım pompası kullanmak gerekir.

- Kollektör yüzeyi 100 m^2 den fazla ise,
- Havuz filtreleme pompasının, suyu kollektör devresinde dolaşım yaptırabilecek debi ve basınç değerlerini karşılamaması halinde.

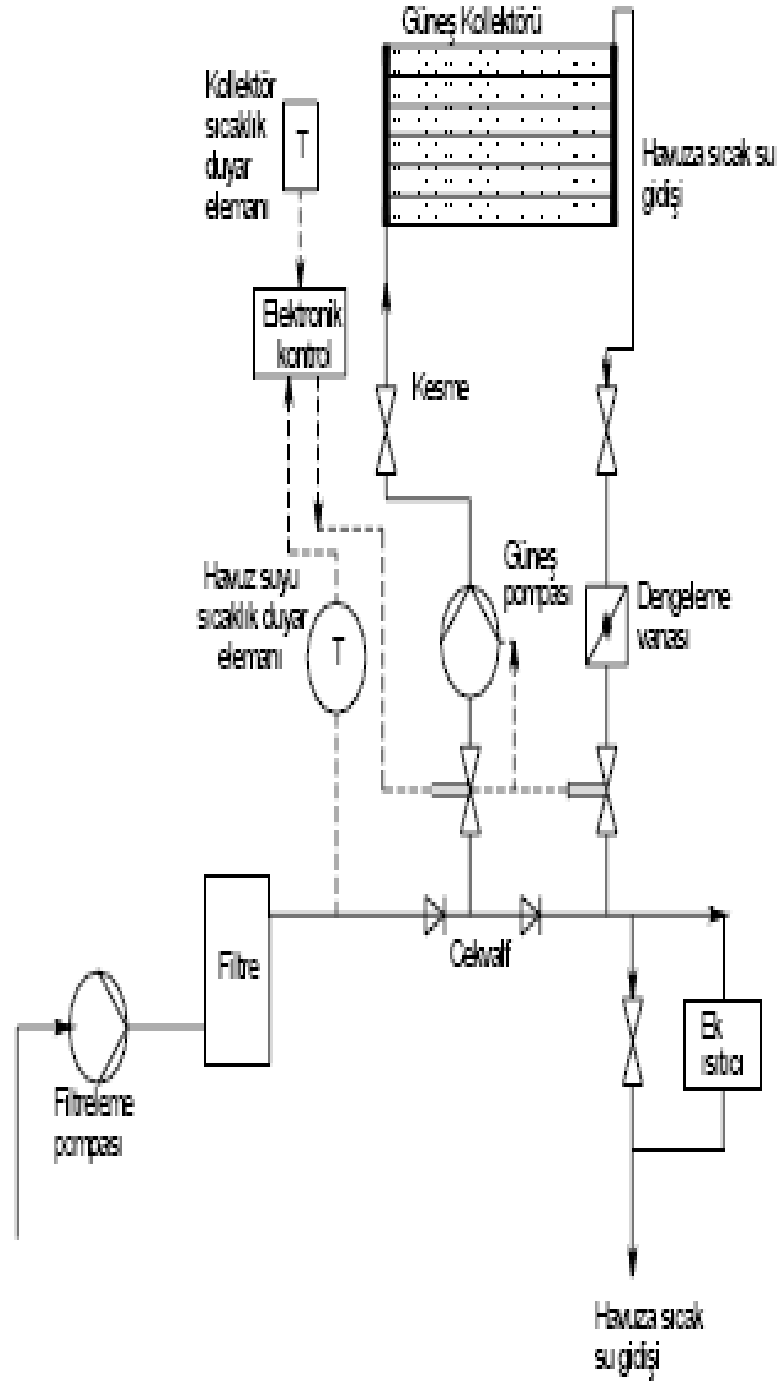
Filtreleme devresindeki pompadan ayrı bir pompa kullanılmasına ilişkin bağlantı örnekleri, Şekil 2.8 ve Şekil 2.9'da görülmektedir.

Şekil 2.8'deki sistemde kollektör sıcaklık duyar elemanı, kollektörlerdeki sıcaklığın yükselmesiyle, kollektör devresindeki pompayı çalıştırıp, suyun kollektörlerde ısınarak havuza gitmesini sağlar.

Havuz suyu sıcaklık duyar elemanı ile kollektör sıcaklık duyar elemanı, ayarlandıkları sıcaklık aralığına bağlı olarak kollektör devresindeki pompayı devreye sokar veya devreden çıkarırlar. Havuz suyu sıcaklığı ile kollektör sıcaklığı arasındaki fark artarsa (bu durum kollektörlerin güneş enerjisi görerek ısındığını ifade eder) pompa çalışır, fark azalır (bu durum kollektörlerin güneş enerjisi alamadığından soğuduğunu ifade eder) pompa çalışmaz.



Şekil 2.8 Güneş kolektörleri devresinde ayrı bir pompa kullanılan direkt ısıtma sistemi
(Iso/Tr 12596)



Şekil 2.9 Güneş kolektörleri devresinde ayrı bir pompa ve kontrol vanaları kullanılan direkt ısıtma sistemi (Iso/Tr 12596)

Şekil 2.8'deki sistemdeki çek valfler, kollektör devresi pompa bağlantısının sağ tarafında olan, güneş kollektörlerinde ısınarak havuza giden suyun, kollektör devresi pompası ile tekrar emilmesini önlerken, sol tarafta olan pompalar çalışmadığında, suyu filtreden tersine dolaşım yapmasıyla, filtrede biriken tortu ve partiküllerin havuza dönerek suyu kirletmesine engel olur.

Şekil 2.9'daki ısıtma sisteminde güneş kollektörü devresindeki pompa çalıştığında (pompanın durması ve çalışması Şekil 2.8'deki sistemde olduğu gibidir) suyun akış yönüne göre, pompadan önceki ve dengeleme vanasından sonraki kontrol vanaları açılırlar, pompa durduğunda kapanırlar. Böylece kollektör devresi suyla sürekli dolu kalır.

Bilhassa büyük sistemlerde bu tip bir uygulama aşağıdaki avantajları sağlar.

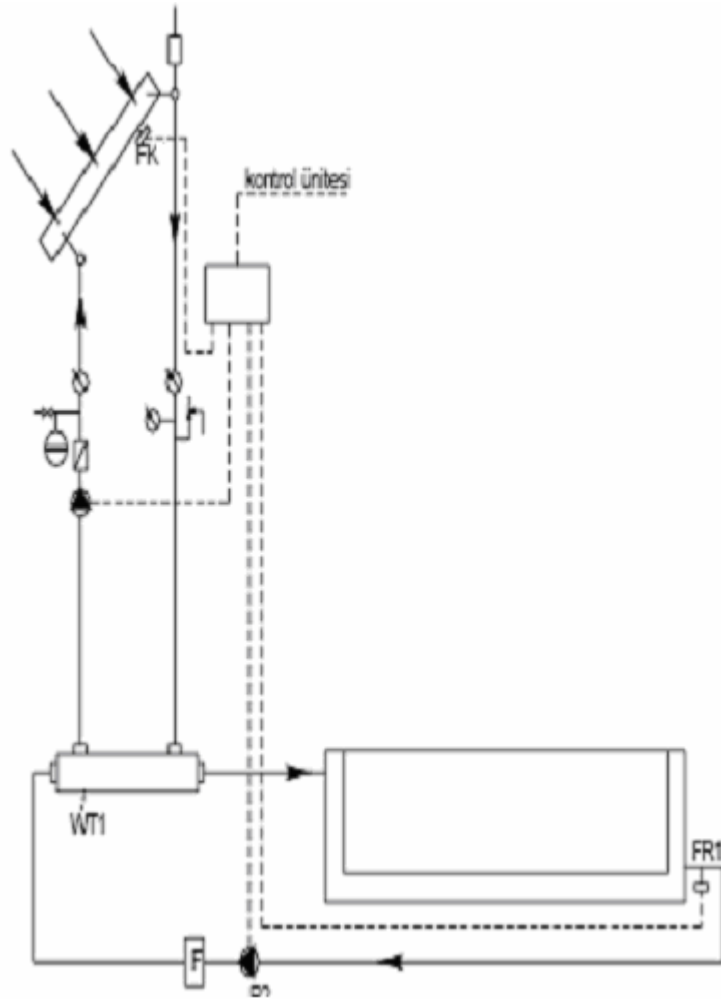
- Kollektörler, havuz seviyesinin üstünde olduğunda boşalmayacakları için sistemde hava cepleri oluşmaz.
- Pompanın devreye girmesiyle sistemde hava olmayacağı için, kollektördeki basınç dalgalanmalarının sebep olacağı zararların önüne geçilmiş olur.

2.5.1. Endirekt Isıtma Sistemleri

Yüzme havuzlarının güneş enerjisi ile endirekt olarak ısıtılmasında, ısıtılmak istenen yüzme havuzu suyunun kollektörlerle ilişkisi yoktur. Kollektörlerde güneş enerjisi ile ısıtılan su, havuz suyunu bir ısı değiştirici yardımıyla ısıtır. Endirekt ısıtma sistemlerinde; kollektör devresindeki ısıtan akışkana antifiriz ilave edilmesi, kollektör devresindeki suyun don etkilerine karşı boşaltılmasını gerektirmeyecektir. Aynı zamanda, devrenin havuz suyunun korozif etkilerinden zarar görmesi de söz konusu olmayacaktır. Dolayısıyla, kollektör devresi metal borularla yapılabilir. Diğer taraftan endirekt ısıtma sistemlerinde, havuz suyunun ısıtılmadığı zamanlarda veya havuz suyunun ısıtılmasına gerek duyulmayan sıcak günlerde, kollektör devresinde ısınan sudan kullanma sıcak suyu hazırlama gibi başka amaçlar için de yararlanılabilir.

Sadece havuz suyunun ısıtılmasında kullanılan endirekt bir ısıtma sisteminin bağlantı ve kontrol şeması Şekil 2.10'da görülmektedir. Şekilde görüldüğü gibi kollektör devresinde ısınan su, bir ısı değiştirici yardımıyla havuz suyunu ısıtmaktadır. Sistemde kollektördeki su sıcaklığı ile havuz

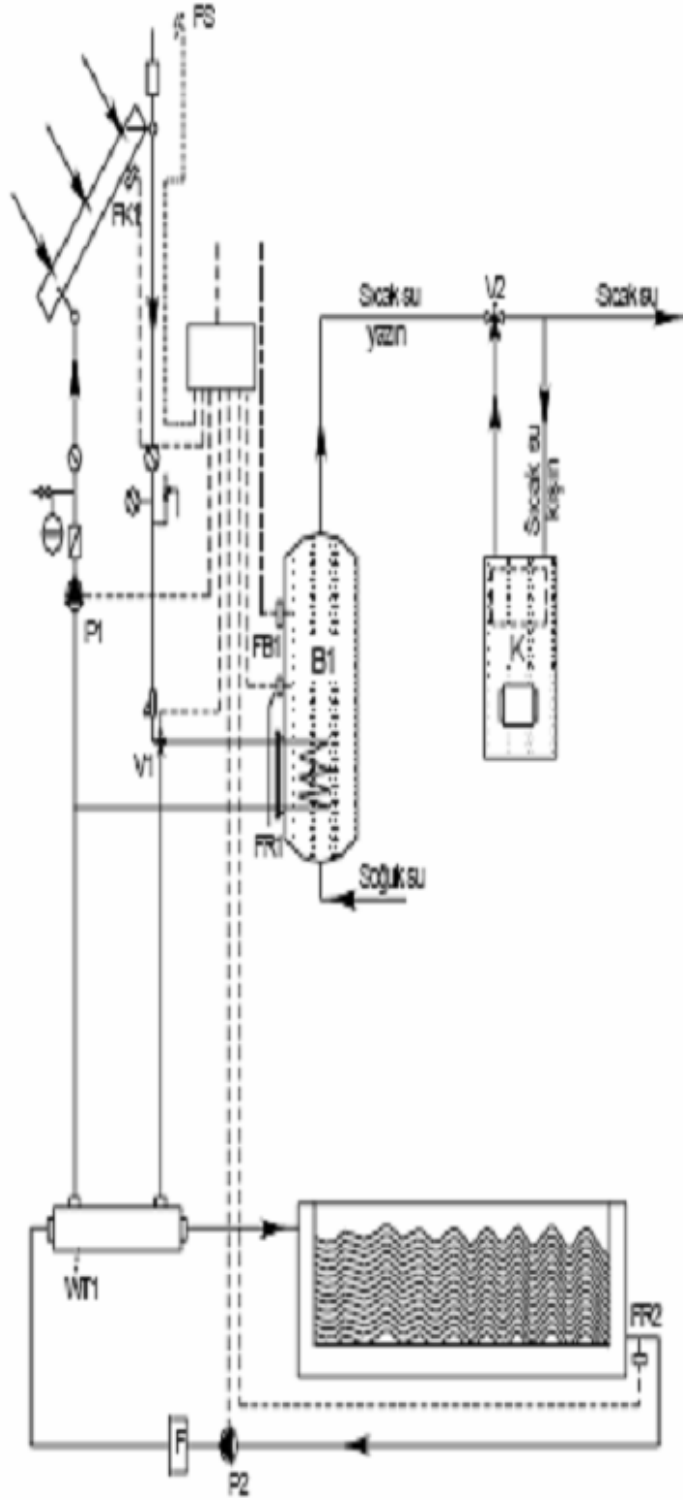
suyu sıcaklığı arasında ayarlanan bir fark aralığı meydana gelir gelmez kontrol ünitesi yardımıyla kollektör dolaşım devresi pompası (P_1) ve havuz devresi dolaşım pompası (P_2) çalıştırılarak havuz suyunun indirekt olarak ısıtılması sağlanır. Kollektör ve havuz suyunun sıcaklıkları (FK) ve (FR_1) sıcaklık duyar elemanları ile izlenir. Kollektör devresi kapalı olacağından sistemde bir genişleme tüpü ve yaylı emniyet ventili kullanılmıştır. Ayrıca bu devrenin havasının atılmasını sağlamak amacıyla, kollektörlerin üst seviyesinde bir otomatik hava tahliye cihazı bulunmalıdır. Havuz suyu devresinde, suda olabilecek partikül ve tortuların tutulmasını sağlayan bir filtre (F) bulunmalıdır.



Şekil 2.10 Sadece havuz suyunun ısıtılmasında kullanılan indirekt ısıtma sistemi (Iso/Tr 12596)

Şekil 2.11’de ise kullanma sıcak suyunun ısıtılması ile yüzme havuzu suyunun ısıtılmasını sağlayan, birleşik endirekt bir ısıtma sisteminin şeması görülmektedir. Bu sistemde, kullanma sıcak suyunun güneş enerjisinden sağlandığı bir depolama tankı (boyler “ B_1 ”), havuz suyunun güneş enerjisi ile ısıtılmasını sağlayan bir ısı değiştirici (WT_1) ve güneş enerjisinin olmadığı ya da yetersiz olduğu durumlarda kullanma sıcak suyunun ısıtılmasını sağlayan bir kazan (K) bulunmaktadır. Şekildeki (V_1) üç yollu vana, yeterli güneş enerjisinin olduğu durumlarda (kış veya yaz) kullanma sıcak suyu boylerinin (B_1) ısıtılmasına imkan verir. Havuz suyu sıcaklığı ayarlanan değere ulaştığında ya da havuz suyunun ısıtılması gerekmediğinde, güneş enerjisinin kullanma sıcak suyunu ısıtması üç yollu vana (V_1) ile otomatik olarak sağlanır. Başka bir ifade ile, üç yollu vana (V_1), kolektörde alınan güneş enerjisini ya kullanma sıcak suyunu ısıtmada ya da havuz suyunu ısıtmada kullanmaya imkan verir. Direkt ısıtma sistemlerinde ve birleşik olmayan endirekt ısıtma sistemlerinde; havuz suyunun istenilen sıcaklık değerine çıkmasıyla, kolektörlerden enerji talebi olmayacağından, kolektörlerde aşırı enerji birikmesi olur ve bu enerji boşa gider. Birleşik endirekt ısıtma sistemlerinde bu sakınca ortadan kaldırılmıştır.

Güneş enerjisinin, kullanma sıcak suyu için yetersiz olduğu ya da güneş enerjisinin olmadığı durumlarda, kullanma sıcak suyu kazandan (K) sağlanır. Bu çalışma sürecinde kazan üzerindeki üç yollu vanaya (V_2) elle müdahale edilmektedir. Kolektör sıcaklık duyar elemanı (FK) ve depolama tankı (B_1) sıcaklık duyar elemanı (FR_1), yeterli sıcaklık farkını izleyerek (P_1) pompasını çalıştırır. Güneş enerjisinden faydalanılamayacak durumlarda devreye sokulmak üzere, depolama tankının (B_1) üst bölgesine termostatlı bir elektrikli ısıtıcı monte edilmesi tavsiye edilir (Arınç, 2005). Depolama tankı (B_1) belirli bir sıcaklığa ulaştığında, (FR_1) sıcaklık duyar elemanından gelen sinyale göre, elektronik kontrol paneli yardımıyla, üç yollu vana havuz suyu ısı değiştiricisine giden devre açılır. Aynı anda havuz ısıtma devresindeki pompa (P_2) otomatik olarak devreye girer. Bu pompanın çalışması, güneş ışınımı (radyasyonu) yeterli ise, depolama tankındaki (B_1) sıcaklık, ayarlanan değer altına düşmediği sürece devam eder. Havuz suyu sıcaklığı ile kolektör sıcaklığı farkını algılayan (FR_2) ve (FK) sıcaklık duyar elemanları, depolama tankı sıcaklık duyar elemanından (FR_1) alınan sinyale göre havuz suyunun ısıtılması devam eder.



Şekil 2.11 Kullanma sıcak suyu ile havuz suyu ısıtılmasını sağlayan birleşik indirekt ısıtma sistemi (Iso/Tr 12596)

Yüzme havuzu ve kullanma sıcak suyu depolama tankı ısıtması aynı anda yapıldığından, depolama tankı sıcaklığı istenilen değerin altında kaldığı durumlarda minyatür kollektör (FS) tarafından elektronik kontrol paneline gönderilen bir sinyal ile dört yönlü vana (V_1) yardımıyla depolama tankına (B_1) gönderilen ısıtıcı akışkan miktarı artırılarak depolama tankı sıcaklığı birkaç derece artırılabilir. Minyatür kollektör aynı zamanda bir sıcaklık ve güneş radyasyonu duyar elemanı olarak görev yaptığından, radyasyon ve sıcaklık değeri istenilen değerde (kısılan havuz suyu ısıtıcı akışkan miktarının, havuz suyu sıcaklığını koruyabilecek değerde olduğu) olduğunda yukarıda bahsedilen işleme imkan verir. Aynı zamanda havuz suyu sıcaklık sensörü (FR_2) ve depolama tankı sıcaklık sensörü (FR_1) ile kombinasyonda olan minyatür kollektör sistem sıcaklığı ve güneş radyasyonu, havuz suyu ve depolama tankını aynı anda ısıtamayacak kadar düştüğünde depolama tankı ısıtma devresini devreden çıkartıp, havuz suyu ısıtma devresini yalnız ısıtmaya imkan verir.

3. KAPALI YÜZME HAVUZU ISI KAYIPLARI

3.0. Kapalı Yüzme Havuzlarında Meydana Gelen Isı Kayıpları

Kapalı yüzme havuzları için ısı kayıpları dört farklı yoldan gerçekleşir. Bunlar;

- 1- Konveksiyonla duyulur ısı transferi,
- 2- Su yüzeyinden buharlaşmaya bağlı olan gizli ısı kayıpları,
- 3- Havuzun yüzeyi ile çevresi arasında meydana gelen net radyasyon ısı kaybı,
- 4- Havuzun yan duvarları ile havuzun tabanından toprağa olan kondüksiyonla ısı kayıplarıdır.

3.1. Konveksiyon Isı Kayıpları

Konveksiyon ısı kayıpları hava ve havuz suyu sıcaklıkları arasındaki farka bağlıdır. Hava hızının yokluğunda yani ($v=0$) olduğunda doğal, olmadığı durumlarda ise zorlamalı konveksiyon meydana gelir. Buharlaşma, havanın bağıl nem derecelerine bağlı olarak yoğunluktaki değişim sebebiyle doğal konveksiyon ısı transfer oranını etkiler. Su ve hava sıcaklıkları eşit olduğu zaman, konveksiyon ısı transferi oluşmaz ve sadece havuz suyunun buharlaşmasına bağlı olan gizli ısı kayıpları, havayı donma noktasına getirmeyi sağlamadan (tam doyma olmayacak şekilde) havuz suyundan oda havasına difüzyon meydana getirir. Eşitlik bozulduğu takdirde kayıp ve kazanç yönünde ısı transferi olur (Kakac, 1990).

Burada T_w ($^{\circ}\text{C}$) istenilen havuz suyu sıcaklığını, T_a ($^{\circ}\text{C}$) istenilen havuz holü hava sıcaklığını, L (m) havuz karakteristik uzunluğunu, ρ_{hs} (kg/m^3) havuz su yüzeyinde ani olarak doymuş hale gelen hava yoğunluğunu, ρ_h (kg/m^3) oda havası yoğunluğunu, ν (m^2/s) kinematik viskoziteyi, v (m/s) holdeki havanın hızını, c_p (kJ/kgK) hava özgül ısısını, A_p (m^2) olimpik havuz yüzey alanını ve k ($\text{kW}/\text{m}^2\text{^{\circ}\text{C}}$) ısı iletim katsayısını göstermektedir.

$$T_{\text{ort}} = (T_w + T_a)/2 \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (3.1)$$

$$\rho_{\text{ort}} = (\rho_{hs} + \rho_h)/2 \quad [\text{kg}/\text{m}^3] \quad (3.2)$$

$$\text{Gr} = \left[\frac{g \cdot (\rho_h - \rho_{hs}) \cdot L^3}{\rho_{ort} \cdot \nu^2} \right] \quad (3.3)$$

$$\text{Pr} = \nu \times \rho_{ort} \times c_p / k \quad (3.4)$$

$$\text{Re} = \nu \times L / \nu \quad (3.5)$$

Doğal konveksiyon durumunda yani hava hızı sıfır ($V=0$) ise;

$$(\text{Gr} \times \text{Pr}) > 7 \times 10^{-7} \quad \text{ise} \quad \text{Nu} = 0.14 \times (\text{Gr} \times \text{Pr})^{1/3} \quad (3.6)$$

$$10^5 \leq (\text{Gr} \times \text{Pr}) \leq 7 \times 10^{-7} \quad \text{ise} \quad \text{Nu} = 0.54 \times (\text{Gr} \times \text{Pr})^{1/4} \quad (3.7)$$

$$10^5 \leq (\text{Gr} \times \text{Pr}) \leq 10^{10} \quad \text{ise} \quad \text{Nu} = 0.27 \times (\text{Gr} \times \text{Pr})^{1/4} \quad (3.8)$$

Zorlamalı durumda yani hava hızı sıfırdan farklı ($V \neq 0$) ise;

$$\text{Re} \leq 3 \times 10^5 \quad \text{ise} \quad \text{Nu} = 0.664 \times \text{Pr}^{1/3} \times \text{Re}^{1/2} \quad (3.9)$$

$$\text{Re} \geq 3 \times 10^5 \quad \text{ise} \quad \text{Nu} = 0,037 \times \text{Pr}^{1/3} \times \text{Re}^{4/5} \quad (3.10)$$

$$h = \text{Nu} \times k / L \quad [\text{kW/m}^2\text{°C}] \quad (3.11)$$

$$Q_{\text{konv}} = h \times A_p \times (T_w - T_a) \quad [\text{kW}] \quad (3.12)$$

3.2. Buharlaşma Kayıpları

Bir su yüzeyinden buharlaşan suyun birim zamandaki miktarı, su yüzeyindeki film katsayısının basıncı ile ortam havası basıncının farkına göre değişir. Buharlaşma miktarı bu fark ile doğru orantılı olarak artar. Yüzme havuzlarındaki buharlaşma miktarında ise, ayrıca su yüzeyindeki dalgalanmaların da etkisi vardır (İşbilen, 1999).

3.2.1. VDI 2089 Normuna Göre Buharlaşma Miktarının Bulunması

$$W = A_p \cdot \epsilon \cdot (P_s - P_h) \quad [\text{g/h}] \quad (3.13)$$

Burada W (g/h) buharlaşan su miktarını, A_p (m^2) su yüzeyini, ϵ (g/h. m^2 .mbar) toplam buharlaşma sayısını (Çizelge3.1), P_s (mbar) su sıcaklığındaki havanın doyma eğrisindeki basıncını ve P_h (mbar) hol havasının basıncını göstermektedir.

Çizelge 3.1 Kullanım etkinliğine göre buharlaşma sayısının belirlenmesi
(VDI norm 2089, 1978)

Kullanım Etkinliği	Buharlaşma Sayısı (ϵ) (g/h.m^2.mbar)
Düşük İşletme (Özel Havuzlar, Otel Havuzları)	13
Orta İşletme (Normal Kullanımlı Havuzlar)	28
Aşırı İşletme (Yapay Dalgalandırılmış Özel Yarışma Havuzları)	35

3.2.2. Recknagel'e Göre Buharlaşma Miktarının Bulunması

$$w = \sigma \cdot (x_s - x_h) \quad (3.14)$$

Burada w ($kg/h.m^2$) buharlaşan su miktarını, σ [$kg/h.m^2.(kg/kg)$] buharlaşma sayısını, x_s (kg/kg kuru hava) su sıcaklığındaki havanın doyma eğrisindeki mutlak nemini ve x_h (kg/kg kuru hava) hol havasındaki mutlak nemi göstermektedir.

$$\sigma = 25 + 19 \cdot v \quad (3.15)$$

Burada v , su yüzeyi üzerinde holdeki hava hızını belirtmektedir. Özel havuzlarda $v = 0,1-0,3$ m/s, genel kullanım havuzlarda ise $v = 0,5$ m/s alınması tavsiye edilmektedir (Recknagel-Sprenger, 1992). Yapılan çalışmalar sonucunda VDI normundaki değerlerin biraz daha fazla emniyetli tutulduğu görülmüştür. Bundan dolayı Recknagel'e göre yapılacak hesap gerçeğe daha yakın sonuçlar verecektir (İşbilen, 1999; Akbulut, 2005).

3.2.3. Buharlaşma Etkisi İle Suyun Soğuması

Buharlaşan su çevresinden ısı çeker. Bu ısı geçişi önce suyun kendi bünyesinde oluşur ve ayrılan kısım gerekli ısını kalın kütlede alır. Yani, başka yerden ısı almıyorsa kalın kütlede soğuma meydana gelir. Havuz tesisatlarında bu soğutma miktarı hesaplanır ve su sıcaklığının aynı değerde korunabilmesi için aynı miktarda ısıtma yapılır. Bu ısı, buharlaşan su ile havaya gizli ısı olarak geçmektedir.

Buharlaşma gizli ısı, 0°C'deki suyun fiziksel özellikleri baz alınarak şöyle hesaplanabilir.

$r = (r_0 + c_b \cdot t_s) - (c_s \cdot t_s)$ veya aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$r = r_0 + (c_b - c_s) \cdot t_s \quad (3.16)$$

Burada r (kcal/kg), t_s sıcaklığındaki suyun buharlaşma gizli ısını, r_0 (597 kcal/kg) 0°C sıcaklığındaki suyun buharlaşma gizli ısını, c_b (0,46 kcal/kg°C) su buharının ortalama ısınma ısını, c_s (1,0 kcal/kg°C) suyun ısınma ısını, t_s (°C) buharlaşan suyun sıcaklığını göstermektedir.

$$Q_{evap} = \frac{Wxr}{860} \text{ [kW]} \quad (3.17)$$

3.3. Radyasyonla Isı Kaybı Hesabı

Isı, kapalı oda duvarları ile bir radyasyon değişimi sağlayacak şekilde havuz yüzeyi arasında transfer edilmiştir.

Burada T_h (°C) dış sıcaklığı, T_i (°C) iç sıcaklığı, λ_{cam} (kcal/mh°C) camın ısı iletimini, α_i (kcal/m²h°C) iç ısıyı, α_d (kcal/m²h°C) dış ısıyı, L_c (m) cam kalınlığını, SB (W/m²K⁴) Stefan Boltzman Sabitini, Q_{duv} (kcal/m²h) duvardan geçen ısıyı ve T_{duv} (°C) duvar sıcaklığını göstermektedir.

$$Q_{duv} = \frac{(T_i - T_h)}{\left[\left(\frac{1}{\alpha_i} \right) + \left(\frac{L_c}{\lambda_c} \right) + \left(\frac{1}{\alpha_d} \right) \right]} \quad (3.18)$$

$$T_{duv} = T_i - \left(\frac{Q_{duv}}{\alpha_i} \right) \quad (3.19)$$

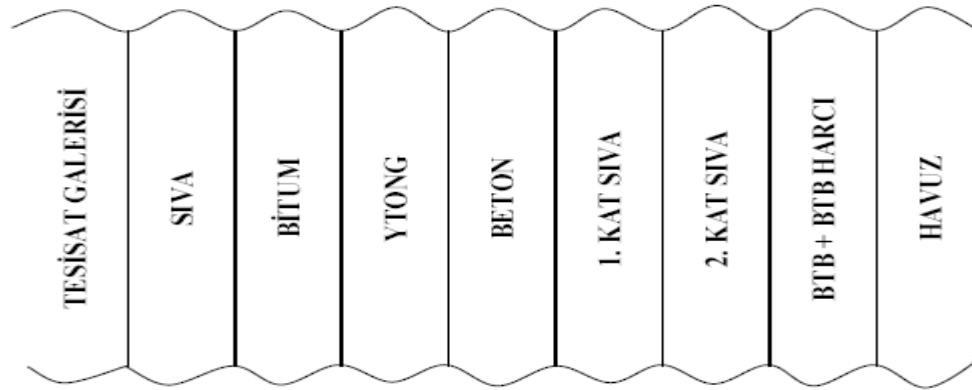
$$Q_{rad} = SB \times 10^{-3} \times A_p \left[(T_w + 273)^4 - (T_{duv} + 273)^4 \right] \text{ [kW]} \quad (3.20)$$

3.4. Kondüksiyon Isı Kaybı Hesabı

3.4.1. Havuz Yan Duvarlarından Kaybedilen Isı

Yan duvarların yapımında 3 faktör göz önüne alınmalıdır. Bunlar; havuz yan yüzeyinin su basıncına dayanabilmesi, su yalıtımı ve ısı yalıtımının sağlanmasıdır. Bundan dolayı ısı yalıtımı sağlayacak olan malzemeleri tesisat galerisi tarafındaki iç sıva ile beton arasına (Şekil 3.1) yerleştirmek en iyi çözüm olacaktır (İşbilen, 1999).

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{h_{galeri}} + \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{i} + \frac{1}{h_{havuz}} \quad (3.21)$$



Şekil 3.1 Havuz yan yüzeyi

Çizelge 3.2 Malzemelerin ısı geçirgenlik değerleri

Malzeme	Isıl Geçirgenliği (kcal/mh°C)	Kalınlık (L _i) (cm)
Perlit	0,035	10
Ytong	0,035	10
Poliüretan	0,020	5
Cam Yünü	0,034	5
Talaşlı Levha	0,12	1,5
Bitüm	0,15	2
Ruberoit	0,16	2
BTB+BTB Harcı	0,90	3
2.Kat Sıva	0,75	2
1.Kat Sıva	1,20	3
İç Sıva	1,20	2
Beton	1,5	25 veya 35

Çeşitli kombinasyonlar sonucu uygun malzemelerin ısı transfer katsayıları aşağıdaki gibi hesaplanmıştır. Hesaplarda tesisat galerisinin film katsayısı 7 kcal/(m²h°C) ve havuz suyunun film katsayısı 500 kcal/(m²h°C) olarak alınmıştır. Toprağın film katsayısı ise sonsuz olarak kabul edilmiştir (Bağcılar Belediyesi Kapalı Olimpik Yüzme Havuzu Tesisat Raporu, 2005).

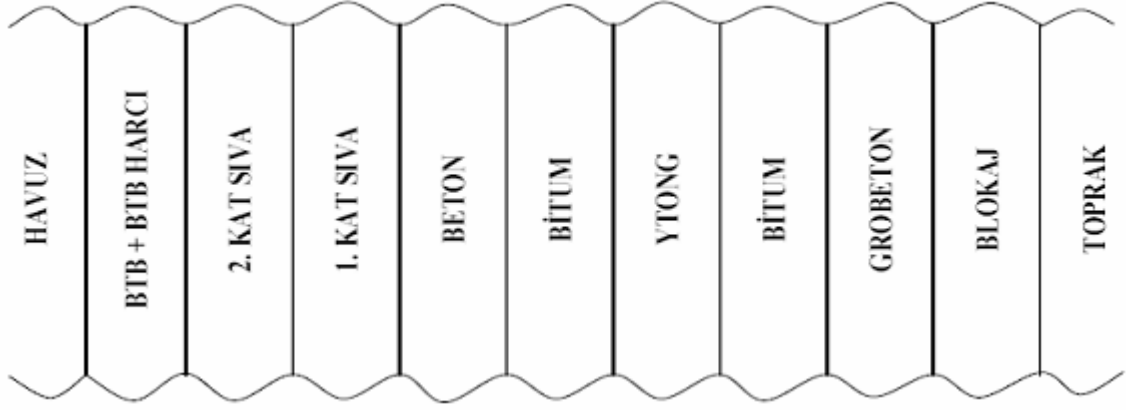
$$Q_{\text{kondy}} = \frac{K_{\text{yan}} \times A_{\text{ty}} \times (T_w - T_g)}{860} \quad [\text{kW}] \quad (3.22)$$

Burada A_{ty} (m²) havuz toplam yan yüzey alanını, T_g (°C) yer sıcaklığını ve K_{yan} (kcal/m²h°C) yan yüzey ısı transfer katsayısını göstermektedir.

3.4.2. Havuz Tabanından Kaybedilen Isı

Havuz tabanında da daha önce belirtilen ısı yalıtım malzemeleri kullanılacaktır. Yapıda kullanılmasına karşın grobeton ile blokajın ısı iletimi göz önüne alınmayacaktır. Çünkü bunlar

toprakla doğrudan temas halindedir ve topraktan direkt olarak ısınmasalar bile zamanla nemleneceklerdir. Bu yüzden ısı iletkenlik hesabına alınırsa sonucu yanıltacaklardır. Çünkü bu maddeler nemlendiklerinde ısı geçirgenlik katsayıları değişmektedir. Grobetondan sonra bitüm tabakasının konulması ile su yalıtımı yapılarak ytong tabakasının nemlenmesi engellenmektedir. Ayrıca BTB ve bitüm tabakaları su geçirmeyeceğinden dolayı su yalıtımı iki yönlü olarak tamamlanmış olur.



Şekil 3.2 Havuz tabanı

$$Q_{\text{kondt}} = \frac{K_t \times A_{\text{ty}} \times (T_w - T_g)}{860} \quad [\text{kW}] \quad (3.23)$$

Burada A_{tab} (m^2) havuz toplam taban alanını ve K_{tab} ($\text{kcal}/\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}$) taban ısı transfer katsayısını göstermektedir.

Havuzun toplam ısı kaybı ise (3.24) nolu eşitlikte verilmiştir.

$$Q_{\text{top}} = Q_{\text{konv}} + Q_{\text{evap}} + Q_{\text{kond}} + Q_{\text{rad}} \quad [\text{kW}] \quad (3.24)$$

3.5. İlk Isıtmada Havuz Suyuna Verilen Isı Miktarı

$$m_{\text{su}} = V_{\text{su}} \times \rho_{\text{su}} \quad [\text{kg}] \quad (3.25)$$

$$Q_{\text{havuz}} = \frac{c_{p,\text{su}} \times m_{\text{su}} (T_w - T_s)}{t \times 860} \quad [\text{kW}] \quad (3.26)$$

Burada m_{su} (kg) havuz suyu miktarını, V_{su} (m^3) havuz suyu toplam hacmini, ρ_{su} (kg/m^3) su yoğunluğunu, t (h) suyu ısıtma süresini ve T_s ($^{\circ}\text{C}$) havuza verilen şehir suyu sıcaklığını göstermektedir. Sular idaresi şebeke suyu sıcaklığını 1 m derinlikteki toprak sıcaklığı olarak alınabileceğini belirtmiştir.

Havuz suyunun ilk ısıtılması, havuz işletmeye alındıktan sonra bir kez yapılır. Bu ısı yükü çok yüksek değerlerde olacağından kalorifer kazanı ile yapılmalıdır. Yani Q_{havuz} kazanın ısıtma kapasitesine eşit olmalıdır. Sistem rejime girdikten sonra meydana gelen ısı kayıpları ise güneş enerjisi destekli doğalgazlı kalorifer kazanı ile karşılanacaktır.

4. EKONOMİK ANALİZ

4.0. Giriş

Bir yatırım, paranın yatırılacağı ekonomik değerden belirli faydalar temin edebilmek amacıyla gerçekleştirilir. Maksimum faydayı sağlayacak minimum yatırım giderlerinin hesaplanması ve yatırım tipinin belirlenmesi de bu konudaki en önemli faktörler olup optimizasyon hesaplarıyla belirlenir (Barut, 1990).

Bir yatırımın optimizasyonu, yatırımın büyüklüğü ile elde edilecek fayda arasındaki ilişkiye bağlı olarak yapılır. Bu ilişkinin değerlendirilmesinde, yatırımın fiziksel bazı değerleri kullanıldığı gibi ekonomik bir takım değerler de göz önüne alınır. Ekonomik analiz, optimizasyon işleminde önemli bir yer tutar ve nihai kararlar ekonomik değerlere göre verilir.

Güneş enerjili ısıtma sistemlerinde amaç, ısıtma için gerekli ısının bir kısmını güneş enerjisinden karşılamak, yani enerji için yapılan harcamayı bir oranda azaltmaktır. Bu amaç için kurulacak sistemin bir yatırımdan beklenen şartları yerine getirmesi gerekir. Güneş enerjili ısıtma sistemlerinde optimize edilecek büyüklük, sistemdeki en etkili parametre olan toplayıcı alanının büyüklüğüdür. Toplayıcı alanı ile sistemin toplam ilk yatırım masrafları ve sürekli giderleri arasındaki ilişkinin incelenmesinden, optimum bir toplayıcı alanı bulunabilir. Ancak sistemin ekonomik olduğu kararına varabilmek için ekonomik analizlerin de yapılması şarttır (Valov, 1986). Şekil 4.1 toplam enerji maliyetlerinin minimuma indirilerek optimum maliyetin yakalanmasıyla ilgili olarak verilmiştir.

4.1. Yardımcı Enerjinin Belirlenmesi

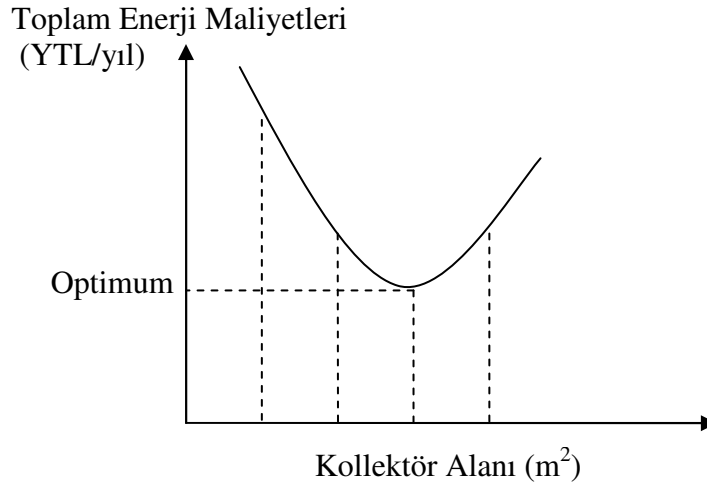
Bir yatırımda ekonomik analizin yapılabilmesi için yatırımla ilgili ekonomik verilerin bilinmesi gereklidir. Güneş enerjili ısıtma sisteminde ekonomik veriler;

a-) İlk yatırım maliyeti (yani harcama)

b-) Isı ihtiyacının bir kısmının güneş enerjisinden karşılanmasıyla elde edilecek fayda (yani gelir)

c-) Yapılan harcama ve elde edilen gelir değerlerinin belirlenmesi için güneş enerjili ısıtma sistemlerinde kullanılan yardımcı enerji cinsinin ve yakıt fiyatlarının bilinmesi gereklidir.

Çizelge 4.1'de bu tür amaçlarla kullanılabilir yakıtların ısı değerleri, yanma verimleri ve piyasa fiyatları gösterilmiştir (İGDAŞ - Yakıt Fiyatları Karşılaştırması, Mart-2006).



Şekil 4.1 Toplam enerji maliyet ile toplayıcı alan ilişkisi

Çizelge 4.1 Yardımcı enerji ısı değer, verim ve fiyat karşılaştırması

Yakıt Cinsi	H_U (kcal / m ³)	F (YTL / m ³)	μ_Y (%)	YF (YTL / 1000 kcal)
Doğalgaz	8250	0,438	90	0,059
LPG(Propan)	11000	2,000	90	0,202
Linyit(Soma)	5500	0,141	60	0,042
Tüpgaz	11000	2,255	88	0,233
Fuel-oil	9700	1,131	80	0,145
Elektrik	860	0,127	99	0,150

Isıtılacak bir hacmin yıllık toplam ısı yükü ve kullanılacak yakıt cinsi belirli ise, yıllık gerekli yakıt miktarı kolayca hesaplanır. Belirli bir ısı yük için;

Çizelge 4.1'den birim kalori yakıt fiyatı;

$$YF = \frac{F}{H_u \cdot \mu_Y} \text{ [YTL/kcal]} \quad (4.1)$$

olarak yazılır.

Güneş enerjili ısıtma sistemlerinin ekonomik faktörler dışında bir diğer tercih nedeni de bu sistemlerin çevre kirliliği ve ekolojik yapının bozulmasının azaltılmasına bir derece de olsa katkıda bulunmasıdır. Bu sebeple bu sistemlerde kullanılacak olan yakıtların seçiminde bu faktörlerin de göz önüne alınması gereklidir.

Günümüzde konvansiyonel enerji fiyatları, gerek kaynakların kısıtlı olması ve tükenmeye yüz tutmaları, gerekse enflasyonist baskılar altında hızla artmaktadır. Bu sebeple optimizasyon hesaplarının statik olarak değil, gün geçtikçe artan fiyatlar karşısında yakıt fiyatlarının da artacağı kabul edilerek enflasyona paralel alınması dinamik hesaplar açısından uygun olacaktır.

4.2. Sistem Maliyetlerinin Hesabı

4.2.1. Güneş Enerjisi Yatırım Maliyetinin Hesabı

Sistemde kullanılacak olan ekipmanların (kollektör, kazan, pompa v.s.) fiyatları yatırım maliyetlerini oluşturmaktadır. Güneş enerjisi yatırım maliyetini oluşturan bu ekipmanlar, kollektör alanına göre değişen (pompa, borulama, eşanjör v.b.) ilk yatırım maliyetleridir.

Aşağıda Isısan-Buderus ve Aktif ısı firmalarından (Çizelge 4.2) alınan değerlerden yola çıkılarak YTL/m^2 ve YTL/(kcal/h) cinsinden veriler elde edilmiştir (Mart-2006). Yardımcı enerjide kazan ve ekipmanları 350.000-650.000 kcal/h değer aralığına göre fiyatlandırılmıştır.

Çizelge 4.2 Tüm güneş enerjisi maliyet listesi

Cinsi	Fiyatı
Kollektör (Bakır, çift cam)	395 YTL/m ²
Boru ve fittings	33 YTL/m ²
Pompa	4 YTL/m ²
Eşanjör	10 YTL/m ²
Genleşme deposu	3 YTL/m ²
Kontrol sistemi	16 YTL/m ²
TOPLAM	461 YTL/m ²
Kazan	0,078 YTL/(kcal/h)
Boru ve fittings	0,043 YTL/(kcal/h)
Pompa	0,008 YTL/(kcal/h)
Eşanjör	0,016 YTL/(kcal/h)
Genleşme deposu	0,03 YTL/(kcal/h)
TOPLAM	0,175 YTL/(kcal/h)

Bu durumda güneş enerjisi sistemi yatırım maliyeti, işlemlerin seri olması açısından Kollektör alanı ile 461 katsayısının çarpımıyla hesaplanabilir.

$$I_A = 461 \times A_C \quad [\text{YTL}] \quad (4.2)$$

4.2.2. Yardımcı Enerji Yatırım Maliyetinin Hesabı

Yardımcı enerji yatırım maliyetleri, gerekli yardımcı enerji ısı ihtiyacı miktarına bağlı olarak değişmektedir. Piyasada bulunan doğalgaz yakan kazan fiyatları ve bunların ürettikleri ısı miktarları arasında yapılan korelasyon sonuçlarından komple sistem (brülör, bağlantı v.b.) doğalgaz yakan yardımcı enerji giderleri için, (Çizelge 4.2 yardımıyla)

$$I_A = 0,175 \times Q_r \quad [\text{YTL}] \quad (4.3)$$

denklemini elde edilmiştir. Burada Q_r (kcal/h) değeri, ilk ısıtmada gerekli olan ısıdır.

4.3. İlk Yatırım Yıllık Maliyetleri

Kaynağı güneş olan havuz suyu ısıtma sistemlerinin boyutlandırılması ve minimum ilk yatırım maliyetlerinin gerçekleştirilebilmesi bir dizi ekonomik analiz yönteminin kullanılmasını gerektirir. Sistemde ilk yatırım maliyetlerinin büyük bir kısmını güneş enerjisi teşkil eder. Bu nedenle herhangi bir yerde talep edilen ısı miktarını, güneş enerjisinden karşılayabilecek kollektör sayısının tespiti, gerek sistemin istenen talebi karşılayabilmesi gerekse tesis edilecek sistemin ekonomik olabilmesi için son derece önemlidir. Güneş enerjili ısıtma sisteminde sistem maliyeti ilk yatırım maliyetine bağlı olduğu kadar sistem işletme ve bakım masraflarına da bağlıdır. Bu nedenle gerekli enerjinin ne kadarının güneş kollektöründen elde edileceği yardımcı enerji birim fiyatlarına ve kollektör birim fiyatlarına göre de değişmektedir. Gerekli enerjinin tamamının güneşten karşılanması yakıt tasarrufu sağlayacak, ancak sistemin ilk yatırım maliyeti öyle değerlere ulaşacak ki tasarruf edilen para sistemin ömrü süresince ilk yatırım maliyeti değerini karşılayamayacaktır. Bundan dolayı tasarruf edilen enerji miktarı, güneş enerjisi sistemi ilk yatırım maliyetini ve bakım-onarım masraflarını ömrü süresi içerisinde karşılayabilmeli ve yanı sıra maksimum tasarruf sağlamalıdır.

Havuz suyunun ısıtılmasını sağlayacak sistemlerin maliyet analizlerinin yapılmasında ‘‘Bir Değere Getirilmiş Maliyet’’ yöntemi kullanılmıştır (Aybers ve Şahin, 1995). İlk yatırımın yıllık maliyeti, toplam ilk yatırım maliyeti ile amortisman faktörünün çarpılması ile bulunur.

$$C_A = I_A \times AF \quad (4.4)$$

Bu ifadedeki amortisman faktörü (AF), sistemin ilk yatırım maliyetinin, kredi alınması durumunda kredi faizinin de maliyetlere eklenmesi şartı ile sermaye maliyeti olarak sistemin kullanımda olduğu her yılın işletme gelirlerinden ayrılan ve vergilerden düşülen kısmını belirlemek için kullanılır. AF aşağıdaki ifadeden hesaplanır.

$$AF = \frac{(1+i)^n xi}{(1+i)^n - 1} \quad (4.5)$$

Burada; i yıllık nominal faiz oranını, n ise toplam sistem ömrünü ifade etmektedir.

4.4. Eşdeğer Yıllık İşletme Maliyetleri

Toplam ömür boyu yıllık işletme maliyetinin bugünkü değeri aşağıdaki bağıntıdan bulunur.

$$(I_{OM})_{PW} = (C_{OM})x \frac{1}{(i - e_f)} [1 - (1 + e_f)^n (1 + i)^{-n}] \quad (4.6)$$

Bu ifadedeki bugünkü koşullarda yıllık işletme maliyeti (C_{OM}), incelenecek sistemde temel olarak yıllık bakım ve işletme maliyetlerini kapsamaktadır. Bunlar (4.7) ve (4.8) nolu ifadelerde doğalgaz için verilmiştir.

Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı

$$\text{Yıllık Doğalgaz İhtiyacı} = \frac{\text{Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı}}{\text{Doğalgaz Alt Isıl Değeri x Doğalgaz Isıtıcı Verimi}} \quad (4.7)$$

$$(C_{OM}) = (\text{Yıllık Yakıt Miktarı x Yakıt Birim Fiyatı}) + \text{Yıllık Bakım Masrafı} \quad (4.8)$$

Yıllık işletme, bakım ve yakıt masrafları seçilen para değerlendirmesi metoduna bağlı olarak değişecektir. Referans tarihinde verilen değerler sabit kabul edilerek basit bir hesap yapılabileceği gibi, paranın zaman içindeki değer değişimi göz önüne alınarak sonuçlar paranın o yılki değeri cinsinden verilebilir yada yıllık eskalasyon oranı dikkate alınarak bulunabilir.

İşletme-bakım masraflarının geleceğe yönelik yıllık eskalasyon oranı (e_f), OECD ortalaması olarak doğalgaz için %2,1 alınmıştır (www.demon.co.uk/geosci). Bir değere getirilmiş maliyet hesabında eşdeğer yıllık işletme maliyeti aşağıdaki bağıntı ile bulunur.

$$C_{OM(AV)} = (I_{OM})_{PW} x AF \quad (4.9)$$

4.5. Yıllık Toplam Maliyet

Yıllık toplam yatırım maliyeti ile yıllık işletme maliyetinin toplanması yıllık toplam maliyeti belirler. Buradaki amaç, toplam maliyetin minimum olmasıdır.

$$C_T = C_A + C_{OM(AV)} \quad (4.10)$$

4.6. Sistem Kabülleri

Güneş enerjisi destekli havuz suyu ısıtmasının yapılabilmesi için sistem ve ekonomik koşullarla ilgili bir takım kabullerin yapılması gerekmektedir. Bu kabuller, pilot olarak seçilmiş olan Antalya, İstanbul ve Ankara illerindeki havuz suyunun ısıtma yüklerini karşılayabilmek amacıyla belirlenmiş değerlerdir. Aşağıdaki çizelgenin oluşturulmasında Isısan-Buderus firma ürün katalogları kullanılmıştır. Çizelge 4.3’de güneş enerjisi tesisatının sistem kabülleri yer almaktadır.

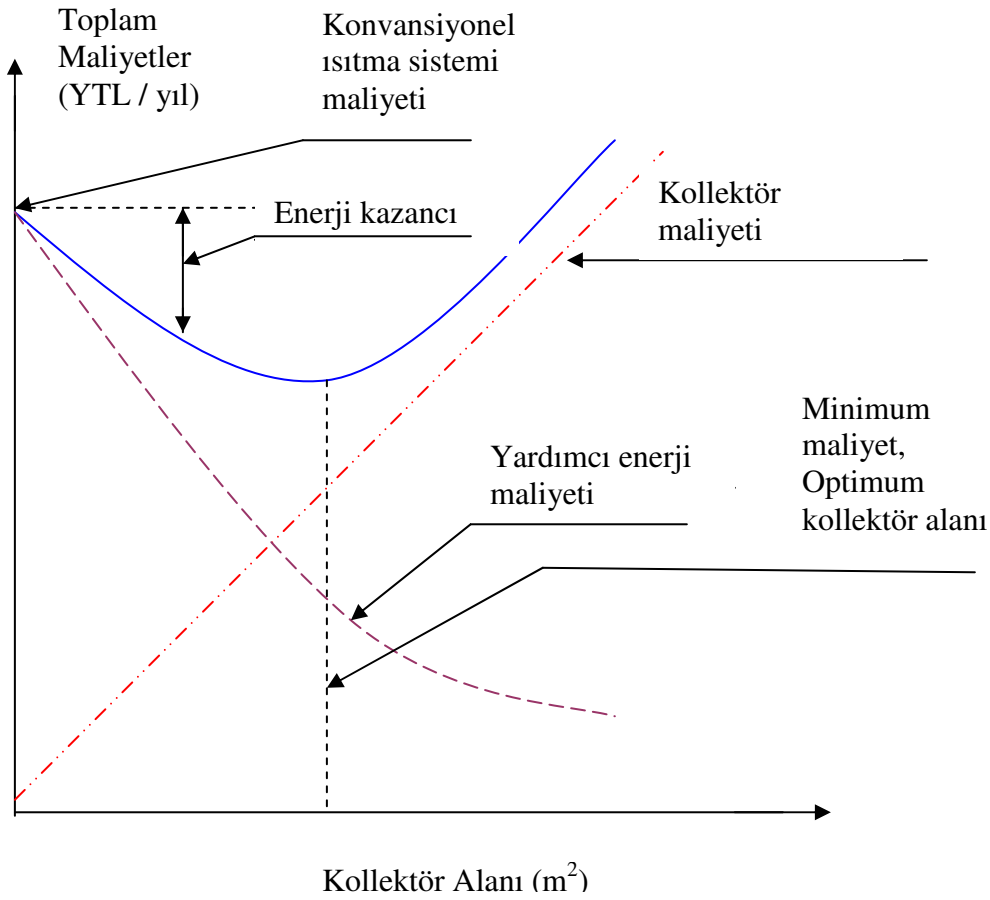
Çizelge 4.3 Güneş enerjisi tesisatı sistem kabülleri

Güneş Kollektör Sistemi Türü	Kapalı sistem cebri sirkülasyon
Kollektör Cinsi	Çift camlı bakır düzlemsel
Sistemin Ortalama Fiziksel Ömrü	25 YIL
Sistemde Kullanılan Akışkan	% 50 Etilen-glikol, su karışımı
Maksimum Çalışma Basıncı	10 bar
Kapatma Sıcaklığı	230 °C
Absorber Hacmi	1,5 lt
Kollektör Verimi	$\eta_c = 0,85$
Eşanjör Verimi	$\eta_e = 0,85$
Tesisat Verimi	$\eta_m = 0,90$
Depo Üst Sıcaklığı	$T_{d\max} = 60\text{ C}^\circ$
Yardımcı Enerji Türü	Doğalgaz
Havuz Suyu Isıtma Ortalama Su Sıcaklığı	20° - 30°

4.7. Sistemin Optimizasyonu

“Bir Değere Getirilmiş Maliyet” yöntemi ile optimizasyon işleminin temelini (4.10) nolu denklemle verilen C_T değerinin minimize edilmesi oluşturur. Diğer bir ifadeyle, talep edilen ısı yükünün güneş enerjisi veya mevcut konvansiyonel enerji kaynaklarından minimum maliyette sağlanması bu çalışmanın amacını oluşturmaktadır.

Bu işlem, değişken ekonomik kabuller bazında kolektör alanlarının iteratif olarak denenmesi sonucu minimize edilir. Kolektör alanları sürekli olarak denenerek ve diğer verilerden de istifade edilerek C_T değerleri elde edilir. Bu değişkenlere göre elde edilen C_T değerleri, A_c değerlerine karşı noktalandığında Şekil 4.2’deki eğri ortaya çıkar.



Şekil 4.2 Toplam maliyet ile kolektör alanı arasındaki etkileşim

5. UYGULAMALAR

Hesaplar dört farklı ilimiz Antalya, Adana, İstanbul ve Ankara için yapılmıştır. Burada kapalı olimpik yüzme havuzu tesisatı için sırasıyla havuz suyunun ısı kayıplarının bulunması, güneş enerjisi tesisatı ve kollektör seçimi, son kısımda ise optimum kollektör alanının bulunmasıyla ilgili hesap, çizelge, tablo ve yorumlar yer almaktadır. Optimizasyon işlemleriyle maliyetlerin minimuma indirilmesi sağlanmıştır. Havuz suyunun ilk ısıtma süresi bütün iller için 4 gün olarak alınmıştır. Hesaplar, düzlemsel kollektörler için yapılmıştır.

5.0. Antalya İline Ait Uygulama

5.1. Havuza Ait Isı Kayıplarının Bulunması

5.1.1. Konveksiyon Isı Kayıpları

$$T_W = 26^\circ\text{C}$$

$$T_A = 28^\circ\text{C}$$

$$L = 45 \text{ m}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$\rho_{hs} = 1,1556 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_h = 1,173812 \text{ kg/m}^3$$

$$\nu = 0,00001568 = 15,68 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$v = 0,3 \text{ m/s (Bölüm 3.2.2)}$$

$$c_p = 1,0057 \text{ kJ/kgK}$$

$$A_p = 1800 \text{ m}^2$$

$$k = 0,00002624 \text{ kW/m}^2\text{°C}$$

Ortalama sıcaklık denklem (3.1)'den

$$T = \frac{T_W + T_A}{2} = \frac{26 + 28}{2} = 27^\circ\text{C} \text{ bulunur.}$$

Grasshof Sayısı denklem (3.3)'den

$$Gr = \frac{g \times ((\rho_h - \rho_{hs}) / \rho_{ort}) \times L^3}{\nu^2} = \left[\frac{9,81 \times (1,173812 - 1,1556)}{(1,173812 + 1,1556) / 2} \right] \times \frac{45^3}{(0,00001568)^2} = 5,68533 \times 10^{13}$$

Prandtl Sayısı denklem (3.4)'den

$$Pr = \nu \times \rho_{ort} \times C_p / k = 0,3 \times \frac{(1,173812 + 1,1556)}{2} \times \frac{1,0057}{0,00002624} = 0,69 \text{ bulunur.}$$

Reynolds Sayısı denklem (3.5)'den

$$Re = \nu \times L / \nu = 0,3 \times 45 / 0,00001568 = 860969,388 = 8,61 \cdot 10^5 \text{ bulunur.}$$

Nusselt Sayısı $Re \geq 3 \times 10^5$ olduğu için denklem (3.10)'dan

$$Nu = 0,037 \times Pr^{1/3} \times Re^{4/5} = 0,037 \times (0,69)^{1/3} \times (860969,388)^{4/5} = 1838,85 \text{ bulunur.}$$

Konveksiyon ısı transfer katsayısı denklem (3.11)'den

$$h = Nu \times k / L = 1838,85 \times 0,00002624 / 45 = 1,07226 \times 10^{-3} \text{ kW/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ bulunur.}$$

Konveksiyon ısı kaybı denklem (3.12)'den

$$Q_{konv} = h \times A_p (T_W - T_A) = 1,07226 \times 10^{-3} \times 1800 \times (26 - 28) = -3,86 \text{ kW} \text{ bulunur.}$$

5.1.2. Buharlaşma Kayıpları

$$\nu = 0,3 \text{ m/s}$$

$$\Phi_h = \% 60$$

$$r_o = 597 \text{ kcal/kg}$$

$$c_b = 0,46 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$$

$$c_s = 1,0 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$$

$$t_s = T_W = 26 \text{ }^\circ\text{C}$$

Buharlaşma sayısı denklem (3.15)'den

$$\sigma = 25 + 19x_v = 25 + 19 \times 0,3 = 30,7 \text{ [kg/h.m}^2\text{.(kg/kg)] bulunur.}$$

$x_s = 0,0213$ (kg/kg), su sıcaklığındaki havanın doyma eğrisindeki (YT=26°C) mutlak nemi psikrometrik kart'tan bulundu (Şekil 5.1).

$x_h = 0,0142$ (kg/kg), hol havasındaki mutlak nemi göstermektedir.

Buharlaşan su miktarı denklem (3.14)'den

$$w = \sigma.(x_s - x_h) = 30,7 \times (0,0213 - 0,0142) = 0,218 \text{ kg/h.m}^2 \text{ bulunur.}$$

1800 m² havuz alanı için toplam miktar;

$$W = 1800 \times 0,218 = 392,4 \text{ kg/h bulunur.}$$

Buharlaşma gizli ısısı denklem (3.16)'dan

$$r = r_0 + (c_b - c_s).t_s = 597 + (0,46 - 1) \times 26 = 582,96 \text{ kcal/kg bulunur.}$$

Buharlaşma ısı kaybı denklem (3.17)'den

$$Q_{evap} = \frac{Wxr}{860} = \frac{392,4 \times 582,96}{860} = 265 \text{ kW bulunur.}$$

5.1.3. Radyasyonla Isı Kaybı

$T_h = 10,1^\circ\text{C}$ (Ocak ayı için ortalama çevre sıcaklığı, Ek-4)

$$T_i = 28^\circ\text{C}$$

$$\lambda_{cam} = 0,7 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C}$$

$$L_c = 0,003 \text{ m}$$

$$\alpha_i = 7 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$\alpha_d = 20 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$SB = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$$

Duvar ısısı, T_{duv} ısısının bulunması için denklem (3.18)'den

$$Q_{duv} = \frac{(T_i - T_h)}{\left[\left(\frac{1}{\alpha_i} \right) + \left(\frac{L_c}{\lambda_c} \right) + \left(\frac{1}{\alpha_d} \right) \right]} = \frac{28 - 10,1}{\left[\left(\frac{1}{7} \right) + \left(\frac{0,003}{0,7} \right) + \left(\frac{1}{20} \right) \right]} = 113,29 \text{ kcal/m}^2\text{h} \text{ bulunur.}$$

Duvar sıcaklığı denklem (3.19)'dan

$$T_{duv} = T_i - \left(\frac{Q_{duv}}{\alpha_i} \right) = 28 - \left(\frac{113,29}{7} \right) = 15,03 \text{ }^\circ\text{C} \text{ bulunur.}$$

Radyasyonla ısı kaybı denklem (3.20)'den

$$Q_{rad} = SB \times 10^{-3} \times A_p \left[(T_w + 273)^4 - (T_{duv} + 273)^4 \right]$$

$$Q_{rad} = 5,67 \times 10^{-8} \times 10^{-3} \times 1800 \left[(26 + 273)^4 - (15,03 + 273)^4 \right] = 113,29 \text{ kW} \text{ bulunur.}$$

5.1.4. Kondüksiyonla Isı Kaybı Hesabı

Havuz Yüzeyi Hesabı:

Havuz (Şekil 5.2) olimpik standartlarda olup toplam alanı $30 \times 60 = 1800 \text{ m}^2$ alınmıştır.

Havuz yan yüzeyleri alanı:

Uzunluk - Yükseklik - Adet

$$30 \text{ m} \times 1,8 \text{ m} \times 2 = 108 \text{ m}^2 \quad 30 \text{ m}' \text{ lik düz kısım}$$

$$60 \text{ m} \times 1,8 \text{ m} \times 2 = 216 \text{ m}^2 \quad 60 \text{ m}' \text{ lik düz kısım}$$

$$10 \text{ m} \times 0,7 \text{ m} \times 2 = 14 \text{ m}^2 \quad 10 \text{ m}' \text{ lik taban düz kısmı}$$

$$\left(\frac{25 \times 0,7}{2} \right) \times 2 \times 2 = 35 \text{ m}^2 \quad \text{İki adet üçgen alt kısım}$$

olmak üzere havuz toplam yan yüzey alanı

$$A_{ty} = 108 + 216 + 14 + 35 = 373 \text{ m}^2 \text{ olarak bulunur.}$$

Havuz taban alanı :

En - Uzunluk (Üçgen kısımlarda hipotenüs)

$$30 \times 2 (25^2 + 0.7^2)^{1/2} = 1500,58 \text{ m}^2 \quad 2 \text{ adet tabanı } 25 \text{ m olan kısım}$$

$$30 \times 10 = 300 \text{ m}^2 \text{ taban düz kısım}$$

olmak üzere havuz taban alanı

$$A_{tab} = 1800,58 \text{ m}^2 \text{ olarak bulunur.}$$

Havuz Suyu Kondüksiyonla Isı Kaybı :

Denklem (3.21) yardımıyla,

$$\frac{1}{K_{yan}} = \frac{1}{7} + \frac{0,02}{1,2} + \frac{0,02}{0,15} + \frac{0,10}{0,035} + \frac{0,02}{0,15} + \frac{0,25}{1,5} + \frac{0,03}{1,20} + \frac{0,02}{0,75} + \frac{0,03}{0,90} + \frac{1}{500} = 3,29699$$

$$K_{yan} = 0,30331 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C} \text{ bulunur.}$$

$$\frac{1}{K_t} = \frac{1}{\infty} + 0 + 0 + \frac{0,003}{0,15} + \frac{0,10}{0,035} + \frac{0,002}{0,15} + \frac{0,03}{1,20} + \frac{0,35}{1,50} + \frac{0,02}{0,75} + \frac{0,03}{0,90} + \frac{1}{500} = 3,21081$$

$$K_t = 0,31145 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

$$A_{ty} = 373 \text{ m}^2$$

$$A_{tab} = 1800,58 \text{ m}^2$$

$$T_g = 13,8^\circ\text{C} \text{ (Ocak ayı için ortalama yer sıcaklığı, Ek-4)}$$

Havuz yan yüzeyi kondüksiyon ısı kaybı denklem (3.22)'den

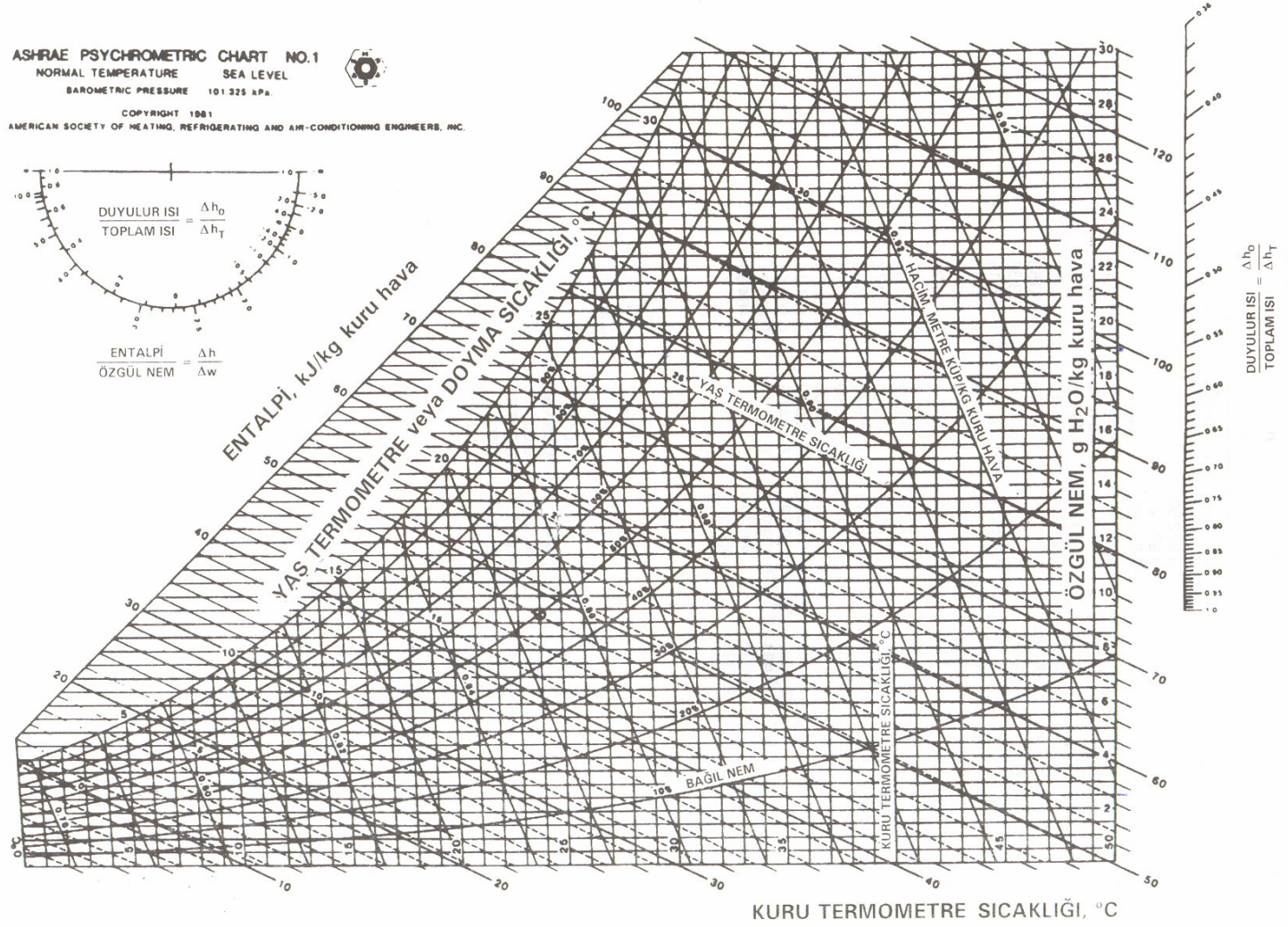
$$Q_{kondy} = \frac{K_{yan} \times A_{ty} \times (T_w - T_g)}{860} = \frac{0,30331 \times 373 \times (26 - 13,8)}{860} = 1,60 \text{ kW bulunur.}$$

Havuz tabanı kondüksiyonla ısı kaybı denklem (3.23)'den

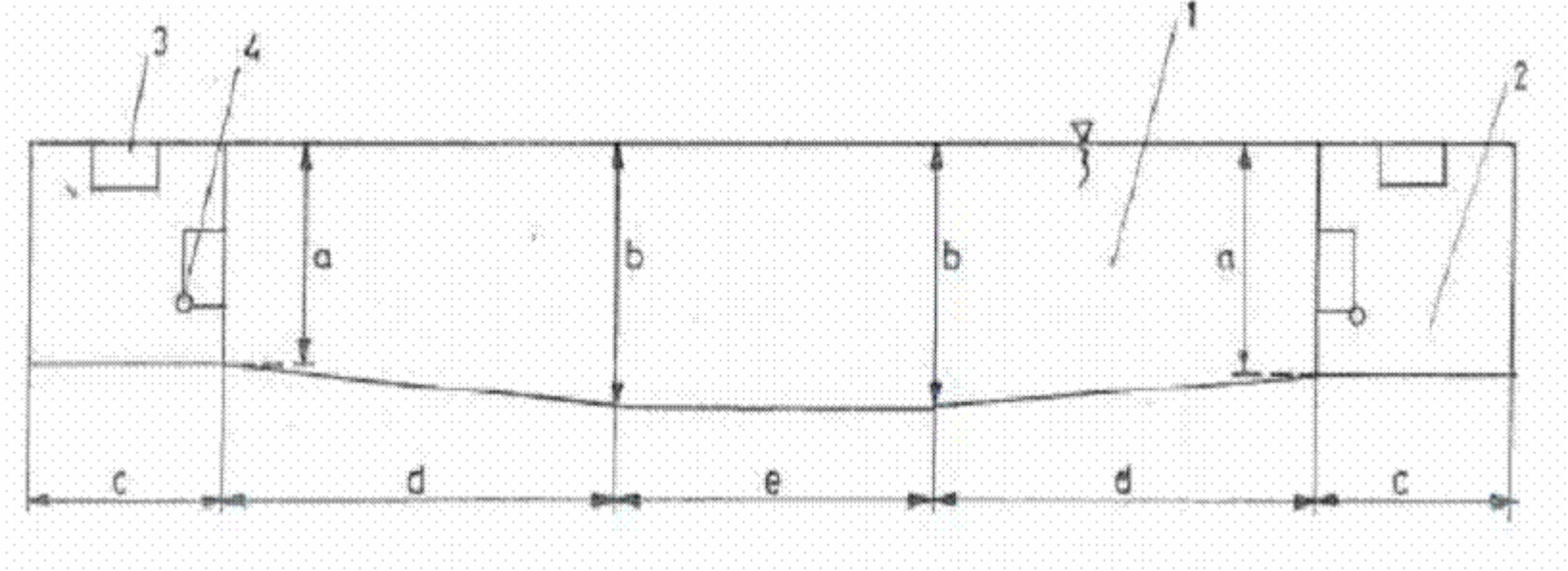
$$Q_{kondt} = \frac{K_t \times A_{tab} \times (T_w - T_g)}{860} = \frac{0,31145 \times 1800,58 \times (26 - 13,8)}{860} = 7,95 \text{ kW bulunur.}$$

Kondüksiyonla toplam ısı kaybı

$$Q_{kond} = Q_{kondy} + Q_{kondt} = 1,60 + 7,95 = 9,55 \text{ kW olarak bulunur.}$$



Şekil 5.1 Psikometrik kart



1.Havuz

2. Tesisat galerisi

3. Savak toplama hattı

4. Havuz suyu basma hattı

Ana boyutlar (m)

$$a = 1,8$$

$$b = 2,5$$

$$c = 3$$

$$d = 25$$

$$e = 10$$

Şekil 5.2 Havuz ön görünüşü

Havuz Etrafındaki Alanın Belirlenmesi:

Bölüm 1.4 ve Şekil 1.6 yardımıyla;

$k = 0,55$ bulunur.

$k = HEA/HSA$;

$HEA = k \times HSA = 0,55 \times 1800 = 990 \text{ m}^2$ bulunur.

5.1.5. Toplam Havuz Isı Kaybı Hesabı

$$Q_{\text{top}} = Q_{\text{konv}} + Q_{\text{evap}} + Q_{\text{kond}} + Q_{\text{rad}}$$

$$Q_{\text{top}} = -3,86 + 265 + 9,55 + 113,29$$

$$Q_{\text{top}} = 384 \text{ kW (Ocak ayındaki ısı kayıpları toplamıdır)}$$

Bu çalışmada seçilmiş olan Antalya, Adana, İstanbul ve Ankara illeri için çevre şartlarının (Ek-4, Ek-5, Ek-6, Ek-7) değişimine paralel olarak havuzlarda meydana gelecek kondüksiyon, radyasyon ve toplam ısı kayıpları (Çizelge 5.1-5.2) değişmektedir.

Ayrıca Ek-8'de Isısan-Buderus firmasının güneş enerjisi destekli ısıtma ve kullanım sıcak suyu üretimi tesisat şeması yer almaktadır. Bu tesisat şeması, yapılan uygulama hesapları için öngörülmüştür.

Çizelge 5.1 Antalya ve Adana illerinde havuzların aylara göre radyasyon, kondüksiyon ve toplam ısı kayıpları

Aylar	Antalya			Adana		
	Radyasyon Isı Kaybı (kW)	Kondüksiyon Isı Kaybı (kW)	Toplam Isı Kaybı (kW)	Radyasyon Isı Kaybı (kW)	Kondüksiyon Isı Kaybı (kW)	Toplam Isı Kaybı (kW)
Ocak	113,29	9,55	384,0	118,93	9,01	389,1
Şubat	109,04	8,67	380,6	111,8	9,87	382,9
Mart	94,01	7,89	364,6	93,29	8,54	363
Nisan	67,69	6,46	336,6	63,23	6,74	331,1
Mayıs	36,84	4,24	303,1	30,71	4,15	296
Haziran	1,90	1,63	265	1,11	1,33	263,6
Temmuz	-23,66	-0,52	236,9	-18,82	-1,02	241,3
Ağustos	-22,85	-1,63	236,3	-22,85	-2,35	235,9
Eylül	2,69	-1,17	262,4	0,32	-2,04	259,4
Ekim	38,37	0,52	300,1	34,55	0,08	295,0
Kasım	73,60	2,93	338,3	72,86	3,76	337,8
Aralık	100,48	5,87	368,7	106,2	6,74	374,1
	Toplam		3776,6	Toplam		3769,3

Çizelge 5.2 İstanbul ve Ankara illerinde havuzların aylara göre radyasyon, kondüksiyon ve toplam ısı kayıpları

Aylar	İstanbul			Ankara		
	Radyasyon Isı Kaybı (kW)	Kondüksiyon Isı Kaybı (kW)	Toplam Isı Kaybı (kW)	Radyasyon Isı Kaybı (kW)	Kondüksiyon Isı Kaybı (kW)	Toplam Isı Kaybı (kW)
Ocak	147,98	10,30	421,5	180,05	11,61	455,1
Şubat	145,25	11,09	419,7	175,44	12,65	451,8
Mart	137,02	10,76	411,1	150,69	11,87	426,1
Nisan	112,59	9,26	384,9	105,48	9,98	378,6
Mayıs	72,13	6,91	341,6	69,91	7,50	340,1
Haziran	36,08	4,43	302,5	40,65	5,22	308,1
Temmuz	16,01	2,67	280,4	13,67	3,33	278,8
Ağustos	15,23	2,02	278,8	15,23	2,09	278,9
Eylül	42,93	2,35	306,9	52,76	2,87	317,3
Ekim	74,34	4,04	340,3	93,29	5,15	360,6
Kasım	100,48	5,93	368,8	130,10	7,43	400,2
Aralık	128,02	8,35	399,2	165,49	9,85	438,5
	Toplam		4255,7	Toplam		4434,1

5.1.6. Havuz Suyuna İlk Isıtmada Verilen Isı

$$c_{p_{su}} = 1 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$$

$$V_{su} = 3525 \text{ m}^3$$

$$\rho_{su} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$t = 96 \text{ h (4 gün)}$$

Havuzaya verilen şehir suyu sıcaklığı; $T_s = 13,8^\circ\text{C}$ (En düşük şebeke su sıcaklığı Ocak ayındadır, Ek-4)

Havuz suyu miktarı denklem (3.25)'den

$$m_{su} = V_{su} \times \rho_{su} = 3525 \times 1000 = 3525000 \text{ kg bulunur.}$$

Havuz suyuna ilk ısıtmada verilen ısı miktarı denklem (3.26)'dan

$$Q_{havuz} = \frac{c_{p_{su}} \times m_{su} \times (T_w - T_s)}{t \times 860} = \frac{1 \times 3525000 \times (26 - 13,8)}{96 \times 860} = 520,89 \text{ kW bulunur.}$$

İlk ısıtmada suyu ısıtma süresinin 4 gün alınmasının sebebi, havuzun ilk ısıtmadan sonra uzun yıllar ilk ısıtma yapılmayacağıdır. Çünkü suyun hacmi çok fazladır. Suyun özelliğini koruyabilmesi için zaten fiziksel ve kimyasal müdahaleler de yapılmaktadır. Kazan kapasitesi de suyun ilk ısıtılma süresinin uzatılmasına paralel olarak azalacaktır. Yani Q_{havuz} kazanın ısıtma kapasitesine eşit olmalıdır. Sistem rejime girdikten sonra meydana gelen ısı kayıpları ise güneş enerjisi destekli doğalgazlı kalorifer kazanı ile karşılanacaktır.

5.2. Optimum Maliyetin Bulunması

Güneş enerjisi tesisatı (GET) bütün yıl kullanılacağından en uygun kollektör eğim açısı;

$$S = \text{Enlem} \times 0,9 \text{ (Arınç, 2005) alınabilir.}$$

$$\text{Antalya ili için enlem } 36^\circ 55' \text{ olup } S = (36^\circ 55') \times 0,9 \approx 30^\circ \text{ bulunur.}$$

Ocak ayında eğik düzleme gelen güneş ışınımı; $Q_i = 10,9 \text{ MJ/m}^2\text{gün}$ (Ek-4)

$$A = 0,97 \text{ (Enlem } 36^\circ 55' \text{ için)}$$

$$\eta = \eta_c \times \eta_e \times \eta_m = 0,85 \times 0,85 \times 0,90 = 0,65$$

Sistemimiz güneş enerjisi destekli çalışacağından optimum maliyet için en uygun çözüm farklı kolektör alanlarını denemektir. Böylece Şekil 4.1 ve Şekil 4.2'deki gibi eğriler elde edilecektir. Bu eğrilerin yatay eksene en yakın olduğu nokta, bize optimum maliyeti sağlayacak olan kolektör alanını verecektir.

$A_c = 1000 \text{ m}^2$ alındı.

Denklem (3.21)'de $A_c = \frac{Q_r}{\eta \cdot Q_i} \text{ m}^2$ verilmişti.

$$Q_r = \frac{\eta \cdot Q_i \cdot A_c}{86,4} = \frac{0,65 \times 10,9 \times 1000 \times 0,97}{86,4} = 82,0 \text{ kW yazabiliriz.}$$

Geri kalan ısıtmayı doğalgaz kazanı yapacaktır. Yani ocak ayındaki toplam ısı kaybından (384 kW) güneş enerjisi tesisatının verdiği ısı miktarı (82,0 kW) çıkarılır. Çizelge 5.3'de 1000 m^2 kolektör alanında aylara göre elde edilen güneş enerjisi miktarları ve yardımcı enerji tesisatının (YET) karşılaması gereken enerji miktarları yer almaktadır.

Çizelge 5.3 Antalya ili için yıllık toplam ısı kaybı, 1000 m² kolektör alanında elde edilen güneş enerjisi miktarı ve yardımcı enerji tesisatının (YET) karşılaması gereken enerji miktarı

Aylar	Toplam Isı Kaybı (kW)	GET (kW)	YET (kW)
Ocak	384,0	82,0	302,0
Şubat	380,6	99,3	281,3
Mart	364,6	120,4	244,2
Nisan	336,6	139,9	196,7
Mayıs	303,1	158,0	145,1
Haziran	265	167,8	97,2
Temmuz	236,9	170,8	66,1
Ağustos	236,3	170,0	66,3
Eylül	262,4	155,7	106,7
Ekim	300,1	127,9	172,2
Kasım	338,3	104,6	233,7
Aralık	368,7	79,0	289,7
Toplam	3766,6	1575,3	2191,3

Doğalgaz birim yakıt fiyatı KDV ile; (www.igdas.com) (Mart-2006)

$YF = 0,4387 \times 1,18 = 0,51$ YTL/m³ bulunur.

GET yatırım maliyeti denklem (4.2)'den bulunur.

$I_A = 461 \times A_c = 461 \times 1000 = 461.000$ YTL bulunur.

YET yatırım maliyeti, ilk ısıtmada suya verilmesi gereken ısı miktarına göre denklem (4.3)'den

$I_A = 0,175 \times Q_r = 0,175 \times 520,98 \times 860 = 78.407$ YTL bulunur.

Yıllık nominal faiz oranı $i = \%8$ (www.die.gov) ve her iki sistemin toplam ömrü $n = 15$ yıl olarak alınmıştır.

Amortisman faktörü (AF) denklem (4.5)'den bulunur.

$$AF = \frac{(1+i)^n \cdot xi}{(1+i)^n - 1} = \frac{(1+0,08)^{15} \cdot 0,08}{(1+0,08)^{15} - 1} = 0,117 \text{ bulunur.}$$

İlk yatırımın yıllık maliyeti GET için denklem (4.4)'den

$$C_{A(GET)} = I_{A(GET)} \cdot xAF = 461.000 \times 0,117 = 53.858 \text{ YTL/yıl bulunur.}$$

İlk yatırımın yıllık maliyeti YET için denklem (4.4)'den

$$C_{A(YET)} = I_{A(YET)} \cdot xAF = 78.407 \times 0,117 = 9.160 \text{ YTL/yıl bulunur.}$$

$$e_f = \%2,1 \text{ (www.demon.co.uk/geosci)}$$

Çizelge 5.2'den YET'in kW cinsinden üreteceği toplam enerji miktarı alınmıştır.

Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı

$$\text{Yıllık Doğalgaz İhtiyacı} = \frac{\text{Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı}}{\text{Doğalgaz Alt Isıl Değeri} \times \text{Doğalgaz Isıtıcı Verimi}}$$

$$\text{Yıllık Doğalgaz İhtiyacı} = \frac{2191,3 \times 860 \times 24 \times 30}{8250 \times 0,9} = 182.741 \text{ m}^3/\text{yıl}$$

YET için yıllık işletme maliyeti denklem (4.8)'den bulunur. Yıllık bakım masrafı, YET için ilk yatırımın %1'i kadar alınmıştır.

$$(C_{OM}) = (\text{Yıllık Yakıt Miktarı} \times \text{Yakıt Birim Fiyatı}) + \text{Yıllık Bakım Masrafı}$$

$$(C_{OM}) = 182.741 \times 0,51 + 9.160 \times 0,01 = 93.289 \text{ YTL/yıl}$$

YET için bugünkü koşullarda toplam yıllık işletme maliyetinin bugünkü değeri denklem (4.6)'dan bulunur.

$$(I_{OM})_{PW} = (C_{OM}) \times \frac{1}{(i - e_f)} \left[1 - (1 + e_f)^n (1 + i)^{-n} \right]$$

$$(I_{OM})_{PW} = 93.289x \frac{1}{(0,08 - 0,021)} \left[1 - (1 + 0,021)^{15} \cdot (1 + 0,08)^{-15} \right] = 909.315 \text{ YTL/yıl}$$

YET için eşdeğer yıllık işletme maliyeti denklem (4.9)'dan bulunur.

$$C_{OM(AV)} = (I_{OM})_{PW} \times AF = 909.315 \times 0,117 = 106.389 \text{ YTL/yıl}$$

Yıllık toplam maliyeti denklem (4.10)'dan bulunur.

$$C_T = C_{A(YET)} + C_{OM(AV)(YET)} + C_{A(GET)}$$

$$C_T = 9.160 + 106.389 + 53.858 = 169.407 \text{ YTL/yıl}$$

Bu işlemleri farklı kollektör alanlarına göre yaparsak Antalya için Çizelge 5.4'ü, Adana için Çizelge 5.5'i, İstanbul için Çizelge 5.6'yı ve Ankara için Çizelge 5.7'yi elde ederiz.

Antalya için 1600 m² kollektör alanında güneş enerjisi ile 2443,8 kW enerji üretilirken, doğalgazlı kalorifer tesisatı ile 1332,8 kW enerji üretilmektedir. Böylece güneş enerjisi ile %64,7 faydalanma oranı karşımıza çıkmaktadır (Çizelge 5.4).

Adana için 1600 m² kollektör alanında güneş enerjisi ile 2385,1 kW enerji üretilirken, doğalgazlı kalorifer tesisatı ile 1384,0 kW enerji üretilmektedir. Böylece güneş enerjisi ile %63,3 faydalanma oranı elde edilmektedir (Çizelge 5.5).

İstanbul için 1800 m² kollektör alanında güneş enerjisi ile 2334,5 kW enerji üretilirken, doğalgazlı kalorifer tesisatı ile 1921,2 kW enerji üretilmektedir. Böylece güneş enerjisi ile %54,9 faydalanma oranı elde edilmektedir (Çizelge 5.6).

Ankara için 1700 m² kollektör alanında güneş enerjisi ile 2409,6 kW enerji üretilirken, doğalgazlı kalorifer tesisatı ile 2024,5 kW enerji üretilmektedir. Böylece güneş enerjisi ile %54,3 faydalanma oranına ulaşılmaktadır (Çizelge 5.7).

Yıllık nominal faiz oranı i , işletme-bakım masraflarının geleceğe yönelik yıllık eskalasyon oranı olan e_f ile toplam enerji maliyetleri olan C_T 'nin değişimi Çizelge 5.8-5.19'da görülmektedir.

Çizelge 5.4 Antalya ili için $i = \%8$ ve $e_f = \%2,1$ durumunda farklı kollektör alalarına göre optimum maliyetin sağlanması

Kollektör Alanı (m ²)	GET	YET		C _T (YTL/yıl)
	C _A (YTL/yıl)	C _A (YTL/yıl)	C _{OM (AV)} (YTL/yıl)	
0	-	9.160	182.000	191.161
700	37.701	9.160	129.141	176.002
800	43.087	9.160	121.589	173.836
900	48.473	9.160	114.038	171.671
1000	53.858	9.160	106.487	169.505
1100	59.244	9.160	98.935	167.340
1200	64.630	9.160	91.384	165.174
1300	70.016	9.160	83.333	163.009
1400	75.402	9.160	76.469	161.031
1500	80.788	9.160	70.552	160.500
1600	86.173	9.160	64.800	160.133
1700	91.559	9.160	59.799	160.519
1800	96.945	9.160	55.434	161.539
1900	102.331	9.160	51.068	162.559
2000	107.717	9.160	47.320	164.197
2100	113.103	9.160	43.712	165.975
2200	118.489	9.160	40.104	167.753
2300	123.874	9.160	36.496	169.531
2400	129.260	9.160	33.217	171.637
2500	134.646	9.160	30.856	174.663

Çizelge 5.5 Adana ili için $i = \%8$ ve $e_f = \%2,1$ durumunda farklı kollektör alalarına göre optimum maliyetin sağlanması

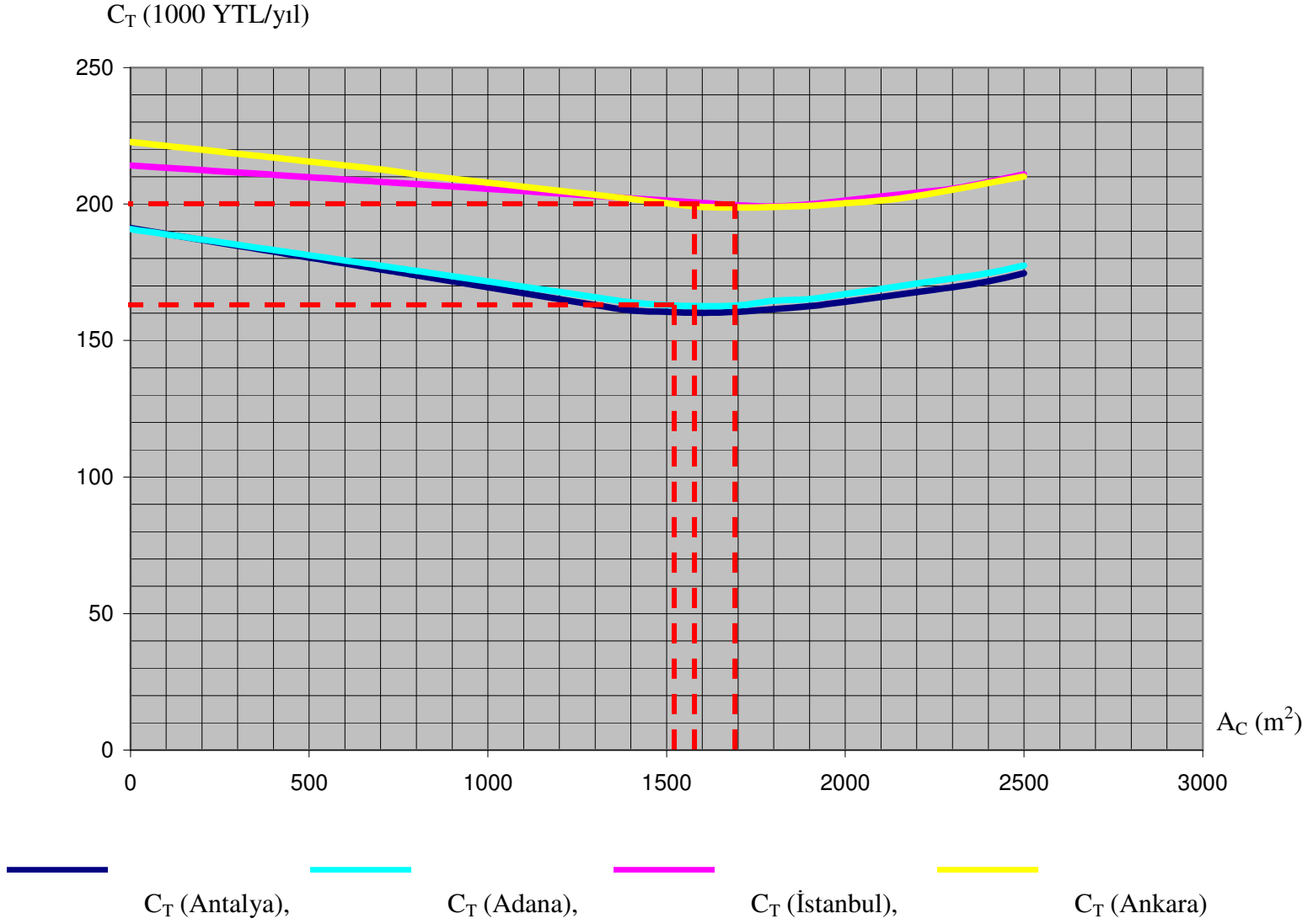
Kollektör Alanı (m ²)	GET	YET		C _T (YTL/yıl)
	C _A (YTL/yıl)	C _A (YTL/yıl)	C _{OM (AV)} (YTL/yıl)	
0	-	9.160	181.641	190.801
700	37.701	9.160	130.524	177.385
800	43.087	9.160	123.221	175.468
900	48.473	9.160	115.919	173.551
1000	53.858	9.160	108.616	171.635
1100	59.244	9.160	101.314	169.718
1200	64.630	9.160	94.012	167.802
1300	70.016	9.160	86.709	165.885
1400	75.402	9.160	79.407	163.969
1500	80.788	9.160	72.977	162.925
1600	86.173	9.160	67.259	162.592
1700	91.559	9.160	62.147	162.866
1800	99.368	9.160	55.781	164.579
1900	102.331	9.160	53.675	165.166
2000	107.717	9.160	50.134	167.011
2100	113.103	9.160	46.667	168.930
2200	118.489	9.160	43.200	170.848
2300	123.874	9.160	39.732	172.767
2400	129.260	9.160	36.265	174.685
2500	134.646	9.160	33.710	177.516

Çizelge 5.6 İstanbul ili için $i = \%8$ ve $e_f = \%2,1$ durumunda farklı kollektör alalarına göre optimum maliyetin sağlanması

Kollektör Alanı (m ²)	GET	YET		C _T (YTL/yıl)
	C _A (YTL/yıl)	C _A (YTL/yıl)	C _{OM (AV)} (YTL/yıl)	
0	-	9.160	204.977	214.137
700	37.701	9.160	161.260	208.121
800	43.087	9.160	155.014	207.261
900	48.473	9.160	148.769	206.402
1000	53.858	9.160	142.524	205.542
1100	59.244	9.160	136.278	204.683
1200	64.630	9.160	130.033	203.823
1300	70.016	9.160	123.788	202.964
1400	75.402	9.160	117.543	202.104
1500	80.788	9.160	111.297	201.245
1600	86.173	9.160	105.052	200.385
1700	91.559	9.160	98.807	199.526
1800	96.945	9.160	93.019	199.125
1900	102.331	9.160	88.384	199.875
2000	107.717	9.160	84.422	201.299
2100	113.103	9.160	80.461	202.723
2200	118.489	9.160	76.499	204.148
2300	123.874	9.160	72.538	205.572
2400	129.260	9.160	69.687	208.107
2500	134.646	9.160	67.068	210.874

Çizelge 5.7 Ankara ili için $i = \%8$ ve $e_f = \%2,1$ durumunda farklı kollektör alalarına göre optimum maliyetin sağlanması

Kollektör Alanı (m ²)	GET	YET		C _T (YTL/yıl)
	C _A (YTL/yıl)	C _A (YTL/yıl)	C _{OM (AV)} (YTL/yıl)	
0	-	9.160	213.532	222.692
700	37.701	9.160	165.396	212.256
800	43.087	9.160	158.519	210.766
900	48.473	9.160	151.642	209.275
1000	53.858	9.160	144.766	207.784
1100	59.244	9.160	137.889	206.293
1200	64.630	9.160	131.012	204.802
1300	70.016	9.160	124.135	203.311
1400	75.402	9.160	117.259	201.821
1500	80.788	9.160	110.382	200.330
1600	86.173	9.160	103.585	198.919
1700	91.559	9.160	97.974	198.693
1800	96.945	9.160	92.750	198.855
1900	102.331	9.160	87.831	199.322
2000	107.717	9.160	83.400	200.277
2100	113.103	9.160	78.982	201.245
2200	118.489	9.160	75.277	202.925
2300	123.874	9.160	72.189	205.224
2400	129.260	9.160	69.220	207.640
2500	134.646	9.160	66.251	210.054



Şekil 5.3 Toplam enerji maliyeti (C_T) ile kolektör alanı (A_C) arasındaki ilişki

Çizelge 5.8 Antalya ili için $i = \%7$ durumunda A_c , e_f ve C_T değerlerinin değişimi

A_c (m ²)	e_f (%)	C_T (YTL/yıl)	e_f (%)	C_T (YTL/yıl)	e_f (%)	C_T (YTL/yıl)	e_f (%)	C_T (YTL/yıl)	e_f (%)	C_T (YTL/yıl)
0	1,7	186.920	1,9	189.063	2,1	191.239	2,3	193.450	2,5	195.697
700	1,7	170.563	1,9	172.083	2,1	173.627	2,3	175.196	2,5	176.791
800	1,7	168.226	1,9	169.657	2,1	171.111	2,3	172.589	2,5	174.090
900	1,7	165.889	1,9	167.232	2,1	168.595	2,3	169.891	2,5	171.389
1000	1,7	163.553	1,9	164.806	2,1	166.079	2,3	167.373	2,5	168.688
1100	1,7	161.216	1,9	162.380	2,1	163.563	2,3	164.765	2,5	165.987
1200	1,7	158.879	1,9	159.955	2,1	161.047	2,3	162.158	2,5	163.286
1300	1,7	156.542	1,9	157.529	2,1	158.532	2,3	159.550	2,5	160.585
1400	1,7	154.390	1,9	155.290	2,1	156.204	2,3	157.133	2,5	158.077
1500	1,7	153.654	1,9	154.484	2,1	155.328	2,3	156.185	2,5	157.056
1600	1,7	153.079	1,9	153.842	2,1	154.617	2,3	155.404	2,5	156.204
1700	1,7	153.242	1,9	153.946	2,1	154.661	2,3	155.388	2,5	156.026
1800	1,7	154.027	1,9	154.679	2,1	155.342	2,3	156.015	2,5	156.700
1900	1,7	154.811	1,9	155.412	2,1	156.023	2,3	156.643	2,5	157.274
2000	1,7	156.200	1,9	156.757	2,1	157.323	2,3	157.898	2,5	158.482
2100	1,7	157.727	1,9	158.242	2,1	158.764	2,3	159.295	2,5	159.835
2200	1,7	159.254	1,9	159.726	2,1	160.205	2,3	160.693	2,5	161.188
2300	1,7	160.780	1,9	161.210	2,1	161.646	2,3	162.090	2,5	162.540
2400	1,7	162.629	1,9	163.020	2,1	163.417	2,3	163.821	2,5	164.231
2500	1,7	165.378	1,9	165.741	2,1	166.110	2,3	166.485	2,5	166.866

Çizelge 5.9 Antalya ili için $i = \%8$ durumunda A_c , e_f ve C_T değerlerinin değişimi

A_c (m ²)	e_f (%)	C_T (YTL/yıl)	e_f (%)	C_T (YTL/yıl)	e_f (%)	C_T (YTL/yıl)	e_f (%)	C_T (YTL/yıl)	e_f (%)	C_T (YTL/yıl)
0	1,7	186.974	1,9	189.051	2,1	191.161	2,3	193.303	2,5	195.480
700	1,7	173.031	1,9	174.505	2,1	176.002	2,3	177.522	2,5	179.067
800	1,7	171.040	1,9	172.427	2,1	173.836	2,3	175.268	2,5	176.722
900	1,7	169.040	1,9	170.349	2,1	171.671	2,3	173.014	2,5	174.377
1000	1,7	167.056	1,9	168.271	2,1	169.505	2,3	170.759	2,5	172.033
1100	1,7	165.064	1,9	166.193	2,1	167.340	2,3	168.505	2,5	169.688
1200	1,7	163.072	1,9	164.115	2,1	165.174	2,3	166.250	2,5	167.343
1300	1,7	161.081	1,9	162.037	2,1	163.009	2,3	163.996	2,5	164.999
1400	1,7	159.272	1,9	160.145	2,1	161.031	2,3	161.932	2,5	162.846
1500	1,7	158.877	1,9	159.682	2,1	160.500	2,3	161.331	2,5	162.175
1600	1,7	158.643	1,9	159.382	2,1	160.133	2,3	160.896	2,5	161.671
1700	1,7	159.143	1,9	159.826	2,1	160.519	2,3	161.223	2,5	161.938
1800	1,7	160.264	1,9	160.897	2,1	161.539	2,3	162.192	2,5	162.855
1900	1,7	161.385	1,9	161.968	2,1	162.559	2,3	163.161	2,5	163.731
2000	1,7	163.109	1,9	163.649	2,1	164.197	2,3	164.754	2,5	165.320
2100	1,7	164.970	1,9	165.468	2,1	165.975	2,3	166.490	2,5	167.012
2200	1,7	166.830	1,9	167.288	2,1	167.753	2,3	168.225	2,5	168.705
2300	1,7	168.691	1,9	169.108	2,1	169.531	2,3	169.961	2,5	170.397
2400	1,7	170.873	1,9	171.252	2,1	171.637	2,3	172.028	2,5	172.425
2500	1,7	173.953	1,9	174.305	2,1	174.663	2,3	175.026	2,5	175.395

Çizelge 5.10 Antalya ili için $i = \%9$ durumunda A_c , e_f ve C_T değerlerinin değişimi

A_c (m ²)	e_f (%)	C_T (YTL/yıl)	e_f (%)	C_T (YTL/yıl)	e_f (%)	C_T (YTL/yıl)	e_f (%)	C_T (YTL/yıl)	e_f (%)	C_T (YTL/yıl)
0	1,7	187.056	1,9	189.069	2,1	191.114	2,3	193.190	2,5	195.298
700	1,7	175.587	1,9	177.015	2,1	178.466	2,3	179.939	2,5	181.436
800	1,7	173.944	1,9	175.294	2,1	176.659	2,3	178.046	2,5	179.455
900	1,7	172.310	1,9	173.572	2,1	174.853	2,3	176.154	2,5	177.475
1000	1,7	170.672	1,9	171.850	2,1	173.046	2,3	174.261	2,5	175.494
1100	1,7	169.033	1,9	170.128	2,1	171.239	2,3	172.368	2,5	173.514
1200	1,7	167.395	1,9	168.406	2,1	169.432	2,3	170.475	2,5	171.534
1300	1,7	165.756	1,9	166.684	2,1	167.626	2,3	168.582	2,5	169.553
1400	1,7	164.301	1,9	165.147	2,1	166.006	2,3	166.878	2,5	167.764
1500	1,7	164.255	1,9	165.036	2,1	165.828	2,3	166.633	2,5	167.450
1600	1,7	164.369	1,9	165.086	2,1	165.814	2,3	166.553	2,5	167.304
1700	1,7	165.216	1,9	165.878	2,1	166.550	2,3	167.232	2,5	167.925
1800	1,7	166.682	1,9	167.295	2,1	167.918	2,3	168.550	2,5	169.193
1900	1,7	168.148	1,9	168.713	2,1	169.286	2,3	169.869	2,5	170.460
2000	1,7	170.215	1,9	170.738	2,1	171.270	2,3	171.810	2,5	172.358
2100	1,7	172.419	1,9	172.902	2,1	173.393	2,3	173.892	2,5	174.398
2200	1,7	174.622	1,9	175.066	2,1	175.516	2,3	175.974	2,5	176.439
2300	1,7	176.826	1,9	177.230	2,1	177.640	2,3	178.056	2,5	178.479
2400	1,7	179.350	1,9	179.717	2,1	180.090	2,3	180.469	2,5	180.854
2500	1,7	182.769	1,9	183.111	2,1	183.457	2,3	183.809	2,5	184.167

Çizelge 5.11 Adana ili için $i = \%7$ durumunda A_c , e_f ve C_T değerlerinin değişimi

A_c (m ²)	e_f (%)	C_T (YTL/yıl)	e_f (%)	C_T (YTL/yıl)	e_f (%)	C_T (YTL/yıl)	e_f (%)	C_T (YTL/yıl)	e_f (%)	C_T (YTL/yıl)
0	1,7	187.119	1,9	189.257	2,1	191.429	2,3	193.636	2,5	195.879
700	1,7	172.469	1,9	174.005	2,1	175.566	2,3	177.152	2,5	178.763
800	1,7	170.376	1,9	171.827	2,1	173.300	2,3	174.797	2,5	176.318
900	1,7	168.283	1,9	169.648	2,1	171.034	2,3	172.442	2,5	173.873
1000	1,7	166.191	1,9	167.469	2,1	168.768	2,3	170.088	2,5	171.428
1100	1,7	164.098	1,9	165.290	2,1	166.502	2,3	167.733	2,5	168.983
1200	1,7	162.005	1,9	163.111	2,1	164.236	2,3	165.378	2,5	166.538
1300	1,7	159.912	1,9	160.932	2,1	161.969	2,3	163.023	2,5	164.093
1400	1,7	157.819	1,9	158.754	2,1	159.703	2,3	160.668	2,5	161.648
1500	1,7	156.581	1,9	157.440	2,1	158.313	2,3	159.200	2,5	160.100
1600	1,7	156.040	1,9	156.832	2,1	157.636	2,3	158.453	2,5	159.283
1700	1,7	156.093	1,9	156.825	2,1	157.568	2,3	158.223	2,5	159.090
1800	1,7	156.980	1,9	157.632	2,1	158.354	2,3	159.057	2,5	159.772
1900	1,7	157.917	1,9	158.548	2,1	159.190	2,3	159.842	2,5	160.505
2000	1,7	159.509	1,9	160.099	2,1	160.698	2,3	161.307	2,5	161.926
2100	1,7	161.173	1,9	161.723	2,1	162.281	2,3	162.848	2,5	163.424
2200	1,7	162.838	1,9	163.346	2,1	163.863	2,3	164.388	2,5	164.921
2300	1,7	164.502	1,9	164.970	2,1	165.445	2,3	165.928	2,5	166.418
2400	1,7	166.167	1,9	166.594	2,1	167.028	2,3	167.468	2,5	167.916
2500	1,7	168.725	1,9	169.122	2,1	169.525	2,3	169.934	2,5	170.350

Çizelge 5.12 Adana ili için $i = \%8$ durumunda A_c , e_f ve C_T değerlerinin değişimi

A_c (m ²)	e_f (%)	C_T (YTL/yıl)	e_f (%)	C_T (YTL/yıl)	e_f (%)	C_T (YTL/yıl)	e_f (%)	C_T (YTL/yıl)	e_f (%)	C_T (YTL/yıl)
0	1,7	186.622	1,9	188.695	2,1	190.801	2,3	192.939	2,5	195.112
700	1,7	174.382	1,9	175.872	2,1	177.385	2,3	178.921	2,5	180.482
800	1,7	172.634	1,9	174.040	2,1	175.468	2,3	176.919	2,5	178.392
900	1,7	170.885	1,9	172.208	2,1	173.551	2,3	174.916	2,5	176.303
1000	1,7	169.136	1,9	170.376	2,1	171.635	2,3	172.914	2,5	174.213
1100	1,7	167.388	1,9	168.544	2,1	169.718	2,3	170.911	2,5	172.123
1200	1,7	165.639	1,9	166.712	2,1	167.802	2,3	168.909	2,5	170.033
1300	1,7	163.891	1,9	164.880	2,1	165.885	2,3	166.906	2,5	167.943
1400	1,7	162.142	1,9	163.048	2,1	163.969	2,3	164.904	2,5	165.853
1500	1,7	161.246	1,9	162.079	2,1	162.925	2,3	163.784	2,5	164.657
1600	1,7	161.045	1,9	161.813	2,1	162.592	2,3	163.384	2,5	164.188
1700	1,7	161.437	1,9	162.146	2,1	162.866	2,3	163.598	2,5	164.341
1800	1,7	162.659	1,9	163.320	2,1	164.579	2,3	164.672	2,5	165.365
1900	1,7	163.932	1,9	164.544	2,1	165.166	2,3	165.798	2,5	166.440
2000	1,7	165.858	1,9	166.430	2,1	167.011	2,3	167.601	2,5	168.201
2100	1,7	167.856	1,9	168.389	2,1	168.980	2,3	169.479	2,5	170.037
2200	1,7	169.855	1,9	170.347	2,1	170.848	2,3	171.357	2,5	171.873
2300	1,7	171.853	1,9	172.306	2,1	172.767	2,3	173.235	2,5	173.710
2400	1,7	173.851	1,9	174.265	2,1	174.685	2,3	175.112	2,5	175.546
2500	1,7	176.740	1,9	177.125	2,1	177.516	2,3	177.913	2,5	178.316

Çizelge 5.13 Adana ili için $i = \%9$ durumunda A_c , e_f ve C_T değerlerinin değişimi

A_c (m ²)	e_f (%)	C_T (YTL/yıl)	e_f (%)	C_T (YTL/yıl)	e_f (%)	C_T (YTL/yıl)	e_f (%)	C_T (YTL/yıl)	e_f (%)	C_T (YTL/yıl)
0	1,7	186.138	1,9	188.148	2,1	190.188	2,3	192.260	2,5	194.364
700	1,7	176.367	1,9	177.811	2,1	179.277	2,3	180.766	2,5	182.278
800	1,7	174.971	1,9	176.334	2,1	177.719	2,3	179.124	2,5	180.552
900	1,7	173.576	1,9	174.858	2,1	176.160	2,3	177.482	2,5	178.825
1000	1,7	172.180	1,9	173.381	2,1	174.601	2,3	175.840	2,5	177.099
1100	1,7	170.784	1,9	171.905	2,1	173.043	2,3	174.198	2,5	175.372
1200	1,7	169.388	1,9	170.428	2,1	171.484	2,3	172.566	2,5	173.646
1300	1,7	167.992	1,9	168.951	2,1	169.925	2,3	170.914	2,5	171.919
1400	1,7	166.596	1,9	167.475	2,1	168.367	2,3	169.272	2,5	170.192
1500	1,7	166.051	1,9	166.858	2,1	167.678	2,3	168.510	2,5	169.356
1600	1,7	166.198	1,9	166.942	2,1	167.698	2,3	168.465	2,5	169.244
1700	1,7	166.937	1,9	167.624	2,1	168.322	2,3	169.031	2,5	169.751
1800	1,7	168.504	1,9	169.144	2,1	169.795	2,3	170.455	2,5	171.126
1900	1,7	170.121	1,9	170.715	2,1	171.317	2,3	171.930	2,5	172.552
2000	1,7	172.390	1,9	172.944	2,1	173.507	2,3	174.079	2,5	174.660
2100	1,7	174.730	1,9	175.247	2,1	175.771	2,3	176.303	2,5	176.844
2200	1,7	177.071	1,9	177.549	2,1	178.034	2,3	178.527	2,5	179.028
2300	1,7	179.412	1,9	179.852	2,1	180.298	2,3	180.751	2,5	181.212
2400	1,7	181.753	1,9	182.154	2,1	182.562	2,3	182.975	2,5	183.396
2500	1,7	184.982	1,9	185.355	2,1	185.734	2,3	186.118	2,5	186.509

Çizelge 5.14 İstanbul ili için $i = \%7$ durumunda A_c , e_f ve C_T değerlerinin değişimi

A_c (m ²)	e_f (%)	C_T (YTL/yıl)	e_f (%)	C_T (YTL/yıl)	e_f (%)	C_T (YTL/yıl)	e_f (%)	C_T (YTL/yıl)	e_f (%)	C_T (YTL/yıl)
0	1,7	209.983	1,9	212.395	2,1	214.846	2,3	217.337	2,5	219.867
700	1,7	202.582	1,9	204.480	2,1	206.409	2,3	208.368	2,5	210.359
800	1,7	201.525	1,9	203.350	2,1	205.203	2,3	207.087	2,5	209.000
900	1,7	200.468	1,9	202.219	2,1	203.998	2,3	205.805	2,5	207.642
1000	1,7	199.411	1,9	201.088	2,1	202.793	2,3	204.524	2,5	206.284
1100	1,7	198.353	1,9	199.957	2,1	201.587	2,3	203.243	2,5	204.925
1200	1,7	197.296	1,9	198.827	2,1	200.382	2,3	201.962	2,5	203.567
1300	1,7	196.239	1,9	197.696	2,1	199.176	2,3	200.680	2,5	202.208
1400	1,7	195.182	1,9	196.565	2,1	197.971	2,3	199.399	2,5	200.850
1500	1,7	194.125	1,9	195.435	2,1	196.766	2,3	198.118	2,5	199.492
1600	1,7	193.067	1,9	194.304	2,1	195.560	2,3	196.837	2,5	198.133
1700	1,7	192.010	1,9	193.173	2,1	194.355	2,3	195.555	2,5	196.775
1800	1,7	191.402	1,9	192.497	2,1	193.609	2,3	194.739	2,5	195.887
1900	1,7	191.921	1,9	192.962	2,1	194.019	2,3	195.092	2,5	196.184
2000	1,7	193.102	1,9	194.095	2,1	195.105	2,3	196.131	2,5	197.173
2100	1,7	194.282	1,9	195.229	2,1	196.191	2,3	197.169	2,5	198.162
2200	1,7	195.462	1,9	196.363	2,1	197.278	2,3	198.207	2,5	199.151
2300	1,7	196.643	1,9	197.497	2,1	198.364	2,3	199.245	2,5	200.141
2400	1,7	198.912	1,9	199.732	2,1	200.565	2,3	201.412	2,5	202.272
2500	1,7	201.407	1,9	202.196	2,1	202.998	2,3	203.813	2,5	204.641

Çizelge 5.15 İstanbul ili için $i = \%8$ durumunda A_c , e_f ve C_T değerlerinin değişimi

A_c (m ²)	e_f (%)	C_T (YTL/yıl)	e_f (%)	C_T (YTL/yıl)	e_f (%)	C_T (YTL/yıl)	e_f (%)	C_T (YTL/yıl)	e_f (%)	C_T (YTL/yıl)
0	1,7	209.422	1,9	211.761	2,1	214.137	2,3	216.550	2,5	219.001
700	1,7	204.411	1,9	206.251	2,1	208.121	2,3	210.019	2,5	211.948
800	1,7	203.695	1,9	205.464	2,1	207.261	2,3	209.086	2,5	210.940
900	1,7	202.980	1,9	204.677	2,1	206.402	2,3	208.153	2,5	209.932
1000	1,7	202.264	1,9	203.890	2,1	205.542	2,3	207.220	2,5	208.925
1100	1,7	201.548	1,9	203.103	2,1	204.683	2,3	206.287	2,5	207.917
1200	1,7	200.832	1,9	202.316	2,1	203.823	2,3	205.354	2,5	206.909
1300	1,7	200.116	1,9	201.529	2,1	202.964	2,3	204.421	2,5	205.902
1400	1,7	199.401	1,9	200.742	2,1	202.104	2,3	203.488	2,5	204.894
1500	1,7	198.695	1,9	199.955	2,1	201.245	2,3	202.555	2,5	203.886
1600	1,7	197.969	1,9	199.168	2,1	200.385	2,3	201.622	2,5	202.879
1700	1,7	197.253	1,9	198.381	2,1	199.526	2,3	200.689	2,5	201.871
1800	1,7	196.985	1,9	198.046	2,1	199.125	2,3	200.220	2,5	201.332
1900	1,7	197.841	1,9	198.850	2,1	199.875	2,3	200.915	2,5	201.972
2000	1,7	199.357	1,9	200.320	2,1	201.299	2,3	202.293	2,5	203.302
2100	1,7	200.872	1,9	201.791	2,1	202.723	2,3	203.671	2,5	204.633
2200	1,7	202.382	1,9	203.261	2,1	204.148	2,3	205.048	2,5	205.963
2300	1,7	203.903	1,9	204.731	2,1	205.572	2,3	206.426	2,5	207.293
2400	1,7	206.504	1,9	207.300	2,1	208.107	2,3	208.928	2,5	209.761
2500	1,7	209.331	1,9	210.069	2,1	210.874	2,3	211.663	2,5	212.466

Çizelge 5.16 İstanbul ili için $i = \%9$ durumunda A_c , e_f ve C_T değerlerinin değişimi

A_c (m ²)	e_f (%)	C_T (YTL/yıl)	e_f (%)	C_T (YTL/yıl)	e_f (%)	C_T (YTL/yıl)	e_f (%)	C_T (YTL/yıl)	e_f (%)	C_T (YTL/yıl)
0	1,7	209.875	1,9	211.143	2,1	213.445	2,3	215.784	2,5	215.158
700	1,7	206.314	1,9	208.098	2,1	209.910	2,3	211.749	2,5	213.617
800	1,7	205.948	1,9	207.663	2,1	209.404	2,3	211.173	2,5	212.969
900	1,7	205.582	1,9	207.228	2,1	208.899	2,3	210.596	2,5	212.320
1000	1,7	205.217	1,9	206.793	2,1	208.394	2,3	210.020	2,5	211.671
1100	1,7	204.851	1,9	206.358	2,1	207.889	2,3	209.444	2,5	211.023
1200	1,7	204.485	1,9	205.923	2,1	207.384	2,3	208.867	2,5	210.374
1300	1,7	204.119	1,9	205.488	2,1	206.879	2,3	208.291	2,5	209.725
1400	1,7	203.753	1,9	205.053	2,1	206.374	2,3	207.715	2,5	209.076
1500	1,7	203.387	1,9	204.618	2,1	205.869	2,3	207.138	2,5	208.428
1600	1,7	203.021	1,9	204.183	2,1	205.364	2,3	206.562	2,5	207.779
1700	1,7	202.655	1,9	203.748	2,1	204.858	2,3	205.986	2,5	207.130
1800	1,7	202.289	1,9	203.312	2,1	204.422	2,3	205.550	2,5	206.781
1900	1,7	203.938	1,9	204.916	2,1	205.909	2,3	206.917	2,5	207.941
2000	1,7	205.797	1,9	206.731	2,1	207.680	2,3	208.643	2,5	209.621
2100	1,7	207.657	1,9	208.547	2,1	209.451	2,3	210.368	2,5	211.301
2200	1,7	209.516	1,9	210.362	2,1	211.222	2,3	212.094	2,5	212.981
2300	1,7	211.375	1,9	212.178	2,1	212.993	2,3	213.820	2,5	214.660
2400	1,7	214.317	1,9	215.088	2,1	215.871	2,3	216.666	2,5	217.473
2500	1,7	217.484	1,9	218.226	2,1	218.979	2,3	219.745	2,5	220.522

Çizelge 5.17 Ankara ili için $i = \%7$ durumunda A_c , e_f ve C_T değerlerinin değişimi

A_c (m ²)	e_f (%)	C_T (YTL/yıl)	e_f (%)	C_T (YTL/yıl)	e_f (%)	C_T (YTL/yıl)	e_f (%)	C_T (YTL/yıl)	e_f (%)	C_T (YTL/yıl)
0	1,7	218.365	1,9	220.878	2,1	223.432	2,3	226.026	2,5	228.662
700	1,7	206.634	1,9	208.581	2,1	210.559	2,3	212.568	2,5	214.610
800	1,7	204.958	1,9	206.824	2,1	208.720	2,3	210.646	2,5	212.603
900	1,7	203.283	1,9	205.068	2,1	206.881	2,3	208.723	2,5	210.595
1000	1,7	201.607	1,9	203.311	2,1	205.042	2,3	206.801	2,5	208.588
1100	1,7	199.931	1,9	201.554	2,1	203.203	2,3	204.878	2,5	206.581
1200	1,7	198.255	1,9	199.797	2,1	201.364	2,3	202.956	2,5	204.573
1300	1,7	196.580	1,9	198.041	2,1	199.525	2,3	201.033	2,5	202.566
1400	1,7	194.904	1,9	196.284	2,1	197.686	2,3	199.111	2,5	200.558
1500	1,7	193.228	1,9	194.527	2,1	195.847	2,3	197.188	2,5	198.551
1600	1,7	191.630	1,9	192.850	2,1	194.088	2,3	195.347	2,5	196.626
1700	1,7	191.195	1,9	192.348	2,1	193.519	2,3	194.710	2,5	195.919
1800	1,7	191.138	1,9	192.228	2,1	193.339	2,3	194.465	2,5	195.610
1900	1,7	191.380	1,9	192.414	2,1	193.464	2,3	194.531	2,5	195.616
2000	1,7	192.101	1,9	193.082	2,1	194.080	2,3	195.093	2,5	196.123
2100	1,7	192.833	1,9	193.763	2,1	194.708	2,3	195.667	2,5	196.642
2200	1,7	194.265	1,9	195.151	2,1	196.051	2,3	196.966	2,5	197.895
2300	1,7	196.302	1,9	197.151	2,1	198.015	2,3	198.892	2,5	199.783
2400	1,7	198.454	1,9	199.269	2,1	200.096	2,3	200.937	2,5	201.792
2500	1,7	200.606	1,9	201.386	2,1	202.178	2,3	202.983	2,5	203.801

Çizelge 5.18 Ankara ili için $i = \%8$ durumunda A_c , e_f ve C_T değerlerinin değişimi

A_c (m ²)	e_f (%)	C_T (YTL/yıl)	e_f (%)	C_T (YTL/yıl)	e_f (%)	C_T (YTL/yıl)	e_f (%)	C_T (YTL/yıl)	e_f (%)	C_T (YTL/yıl)
0	1,7	217.781	1,9	220.217	2,1	222.692	2,3	225.206	2,5	227.760
700	1,7	208.452	1,9	210.339	2,1	212.656	2,3	214.204	2,5	216.182
800	1,7	207.119	1,9	208.928	2,1	210.766	2,3	212.632	2,5	214.528
900	1,7	205.787	1,9	207.517	2,1	209.275	2,3	211.060	2,5	212.874
1000	1,7	204.454	1,9	206.106	2,1	207.784	2,3	209.488	2,5	211.220
1100	1,7	203.121	1,9	204.695	2,1	206.293	2,3	207.917	2,5	209.566
1200	1,7	201.789	1,9	203.284	2,1	204.802	2,3	206.345	2,5	207.912
1300	1,7	200.456	1,9	201.873	2,1	203.311	2,3	204.773	2,5	206.258
1400	1,7	199.123	1,9	200.461	2,1	201.821	2,3	203.201	2,5	204.604
1500	1,7	197.791	1,9	199.050	2,1	200.330	2,3	201.629	2,5	202.950
1600	1,7	196.536	1,9	197.718	2,1	198.919	2,3	200.138	2,5	201.377
1700	1,7	196.440	1,9	197.558	2,1	198.693	2,3	199.847	2,5	201.019
1800	1,7	196.722	1,9	197.780	2,1	198.855	2,3	199.947	2,5	201.056
1900	1,7	197.302	1,9	198.304	2,1	199.322	2,3	200.356	2,5	201.406
2000	1,7	198.359	1,9	199.311	2,1	200.277	2,3	201.259	2,5	202.257
2100	1,7	199.428	1,9	200.329	2,1	201.245	2,3	202.175	2,5	203.119
2200	1,7	201.194	1,9	202.053	2,1	202.925	2,3	203.812	2,5	204.712
2300	1,7	203.563	1,9	204.384	2,1	205.224	2,3	206.074	2,5	206.937
2400	1,7	206.048	1,9	206.838	2,1	207.640	2,3	208.455	2,5	209.283
2500	1,7	208.533	1,9	209.289	2,1	210.054	2,3	210.837	2,5	211.629

Çizelge 5.19 Ankara ili için $i = \%9$ durumunda A_c , e_f ve C_T değerlerinin değişimi

A_c (m ²)	e_f (%)	C_T (YTL/yıl)	e_f (%)	C_T (YTL/yıl)	e_f (%)	C_T (YTL/yıl)	e_f (%)	C_T (YTL/yıl)	e_f (%)	C_T (YTL/yıl)
0	1,7	217.211	1,9	219.573	2,1	221.972	2,3	224.408	2,5	226.882
700	1,7	210.344	1,9	212.174	2,1	214.032	2,3	215.918	2,5	217.835
800	1,7	209.363	1,9	211.116	2,1	212.897	2,3	214.706	2,5	216.542
900	1,7	208.382	1,9	210.059	2,1	211.763	2,3	213.493	2,5	215.250
1000	1,7	207.401	1,9	209.002	2,1	210.628	2,3	212.280	2,5	213.957
1100	1,7	206.420	1,9	207.945	2,1	209.494	2,3	211.067	2,5	212.665
1200	1,7	205.439	1,9	206.888	2,1	208.360	2,3	209.854	2,5	211.372
1300	1,7	204.458	1,9	205.831	2,1	207.225	2,3	208.641	2,5	210.080
1400	1,7	203.477	1,9	204.774	2,1	206.091	2,3	207.429	2,5	208.787
1500	1,7	202.496	1,9	203.717	2,1	204.957	2,3	206.216	2,5	207.495
1600	1,7	201.592	1,9	202.738	2,1	203.902	2,3	205.083	2,5	206.281
1700	1,7	201.844	1,9	202.928	2,1	204.029	2,3	205.146	2,5	206.283
1800	1,7	202.473	1,9	203.499	2,1	204.541	2,3	205.599	2,5	206.674
1900	1,7	203.400	1,9	204.371	2,1	205.358	2,3	206.360	2,5	207.377
2000	1,7	204.802	1,9	205.725	2,1	206.661	2,3	207.613	2,5	208.579
2100	1,7	206.216	1,9	207.090	2,1	207.977	2,3	208.878	2,5	209.793
2200	1,7	208.325	1,9	209.158	2,1	210.003	2,3	210.862	2,5	211.734
2300	1,7	211.036	1,9	211.835	2,1	212.646	2,3	213.649	2,5	214.305
2400	1,7	213.862	1,9	214.628	2,1	215.405	2,3	216.195	2,5	216.997
2500	1,7	216.688	1,9	217.421	2,1	218.165	2,3	218.921	2,5	219.688

6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Havuzlar, genelde dört farklı yoldan ısı kaybederler. Bunların bulunmasında havuz suyu sıcaklığı, çevre ortamın sıcaklığı, bağıl nemi, hava akım hızı, havuz zemin durumları ön plana çıkmaktadır. Yüzme havuzlarından çevre ortama buharlaşma, konveksiyon, ışıınım ve iletim ile ısı transfer olmaktadır. Isı kayıpları %69 ile %100 arasında buharlaşma ile meydana gelmektedir.

Holün (kapalı ortam) ısısı ve havuz suyu sabit kabul edildiği için buharlaşma ve konveksiyon ile meydana gelen ısı kayıpları yıl boyunca değişmemektedir. Aynı zamanda holün sıcaklığı havuz suyu sıcaklığından büyük olduğundan havuz suyu konveksiyon ile ısı kazanmaktadır. Buna karşın aylık olarak çevre şartları değişeceğinden hava ve toprak sıcaklığı farkına bağlı olarak radyasyon ve kondüksiyon ile ısı kayıpları da değişecektir (Çizelge 5.1-5.2).

Antalya ve Adana illerindeki havuz için Temmuz ve Ağustos aylarında radyasyon ile havuz ısı kazanmaktadır. Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında ise kondüksiyon ile havuz ısı kazanmaktadır. Yılın diğer aylarında havuz, kondüksiyon ve radyasyon ile çevreye ısı kaybetmektedir.

İstanbul ve Ankara'daki havuzlar ise yılın bütün ayları boyunca kondüksiyon ve radyasyon ile çevreye ısı kaybetmektedir.

Antalya için 1600 m² kollektör alanında ($i=8$, $e_f=2,1$) toplam maliyetler minimuma inmektedir. Güneş enerjisi ile %64,7 faydalanma oranı karşımıza çıkmaktadır. Böylece yıllık toplam enerji maliyetleri %16,2 oranında azalmaktadır. Genel olarak Antalya ili için en düşük maliyetler e_f ve i değerleri değişse de 1600 m² kollektör alanında hesaplanmıştır (Çizelge 8-10).

Adana için 1600 m² kollektör alanında ($i=8$, $e_f=2,1$) toplam maliyetler minimuma inmektedir. Güneş enerjisi ile %63,3 faydalanma oranı karşımıza çıkmaktadır. Böylece yıllık toplam enerji

maliyetleri %14,8 oranında azalmaktadır. Genel olarak Antalya ili için en düşük maliyetler e_f ve i değerleri değişse de 1600 m² kollektör alanında hesaplanmıştır (Çizelge 11-13).

İstanbul için 1800 m² kollektör alanında (i =%8, e_f =%2,1) toplam maliyetler minimuma inmektedir. Güneş enerjisi ile %54,9 faydalanma oranı karşımıza çıkmaktadır. Böylece yıllık toplam enerji maliyetleri %7 oranında azalmaktadır. Genel olarak İstanbul ili için en düşük maliyetler e_f ve i değerleri değişse de 1800 m² kollektör alanında hesaplanmıştır. Fakat i =%9 durumunda 2300 m² kollektör alanından itibaren GET ilk yatırımı, C_T değerini artırmaktadır (Çizelge 14-16).

Ankara için 1700 m² kollektör alanında (i =%8, e_f =%2,1) toplam maliyetler minimuma inmektedir. Güneş enerjisi ile %54,3 faydalanma oranı karşımıza çıkmaktadır. Böylece yıllık toplam enerji maliyetleri %10,8 oranında azalmaktadır. i =%7'de 1800 m², i =%8'de 1700 m² ve i =%9'da 1600 m² kollektör alanında e_f değeri değişse de optimum maliyetler elde edilmektedir. Yani, i değeri ile A_c değerinin değişimi en belirgin olarak Ankara ilindeki havuzda görülmektedir (Çizelge 17-19).

Genel olarak şu sonuçlar ortaya çıkmıştır.

- Kapalı yüzme havuzlarında en etkili ısı kaybı, buharlaşma ile meydana gelmektedir (%69-100).
- Dört ilde de yılın tüm ayları ısı kayıpları meydana gelmektedir. Bunun nedeni buharlaşma ile oluşan ısı kayıplarının yüksek değerlerde olması ve tüm aylarda devam etmesidir.
- Güneş enerjisi destekli ısıtma tesisatları direkt ve indirekt olarak yapılmaktadır. Endirekt ısıtma sistemlerinde; kollektör devresindeki ısıtan akışkana antifiriz ilave edilmesiyle kollektör devresindeki suyun don etkilerine karşı boşaltılması gerekmeyecektir. Aynı zamanda, devrenin havuz suyunun korozif etkilerinden zarar görmesi de söz konusu olmayacaktır. Diğer taraftan indirekt ısıtma sistemlerinde, havuz suyunun ısıtılmadığı zamanlarda veya havuz suyunun ısıtılmasına gerek duyulmayan sıcak günlerde, kollektör

devresinde ısınan sudan kullanma sıcak suyu hazırlama gibi başka amaçlar için de yararlanılabilir.

- Yıllık nominal faiz oranı i ve işletme-bakım masraflarının geleceğe yönelik yıllık eskalasyon oranı olan e_f arttıkça toplam enerji maliyetleri olan C_T de artacaktır.
- Bu dört ildeki kapalı yüzme havuzlarında maliyetler; yaklaşık olarak “yüzme havuzu alanı” kadar kollektör alanı seçilerek hesaplandığında %1-2 toleransla optimum maliyet sonucunu verecektir.
- Şekil 5.2’deki eğriler, ne kadar yatay eksene yaklaşırsa o oranda maliyetler düşecektir. Böylece güneş enerjisi tesisatı, tüm sistemlerde toplam maliyetleri düşürmektedir.
- Seçilen illerdeki havuzlar için GET ile toplam yıllık maliyetler %7-16 oranında azalmaktadır. Bu oranın düşük olmasının nedeni GET ilk yatırım masraflarının yüksek olmasıdır. Güneş enerjisi alanındaki gelişmelere paralel olarak gelecekte GET masrafları da azalacaktır. Böylece toplam yıllık maliyetler de daha aşağılara çekilebilecektir.

KAYNAKLAR

Arınc, Ü.D., (2005), Güneşli Su Isıtıcılarının Projelendirilmesi, Ders Notları.

Ashrae Handbook, (1995), HVAC Applications.

Aybers, N. ve Şahin, B., (1995), 'Enerji Maliyeti', Yıldız Teknik Üniversitesi Yayınları, No:299.

Bağcılar Belediyesi Kapalı Olimpik Yüzme Havuzu Tesisat Raporu, 2005

Barut, C., (1990), Kaynağı Güneş Olan Döşemeden Isıtma Sistemlerinin İncelenmesi ve Ekonomik Analizi, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.

Bölükbaşıoğlu, S. ve Bölükbaşıoğlu, A.S., (2005), Yüzme Havuzu Tesisatı İşletme ve Bakımı, İstanbul.

Cassiday, B., (1977), The Complete Solar House, Dodd and Mead Company, New York.

Coşkun, U., (1996), Güneş Enerjisi İle Yüzme Havuzlarının Isıtılması, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.

Gabrielsen, M.A., (1987), Swimming Pools, A Guide to Their Planning, Designing, and Operation, Human Kinetics Publisher, Inc., Champaign, Illions.

Günerhan, H., (1997), "Seri ve Paralel Bağlı Güneş Kollektörlerinin Analizi", 1. Makine Mühendisliği Kongresi Bildiriler Kitabı, 4-6 Haziran 1997, İstanbul.

Güngör, A. ve Özbalta N., (1997), "Güneş Enerjili Sıcak Su Hazırlama Sistemlerindeki Gelişmeler", Çevre Enerji Kongresi Antalya Sempozyumu, 14-15 Nisan 1997, Antalya.

Isısan-Buderus (2003), Güneş Enerjisi Tesisatı, Isısan Çalışmaları No.325.

Isısan-Buderus (2001), Sıhhi Tesisat, Isısan Çalışmaları No.272.

Iso/Tr 12596, Solar Heating-Swimming Pool, Heating Systems-Dimension Design And Installation.

İşbilen, İ., (1999), Kapalı Yüzme Havuzlarında Klimatizasyon, MMO Havuz Bildirileri Konferansı, 214:11.

İşbilen, İ., (1992), Ataköy Olimpik Kapalı Yüzme Havuzu, Klima Tesisat Proje Raporu.

John, A.D. ve William., (1980), Solar Engineering of Thermal Processes, Wiley Interscience Publicatin, NewYork.

Kakac, S., (1990), Örneklerle Isı Transferi, ODTÜ Yayınları.

MMO, Sıhhi Tesisat Proje Hazırlama Esasları, 2001\260\2.

Özyaman, C., (2004), ‘‘Isıtılan Yüzme Havuzlarında Isıtma Yüğü Hesabı ve Seçimi’’, Tesisat Mühendisliğı, (79):28-33.

Öz, E.S., Menlik, S., Aktaş M., (2005), ‘‘Güneş Enerjisi İle Isıtılan Yüzme Havuzları’’, Teknoloji, 8(1):1-17.

Recknagel, S., (1992), Heizung und Klimatechnik.

TS 11899 (2000), Yüzme Havuzları, Genel Kurallar.

UHE Talimatı (1995), Yüzme ve Yıkanma Havuzu Suyunun Hazırlanması ve Dezenfeksiyonu.

Valov, M.I.,(1986), Optimum Value For The Area of Solar Collectors in Solar Heating Systems, Geliotekhnika.

İnternetten Kaynaklar

www.akbank.com.tr

www.aktifisi.com.tr

www.auraset.com.tr

www.die.gov.tr

www.demon.co.uk/geosci

www.eie.gov.tr

www.eere.com

www.ezincmetal.com.tr

www.igdask.com.tr

www.kocbank.com.tr

www.merset.com.tr

www.obitet.gazi.edu.tr

www.solareks.com.tr

www.tamhavuzculuk.com.tr

EKLER

Ek 1. Bir açık olimpik yüzme havuzuna ait resim



Ek 2. Bir kapalı yarı olimpik yüzme havuzuna ait resim



Ek 3. Bir kapalı olimpik yüzme havuzuna ait güneş enerjisi uygulaması



Ek 4. Antalya iline ait meteorolojik veriler

ANTALYA (36°55')	O	S	M	N	MA	H	T	AĞ	EY	EK	K	AR	ORT
Çevre Sıcaklığı, Ta (°C)	10,1	10,7	12,8	16,4	20,5	25,0	28,2	28,1	24,9	20,3	15,6	11,9	18,7
Hava Akım Hızı, V (m/s)	3,5	3,6	3,5	3,1	2,7	2,9	2,9	2,8	3,2	3,0	3,0	3,3	3,1
Bağıl Nem, RH(%)	52	52	52	51	48	46	44	44	46	50	54	56	50
1 m derinlikte toprak sıcak, Tg (°C)	13,8	12,7	13,9	16,1	19,5	23,5	26,8	28,3	27,8	25,2	21,5	17,0	20,5
Max-Min. Sıc. Farkı, (°C)	8,6	9	9,5	9,6	9,2	10,4	10,8	10,9	11,2	10,9	10,7	8,7	10,0
Güneşlenme Süresi, (Saat/gün)	5,2	5,8	6,7	8,0	10,2	11,9	12,2	11,8	10,1	8,2	7,0	5,3	8,5
Gün Uzunluğu (Saat/gün)	9,8	10,7	11,8	12,9	13,9	14,5	14,2	13,4	12,2	11,0	10,0	9,6	12,0
	YATAY DÜZLEME GELEN GÜNLÜK İŞINIM (MJ / m² - gün)												
Toplam güneş ışınımı	7,6	10,3	14,0	18,2	22,4	24,8	24,8	22,8	18,5	13,3	9,6	7,1	15,3
Direkt güneş Işınımı	3,9	5,4	7,7	10,7	14,3	16,9	17,3	16,0	12,4	8,3	5,7	3,6	10,2
Açık hava toplam güneş ışını	9,7	13,3	18,1	23	26,2	27,4	26,8	24,3	20	14,9	10,8	8,8	18,6
Atmosfer dışı güneş ışınımı	17,2	22,3	28,7	35,1	39,5	41,2	40,3	36,8	31,0	24,1	18,3	15,7	29,2
Eğim, (°)	EĞİK DÜZLEME GELEN GÜNLÜK İŞINIM (MJ / m² - gün)												
20	10,0	12,5	15,7	18,9	21,9	23,5	23,9	23,2	20,4	16,1	12,8	9,6	17,4
30	10,9	13,2	16,0	18,6	21,0	22,3	22,7	22,6	20,7	17,0	13,9	10,5	17,5
40	11,5	13,6	16,0	18,0	19,7	20,6	21,1	21,6	20,5	17,5	14,8	11,2	17,2
50	11,8	13,7	15,6	17,0	18,0	18,6	19,1	20,1	19,8	17,5	15,2	11,6	16,5
60	11,9	13,4	14,9	15,6	16,1	16,2	16,8	18,2	18,7	17,2	15,3	11,8	15,5
SAAT	AÇIK HAVADA YATAY DÜZLEME GELEN ANLIK TOPLAM İŞINIM (W / m²)												
6...18	0	0	0	53	123	159	143	81	10	0	0	0	47
7...17	0	32	110	217	302	340	322	252	150	54	1	0	148
8...16	92	172	288	412	493	523	508	446	337	210	114	73	306
9...15	233	336	466	589	655	677	666	616	515	381	265	206	467
10...14	360	467	600	716	770	784	776	738	647	514	393	326	591
11...13	428	543	677	789	836	847	840	808	723	591	468	397	662
...12...	454	571	706	818	863	872	866	836	752	619	495	422	690

Ek 5. Adana iline ait meteorolojik veriler

ADANA (36°39')	O	Ş	M	N	MA	H	T	AĞ	EY	EK	K	AR	ORT
Çevre Sıcaklığı, Ta (°C)	9,3	10,3	12,9	17,0	21,3	25,1	27,6	28,1	25,2	20,8	15,7	11,1	18,7
Hava Akım Hızı, V (m/s)	2,3	2,2	2,4	2,2	2,1	2,2	2,3	2,2	2,0	1,7	1,7	2,0	2,1
Bağıl Nem, RH(%)	52	51	49	44	42	41	39	39	41	43	52	55	46
1 m derinlikte toprak sıcak, Tg (°C)	14,5	13,4	15,1	17,4	20,7	24,3	27,3	29,0	28,6	25,9	21,2	17,4	21,2
Max-Min. Sıc. Farkı, (°C)	9,4	10,1	11,2	12,2	13,2	11,9	11,8	12,4	14	14,1	12,3	10,1	11,9
Güneşlenme Süresi, (Saat/gün)	4,8	5,7	6,4	7,5	9,8	11,1	11,5	11,1	9,8	7,7	6,2	5,2	8,1
Gün Uzunluğu (Saat/gün)	9,8	10,7	11,8	12,9	14,0	14,5	14,2	13,4	12,2	11,0	10,0	9,5	12,0
	YATAY DÜZLEME GELEN GÜNLÜK İŞINIM (MJ / m ² - gün)												
Toplam güneş ışınımı	7,3	10,2	13,6	17,7	21,9	24,0	24,1	22,1	18,1	12,8	8,9	7,0	15,6
Direkt güneş Işınımı	3,5	5,3	7,3	10,1	13,7	15,8	16,2	15,0	11,9	7,7	4,9	3,5	9,6
Açık hava toplam güneş ışını	9,6	13,2	18,1	23,1	26,2	27,4	26,7	24,2	19,9	14,8	10,6	8,7	18,5
Atmosfer dışı güneş ışınımı	17,1	22,2	28,7	35,1	39,5	41,2	40,3	36,7	30,9	24,1	18,3	15,7	29,2
Eğim, (°)	EĞİK DÜZLEME GELEN GÜNLÜK İŞINIM (MJ / m ² - gün)												
20	9,5	12,3	15,2	18,3	21,4	22,8	23,1	22,4	19,9	15,5	11,7	9,4	16,8
30	10,3	13,0	15,5	18,0	20,6	21,6	22,0	21,9	20,2	16,3	12,7	10,3	16,9
40	10,8	13,4	15,5	17,4	19,3	20,0	20,5	20,9	20,0	16,8	13,4	11,0	16,6
50	11,1	13,5	15,1	16,4	17,7	18,1	18,6	19,4	19,3	16,8	13,7	11,4	15,9
60	11,2	13,2	14,5	15,1	15,8	15,8	16,4	17,6	18,2	16,5	13,8	11,5	15,0
SAAT	AÇIK HAVADA YATAY DÜZLEME GELEN ANLIK TOPLAM İŞINIM (W / m²)												
6...18	0	0	0	53	124	160	143	81	10	0	0	0	48
7...17	0	32	110	218	303	340	321	251	149	54	1	0	148
8...16	91	172	288	414	493	523	443	335	208	111	72	72	269
9...15	231	335	467	591	655	676	663	613	513	377	259	205	465
10...14	353	465	601	719	770	783	774	734	644	509	385	324	588
11...13	425	541	678	793	836	945	837	803	719	586	458	395	668
...12...	451	569	707	821	863	870	863	831	748	614	485	420	687

Ek 6. İstanbul iline ait meteorolojik veriler

İSTANBUL (40°59')	O	Ş	M	N	MA	H	T	AĞ	EY	EK	K	AR	ORT
Çevre Sıcaklığı, Ta (°C)	5,1	5,5	6,7	10,2	15,8	20,6	23,2	23,3	19,7	15,5	11,9	8,0	13,8
Hava Akım Hızı, V (m/s)	3,5	3,4	3,3	2,9	2,7	2,8	3,2	3,1	2,8	2,6	2,7	3,3	3,0
Bağıl Nem, RH(%)	58	58	57	55	52	50	48	48	49	53	60	62	54
1 m derinlikte toprak sıcak, Tg (°C)	10,2	8,0	9,5	11,8	15,4	19,2	21,9	22,9	22,4	19,8	16,9	13,2	15,9
Max-Min. Sıc. Farkı, (°C)	5,4	5,5	6,8	8,2	8,8	9,8	10,3	10,1	9,2	7,8	6,2	5,4	7,8
Güneşlenme Süresi, (Saat/gün)	2,5	3,6	4,3	6,6	8,9	10,6	10,7	10,2	8,2	6,2	4,3	2,8	6,6
Gün Uzunluğu (Saat/gün)	9,4	10,5	11,7	13,1	14,3	14,9	14,6	13,6	12,3	10,9	9,7	9,1	12,0
	YATAY DÜZLEME GELEN GÜNLÜK İŞINIM (MJ / m ² - gün)												
Toplam güneş ışınımı	4,6	7,3	10,7	15,9	20,5	23,1	22,7	20,4	15,5	10,3	6,3	4,3	13,5
Direkt güneş Işınımı	1,7	3,0	4,8	8,4	12,1	14,6	14,5	13,1	9,2	5,5	2,8	1,6	7,6
Açık hava toplam güneş ışını	8,2	11,8	17,4	22,4	26	27,4	26,5	23,4	18,4	12,9	8,6	7	17,5
Atmosfer dışı güneş ışınımı	14,4	19,8	26,7	34,0	39,2	41,3	40,2	36,0	29,3	21,9	15,7	13,0	27,6
Eğim, (°)	EĞİK DÜZLEME GELEN GÜNLÜK İŞINIM (MJ / m ² - gün)												
20	5,8	8,7	11,9	16,6	20,3	22,3	22,2	21,1	17,2	12,5	8,2	5,7	14,4
30	6,3	9,2	12,2	16,5	19,6	21,3	21,3	20,7	17,6	13,3	8,9	6,2	14,4
40	6,6	9,4	12,2	16,0	18,6	19,9	20,0	19,9	17,5	13,7	9,4	6,5	14,1
50	6,7	9,5	11,9	15,3	17,2	18,2	18,4	18,7	17,0	13,8	9,6	6,8	13,6
60	6,8	9,4	11,5	14,2	15,6	16,2	16,5	17,2	16,2	13,6	9,7	6,8	12,8
SAAT	AÇIK HAVADA YATAY DÜZLEME GELEN ANLIK TOPLAM İŞINIM (W / m²)												
6...18	0	0	0	61	142	184	163	91	11	0	0	0	54
7...17	0	19	103	220	315	356	335	254	140	39	0	0	148
8...16	62	144	275	406	494	526	507	434	311	175	77	42	288
9...15	190	297	448	572	644	666	651	589	474	327	205	155	435
10...14	306	421	578	691	749	764	751	700	594	448	317	264	549
11...13	376	494	653	760	810	821	809	764	663	518	384	329	615
...12...	401	520	681	787	835	844	833	789	689	543	408	392	644

Ek 7. Ankara iline ait meteorolojik veriler

ANKARA (39°57')	O	S	M	N	MA	H	T	AĞ	EY	EK	K	AR	ORT
Çevre Sıcaklığı, Ta (°C)	0,3	1,0	4,7	11,2	16,1	20,0	23,5	23,3	18,4	12,9	7,7	2,5	11,8
Hava Akım Hızı, V (m/s)	2,5	2,5	2,2	2,7	2,4	2,0	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	2,6	2,4
Bağıl Nem, RH(%)	78	71	67	62	53	50	45	46	52	58	67	76	60
1 m derinlikte toprak sıcak, Tg (°C)	8,2	6,6	7,8	10,7	14,5	18,0	20,9	22,8	21,6	18,1	14,6	10,9	14,6
Max-Min. Sıc. Farkı, (°C)	7,6	8,6	10,8	12,6	12,7	14,9	14,9	14,9	14,5	13,3	10,7	7,3	11,9
Güneşlenme Süresi, (Saat/gün)	2,8	3,9	5,3	6,7	9,1	10,8	12,2	11,2	9,6	7,3	5,2	2,4	7,2
Gün Uzunluğu (Saat/gün)	9,5	10,5	11,7	13,1	14,2	14,7	14,5	13,5	12,2	10,9	9,8	9,3	12,0
	YATAY DÜZLEME GELEN GÜNLÜK İŞINIM (MJ / m² - gün)												
Toplam güneş ışınımı	5,3	8,2	12,3	16,8	21,5	24,0	25,1	22,3	17,6	12,0	7,6	4,6	14,8
Direkt güneş Işınımı	2,1	3,7	6,3	9,3	13,2	15,8	17,6	15,5	11,7	7,2	3,9	1,7	9,0
Açık hava toplam güneş ışını	9,6	13,3	18,5	24,2	27,6	28,9	28	24,9	20	14,4	9,9	8,7	19
Atmosfer dışı güneş ışınımı	15,3	20,6	27,4	34,4	39,3	41,3	40,3	36,2	29,9	22,5	16,5	13,9	28,1
Eğim, (°)	EĞİK DÜZLEME GELEN GÜNLÜK İŞINIM (MJ / m² - gün)												
20	6,7	9,9	13,8	17,5	21,2	23,1	24,3	22,9	19,7	14,8	10,1	5,9	15,8
30	7,3	10,4	14,2	17,4	20,4	22,0	23,3	22,5	20,1	15,7	11,0	6,3	15,9
40	7,6	10,7	14,2	16,8	19,3	20,5	21,8	21,6	20,0	16,3	11,6	6,7	15,6
50	7,8	10,8	13,9	16,0	17,8	18,6	19,9	20,2	19,5	16,4	12,0	6,9	15,0
60	7,8	10,7	13,4	14,8	16,0	16,4	17,6	18,5	18,5	16,2	12,1	6,9	14,1
SAAT	AÇIK HAVADA YATAY DÜZLEME GELEN ANLIK TOPLAM İŞINIM (W / m²)												
6...18	0	0	0	62	144	105	165	93	11	0	0	0	48
7...17	0	25	111	235	329	370	348	267	151	47	0	0	157
8...16	79	166	294	437	522	554	534	461	338	197	94	59	311
9...15	225	335	478	618	686	706	689	630	516	366	238	197	474
10...14	355	472	617	749	800	814	798	750	647	499	363	325	599
11...13	433	552	676	824	867	874	861	819	722	576	436	403	670
...12...	460	581	726	854	894	899	887	847	851	604	463	430	708

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 08.09.1982

Doğum yeri İstanbul

Lise 1996-1999 Bakırköy Lisesi

Lisans 1999-2004 Yıldız Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi,
Makine Mühendisliği Bölümü

Çalıştığı Kurumlar

2004-2005 Bağcılar Belediyesi,
Makine Kontrol Mühendisi

2005-Devam ediyor T.C. Karayolları 17.Bölge Müdürlüğü,
Makine İkmal Mühendisi