

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa No

TEŞEKKÜR	
İÇİNDEKİLER	I
SEKİLLER LİSTESİ	III
TABLolar LİSTESİ	V
EKLER LİSTESİ	VI
SİMGELER LİSTESİ	VII
ÖZET	VIII
ABSTRACT	IX
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ARASTIRMALARI	3
3. ENERJİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER	6
3.1. Enerjinin Tanımı ve Önemi	6
3.2. Enerji Biçimleri	7
3.3. Enerji Kaynakları	8
3.4. Dünya’da Enerji Verimliliğinin Oluşumu ve Gelişimi	11
3.5. Türkiye’de Enerji Verimliliğinin Oluşumu ve Gelişimi	11
4. GÜNEŞ, ENERJİSİ TANIMI VE UYGULAMA ALANLARI	12
4.1. Güneş	12
4.2. Güneş Işınlmasının Yansıması	13
4.3. Mimari Alanda Güneş ve Teknoloji İlişkisi	13
4.4. Güneş Enerjisinin Tanımı	15
4.5. Başlıca Güneş Enerjisi Sistemleri	16
4.5.1. Termodinamik Sistemler	16
4.5.2. Fotovoltaik Sistemler	21
4.6. Güneş Enerjisinin Kullanımı ve Açılarının Önemi	22
4.7. Güneş Açıları	26
4.7.1. Esas Güneş Açıları	26
4.7.2. Türetilen Güneş Açıları	27
4.8. Güneş Enerjisinin Önemi	28
4.9. Türkiye’de Güneş Enerjisi	28
4.10. Türkiye’nin Güneşlenme Durumu	28
4.11. Güneş Enerjisinden Yararlanma Yöntemleri	29
4.12. Güneş Kaynaklı Isı Pompası Sistemleri	29
5. GÜNEŞ KOLLEKTÖRLERİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER	30
5.1. Düz Plakalı Kollektörler	30

<b>5.1.1. Düz Plakalı Kollektörlerin Avantajları</b>	32
<b>5.1.2. Saydam (Şeffaf) Örtü</b>	32
<b>5.1.3. Yutucu Yüzey (Toplayıcı)</b>	33
<b>5.1.3.1. Seçici yüzey</b>	34
<b>5.1.3.2 Toplayıcıların Islahı</b>	35
<b>5.1.4. Kasa ve Isı Yalıtımı</b>	36
<b>5.2. Düz Kollektörlerde Isıl Analiz</b>	38
<b>5.2.1. Kollektör Isı Kayıp Katsayısı</b>	39
<b>5.3. Yapıma Etkiyen Fiziksel Özellikler</b>	40
<b>5.4. Kollektör Dizaynındaki Son Gelişmeler</b>	41
<b>5.5. Güneş Enerjili Sıcak Su Sistemleri</b>	42
<b>5.6. Güneş Enerjisinin Bireysel Kullanımının Önemi</b>	43
<b>6. DENEYSEL ÇALIŞMALAR</b>	45
<b>6.1. Elazığ Bölgesinin İklim Şartları</b>	45
<b>6.2. Deney Setinin Özellikleri</b>	45
<b>6.3. Deneyin Yapısı</b>	48
<b>6.4. Deney Sonuçları</b>	49
<b>6.4.1. Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi ve Verim Hesabı</b>	49
<b>7. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME</b>	56
<b>8. SONUÇLAR ve ÖNERİLER</b>	57
<b>KAYNAKLAR</b>	58
<b>ÖZGEÇMİŞ</b>	62
<b>EKLER</b>	

## ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 4.1. Sokrates Evi, M.Ö. 469-397 .....	14
Şekil 4.2. Pirine Yerleşimi, M.Ö. 400 .....	14
Şekil 4.3. Çatıda Güneş Açıklıklarından Pasif Kazanç Sağlama .....	15
Şekil 4.4. Direkt Kazanç Sistemi .....	18
Şekil 4.5. Güneş duvarı uygulaması, plan ve kesit (Trombe duvarı) .....	19
Şekil 4.6. Trombe Duvarı .....	20
Şekil 4.7. Trombe Duvarı .....	20
Şekil 4.8 Su Duvarı .....	21
Şekil 4.9. Güneş Yükseklik ve Azimut Açılımları .....	23
Şekil 4.10. Dünyanın Güneş Çevresinde Dönüşü .....	24
Şekil 4.11. Dünyanın güneş ve kendi etrafında dönüşü sırasında deklinasyon açısının oluşumu .....	27
Şekil 5.1. Hava Isıtmalı Düz Plakalı Güneş Kollektörü .....	32
Şekil 5.2. Güneş Kollektör Sistemlerinin Kapasite Kontrol İlişkisi .....	31
Şekil 5.3. Saydam Örtüye Düşen Toplam Işınımın Yansıtılması, Yutulması ve Geçirilmesi .....	33
Şekil 5.4. İdeal ve Gerçek Seçici Yüzeylerin Yansıma Oranı .....	34
Şekil 5.5. Bazı Seçici Yüzeylerin Spektral Yutma Oranı .....	35
Şekil 5.6. Hava Yalıtımlı Düz Kollektör .....	37
Şekil 5.7. Düz Plakalı Kollektörlerde Isı Geçiş Mekanizmaları .....	38
Şekil 5.8. Hava Isıtmalı Güneş Kollektörlerinde Isı Transferinin Elektrik Benzeşimi İle Gösterimi .....	39
Şekil 5.9. Düz Levha Tipli Kollektörler .....	40
Şekil 5.10. Hava Isıtmalı Güneş kolektörünün Perspektif Görünüşü .....	41
Şekil 5.11. Metal Kasalı Hava Kollektörü .....	42
Şekil 5.12. Konutlarda Kullanılan Güneş Enerjili Sıcak Su Sisteminin Şematik Gösterilişi .....	43
Şekil 5.13. Hava Isıtmalı Model Kollektörlerin Kesit Resimleri .....	45
Şekil 6.1. Deneyde Kullanılan Yapının Önden Şematik Olarak Görünüşü .....	46
Şekil 6.2. Deneylerde Kullanılan Kollektör .....	47
Şekil 6.3. Yapının Kollektör Monte Edilmiş Şekli .....	49
Şekil 7.1. Fansız Sistemde Verim ve Sıcaklık Değişimleri .....	51
Şekil 7.2. Fanlı Sistemde Verim ve Sıcaklık Değişimleri .....	52
Şekil 7.3. Fanlı Sistemde Verim ve Sıcaklık Değişimleri .....	52
Şekil 7.4. Fanlı Sistemde Verim ve Sıcaklık Değişimleri .....	53
Şekil 7.5. Fanlı Sistemde Verim ve Sıcaklık Değişimleri .....	53

<b>Şekil 7.6.</b> Fanlı Sistemde Verim ve Sıcaklık Değişimleri .....	54
<b>Şekil 7.7.</b> Fanlı Sistemde Verim ve Sıcaklık Değişimleri .....	55
<b>Şekil 7.8.</b> Fansız Sistemde Verim ve Sıcaklık Değişimleri .....	55

## TABLÖLAR LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
<b>Tablo 4.1.</b> Elazığ ili Yeryüzü ve Atmosfer Öncesi, Aylık Ortalama Radyasyon Değerleri .....	25
<b>Tablo 4.2.</b> Bazı Karakteristik Yüzeylerin Yansıtıcılığı .....	25
<b>Tablo 4.3.</b> Difüz ve Yansıtılmış Açık Faktörleri .....	25
<b>Tablo 4.4.</b> Direkt Radyasyon Açık Faktörleri .....	26
<b>Tablo 4.5.</b> Türkiye'nin Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Potansiyeli .....	29
<b>Tablo 4.6.</b> Türkiye'nin Yıllık Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgelere Göre Dağılımı .....	29
<b>Tablo 5.1.</b> Bazı Seçici Yüzeyler ve Özellikleri .....	35
<b>Tablo 5.2.</b> Kollektör Örtüsü Üzerinden Çevreye Olan Kayıplar .....	35
<b>Tablo 5.3.</b> Bazı Geliştirilmiş Yüzeylerin Özellikleri .....	36
<b>Tablo 5.4.</b> Bazı Yalıtım Malzemeleri ve Özellikleri .....	37
<b>Tablo 5.5.</b> Bazı Malzemelerin Isıl Genleşme Yüzdeleri .....	38

## **EKLER**

Deney Evinin Önden Görünüşü. ....	62
Deney Evinin Sağdan İzometrik Görünüşü. ....	62
Deney Evinin Soldan İzometrik Görünüşü. ....	63
Deney Evinin Arkadan Görünüşü. ....	63

## SİMGELER LİSTESİ

- $A_F$  : Fan Alanı [ $m^2$ ]  
 $A_K$  : Kollektör Net Alanı [ $m^2$ ]  
 $C_p$  : Sistemde Dolasan Akışkanın Özgül Isısı [ $J/kg.K$ ]  
 $H$  : Isı Tasınım Katsayısı [ $W/m^2.K$ ]  
 $I$  : Kollektör yüzeyine Gelen Güneş Isınım Şiddeti [ $W/m^2$ ]  
 $k$  : Isı İletim Katsayısı [ $W/m.K$ ]  
 $K$  : Toplam Isı Transfer Katsayısı [ $W/m^2.K$ ]  
 $K_y$  : Yalıtım Malzemesinin Isı İletim Katsayısı [ $W/mK$ ]  
 $L_y$  : Yalıtım Malzemesinin Kalınlığı [ $m$ ]  
 $m$  : Sistemde Dolasan Akışkanın Debisi [ $kg/sn$ ]  
 $Q$  : Birim Zamanda Isı Geçişi [ $W$ ]  
 $Q_u$  : Kollektörden Alınan Faydalı Isı [ $W$ ]  
 $R_{Top}$  : Toplam Isıl Direnç [ $K/W$ ]  
 $T_{çık}$  : Akışkanın Kollektörden Çıkış Sıcaklığı [ $K$ ]  
 $T_{gir}$  : Akışkanın Kollektöre Giriş Sıcaklığı [ $K$ ]  
 $U$  : Akışkanın Hızı [ $m/sn$ ]  
 $Q$  : Yüzeyin yutma oranı  
 $R$  : Yüzeyin Yayma Oranı  
 $Y_t$  : Anlık Verim  
 $Z$  : Akışkanın Yoğunluğu [ $kg/m^3$ ]

## ÖZET

### Yüksek Lisans Tezi

# BİNALARIN GÜNEY CEPHELERİNİN BİR GÜNEŞ ENERJİLİ ISITICI OLARAK KULLANILMASININ DENEYSEL OLARAK ARAŞTIRILMASI

Bahar SAYIM

Fırat Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Eğitimi Anabilim Dalı

2005, Sayfa: 62

Mevcut olan enerji kaynaklarının tükenmekte oluşu, yeni enerji kaynaklarının araştırılması ve geliştirilmesini gerektirmektedir. Bu durum dünyada olduğu gibi ülkemizde de yoğun ilgi gören bir konudur. Alternatif enerji kaynakları arasında güneş enerjisi en iyi alternatif enerji olarak ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışmada; binaların ısıtılması amacıyla kullanılmak üzere, güneş enerjili havalı toplayıcı tasarımı yapılmış ve imal edilerek uygulanmıştır. Tasarlanan bu yeni güneş enerjili havalı toplayıcı, deney için inşa edilmiş olan iki odalı, biri kolektörlü diğeri kolektörsüz, deney evine uygulanarak güneşli günlerde sıcaklık farkında artış sağladığı görülmüştür.

İmal edip denemiş olduğumuz bu toplayıcı kolektörün, yeni yapılacak olan okulların, camilerin, depoların ve binaların güneye bakan dış cephelerine uygulanmasıyla, ülkemizin enerji talebindeki artışların azalacağı düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Güneş Enerjisi, Havalı Güneş Kolektörü, Solarwall, Isıtma Sistemleri.

## **ABSTRACT**

Master Thesis

### **AN EXPERIMENTALLY INVESTIGATION OF BUILDING-SOUTH SIDES BY USING A SOLARWALL**

Bahar SAYIM

Firat University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Mechanical Education

2005, Page: 62

As the current energy resources run out, researching and developing new energy resources are needed. This situation is the matter that gets more attention in our country as well as in the world. Alternative. Solar energy among alternative energy resources emerges as the best alternative energy.

In this study; air collector with solar energy, which is aimed at heating buildings, is planned and applied through producing. It is seen that it provides increase in the heat difference in sunny days through this new air collector with solar energy planned is applied to test house which is constructed for test and has two rooms, one has collector and the other has no.

It is thought that increases in the demand of energy of our country will decrease through this collector collector that we produced, tested is applied to south-looking other sides of the buildings, tanks, mosques and schools that will be newly constructed.

**Key Words:** Solar energy, air-ventilated solar collector, solarwall, heating systems.

## 1. GİRİŞ

Teknolojik gelişmelerle birlikte enerji tüketiminin artması, mevcut fosil yakıt rezervlerinin azalmasına, bu enerji kaynaklarının kullanılması ise, çevre kirliliğine ve ekolojik dengelerin bozulmasına neden olmaktadır. Bu durum araştırmacıları yenilenebilir enerji kaynaklarının arayışına yöneltmektedir. Enerji kaynaklarının yenilenebilir olmaları, ekonomik olmaları ve çevreye hiç zarar vermeme niteliği taşımaları tercih edilmektedir.

Özellikle geçen yüzyılın ikinci yarısında ortaya çıkan ve tüm dünyayı saran enerji krizi ile birlikte, güneş enerjisinden ısıtma ve elektrik üretmede faydalanılan binaların tasarımına önem verilmiştir [1].

Günümüzde, petrole dayalı olan enerjinin temin edilmesi sorunu, diğer ülkeler ve özellikle ülkemiz açısından büyük önem taşımaktadır. Bu enerjinin alternatif olduğu türlerin temini için gerek petrol tüketen, gerekse petrol üreten ülkeler farklı çalışmalar yapmaktadır. Yeni enerji kaynaklarının araştırılması için üzerinde en çok durulan konu, güneş enerjisinden yararlanma ve ekonomik düzeyde, alternatif enerji olarak faydalanmaktır.

Gelişmiş ve gelişmekte olan dünya ülkeleri; gelecekteki enerji gereksinimlerini sağlayabilmek amacıyla, uzun zamandan beri hem doğal enerji kaynaklarının kullanımında tasarrufa yönelmişler, hem de yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarının günlük yaşamda kullanılabilir hale konulması konularında çalışmalara başlamışlardır. Gelişmekte olan ülkeler gittikçe artan büyüklükte enerjiye ihtiyaç duymaktadır.

Nüfusun hızla artışı, hızlı sanayileşme ile artan yatırımlar, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde enerjiye olan ihtiyacı arttırırken, alışılmış enerji kaynakları potansiyelinin hızla azalması, yeni ve yenilebilir enerji kaynakları ile ilgili çalışmaları yoğunlaştırmıştır.

Son yıllarda yeni ve yenilenebilir enerji konusunda yapılan araştırmaların büyük bölümü güneş enerjisinden yararlanma yöntemleri üzerinde yoğunlaştırılmıştır. Bugün, dünyada pek çok ülkede uygulama alanına konmuş güneş enerjisinden yararlanma programları vardır.

Yeryüzünde doğal enerji kaynakları hızla tükenmektedir. Endüstriyel ve günlük hayatta yoğun bir şekilde ihtiyaç duyulan enerjinin her gün biraz daha pahalılaşması ve tüketiminin beklenenin üstünde artış göstermesi, çeşitli alanlar için ihtiyaç duyulan enerji temini konusunda yeni kaynaklara yönelmeyi zorunlu kılan nedenlerin başında gelmektedir.

Güneş enerjisinin kullanımında petrol ürünlerindeki gibi zararlı artıklar olmaz. Çevre sorunu yaratmaz, güneş enerjisi boldur, kalitesi değişmez ve bozulmaz, güneş enerjisi sonsuzdur, dışa bağımlı değildir. Hiçbir ülkenin tekeline girmez. Güneş enerjisinin, temiz, yenilenebilir ve sürekli bir enerji kaynağı olması gibi bir çok avantajı vardır [2].

Enerji kaynakları içerisinde kolay faydalanılabilenlerin başında güneş enerjisi gelmektedir. Ancak yerkürede birim yüzeye gelen enerjinin az oluşu, geceleri hiç olmaması ve

ayrıca gündüzleri de mevsimlere ve meteorolojik şartlara bağılı olarak çok zayıf olması gibi nedenler, şimdiye kadar önemli bir uygulama alanı oluşmamasına neden olmuştur.

Türkiye’de yılda birim m<sup>2</sup> başına düşen güneş enerjisi, diğer bir çok ülkelerden daha fazladır. Coğrafi konumu yüzünden dünyanın güneş kuşağı içerisinde yer alan ülkemizin güneş enerjisi potansiyeli oldukça yeterli seviyededir. Coğrafi olarak 36°~42° kuzey enlemleri arasında bulunan Türkiye, güneş kuşağı içindedir. Şu an için güneş enerjisinin kullanımı oldukça azdır, ancak gelecekte enerji gereksiniminin karşılanmasında, geleneksel enerji kaynaklarının yanında en önemli seçeneklerden biri olacağı düşünülmektedir. Yurdumuzun en yüksek güneş enerjisi potansiyeli Güney Doğu Anadolu ve Akdeniz Bölgesindedir. Elazığ ilimiz 2.iklim bölgesindedir [3, 4].

Türkiye güneş enerjisi bakımından çok şanslıdır. Uyumlu çalışma yapıldığı takdirde yararlı sonuçlar alınabilir. Özellikle petrol fiyatlarının hızla artması, güneş enerjisinden faydalanılan sistemlerin sayısında hızla artış sağlamıştır.

Yeni enerji kaynaklarının sık ve kolay bulunması, temiz ve ucuz olması yanında tercih edilmesinin gerekliliğini de belirlemektedir. Ayrıca, en önemlisi de kullanılan enerjinin israf edilmemesi ve bu enerjinin yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanması veya kullanılan enerjiye ek bir getiri sunması gerekmektedir.

Özellikle gelişmekte olan ülkelerde güneş enerjisinin yaygın bir şekilde kullanımı bu ülkelerin kalkınma çabalarına katkı sağlayacaktır [6].

Güneş enerjisi dışa bağımlı değildir. Hiçbir ülkenin tekeline giremez. Her ülkenin kendi enerji ihtiyacını karşılayacak kadar enerji kaynağı mevcut değildir. Kendi kaynaklarıyla ihtiyaçlarını karşılayamayan ülkeler ithalat yoluyla bu ihtiyaçlarını karşılamaktadırlar. Orta Doğu ülkeleri ve Bağımsız Devletler Topluluğu ülkeleri petrol ve doğal gaz başta olmak üzere enerji kaynakları bakımından zengin ülkelerdir. Avrupa ülkeleri ise enerji kaynakları bakımından fakir ülkeler arasında yer almaktadır. Ancak enerji kaynaklarının ekonomik ve etkin kullanılması ile enerji sorununa çözüm bulunabilecektir [7].

Güneş enerjisi yeni ve yenilenebilir bir enerji kaynağı oluşu yanında, insanlık için önemli bir sorun olan çevreyi kirletici artıkların bulunmayışı, yerel olarak uygulanabilmesi ve karmaşık bir teknoloji gerektirmemesi gibi üstünlükleri sebebiyle son yıllarda üzerinde yoğun çalışmalar yapıldığı bir konu olmuştur. Binaların ısıtılması, soğutulması, endüstriyel, bitkilerin kurutulması ve elektrik üretimi güneş enerjisinin yaygın olarak kullanıldığı alanlardır [8].

Yeni ve yenilebilen enerji kaynaklarının toplumsal yaşama ve ülke ekonomisine sonsuz katkıları vardır. Bu temiz enerji kaynaklarının ekonomik olması, sık ve kolay bulunması, temiz ve ucuz olması, yenilenebilir ve tükenmez olmaları, yerli olmaları, enerji sektöründe ülkenin dışa bağımlılığını azaltması, bu çalışmanın önemini daha da artırmaktadır.

## 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMALARI

Güneş enerjisinden yararlanmak amacı ile tarih boyunca çaba sarf edilmiştir. Doğal yakıtların tükenme tehlikesinin ortaya çıktığı XX.yy' da, güneşten yararlanmak için büyük adımlar atılmıştır. Güneş enerjisi çalışmaları geçmişten günümüze kadar sürekli araştırıldığı halde, bilinçli olarak faydalanılması henüz yenidir.

Xenophon, "Memorabilia" adlı eserinde, konutların ısı dengesi hakkında öneri sunan ilk filozof Yunan bilgini Sokrat'ın (M.Ö. 470-399) olduğunu bildirir. Bu eserin ana prensibi şöyledir: "Kış güneşi evlerimizin güney cephesinden portikoya girer, ama yazın güneş tepemizde olduğundan gölge meydana gelir [9]. Bu nedenle evlerimizin güney cephelerini uygun koşullarda yaparak, kış güneşinden yararlanmalıyız ve kuzey cephesini alçak inşa ederek soğuk rüzgarları önlemeliyiz" [7].

Güneş enerjisi ile çalışan ilk su pompası Salaman de Caus (1564-1626) adında bir Fransız Mühendis tarafından yapılmıştır.

Avrupa'da güneş enerjisi üzerinde araştırmaların başlaması Galile'nin (1564-1642) merceği icadı ile olmuştur [10].

1878 yılında Paris'te kullanılan yoğun toplayıcının çanak şeklindeki yansıtıcısı, ışınları çanağın ortasındaki madeni sütunda yoğunlaştırmakta ve bu sütun içindeki su buharlaşarak buhar makinesi tahrik edilmekteydi. Buhar makinesi, kayış kasnak tertibatıyla sağ tarafta duran baskı makinesini çalıştırmaktadır. Yoğun toplayıcıların güneş izleme düzeni elle ayarlanacak şekilde yapılmıştır [7].

Fransız bilim adamı Mouchot 1860'da parabolik aynalar yardımıyla güneş ışınımını odaklamış ve küçük bir buhar makinesi yapmıştır. Ayrıca güneş ısıları ve güneş ocakları üzerinde deneyler yapmıştır [10].

Güneş enerjisi ile ilgili ilk kitap da 1869'da "La Chaleur Solaire et Ses Application Industrielles" ismiyle Mouchot tarafından hazırlanmıştır. Mouchot 1878 yılında ilk defa güneş enerjisi ile ilgili çalışan bir soğutucuda blok buz üretmeyi başarmıştır [10].

Dilmaç ve Eğrican çalışmalarında, mekanlarda ısı konforun sağlanmasında ve ısı yüklerinin karşılanmasında farklı malzemelerden oluşturulan duvarların termofiziksel özelliklerine etkilerini araştırmışlardır. Bu kapsamda duvarların iç ve dış yüzey sıcaklıkları ile ısı akılarının değişimleri Ocak ayına ait meteorolojik koşullarda farklı duvar şekilleri için bir boyutlu enerji denkleminin zamana bağlı olarak çözümlenmesiyle elde edilmiştir. Konfor koşullarının sağlanmasında etkili olan faz farkı ve sönüm oranı ile ısı depolama özelliklerinin değişimi de incelenmiştir [11].

Eğrican ve Onbaşıoğlu 1993 yılındaki çalışmalarında, homojen yapıdaki bir duvarın ısı depolama kapasitesini incelemiştirlerdir. Duvar yüzeyine gelen güneş ışınımının sinüzoidal değişim gösterdiğini kabul ederek, dört farklı malzeme için maksimum ısı depolama kapasitesini

sağlayacak duvar kalınlıklarını araştırmışlardır. Bu duvarların her biri için zaman ve kalınlığın fonksiyonu olarak sıcaklık ve ısı akısı değişimleri incelenmiştir [12].

Givoni, 1991 yılında bilinen güneş enerjili ışıma sistemleri (direkt kazanç, trombe duvarı ve farklı sera uygulamaları gibi) ile araştırmacı tarafından önerilen Bara sistemini karşılaştırmıştır. Bu kapsamda verimi etkileyen ana tasarım parametreleri, bu sistemlerin avantajları ve uygulamalarında karşılaşılan sorunları, farklı bina tipleri ve iklim koşullarına uygulanabilirlikleri incelenmiştir [13].

Athanassouli, 1988 yılında deneysel olarak gerçekteşirdiği çalışmasında, dış yüzeyi güneş ısınımı etkisindeki bir duvarda zamana bağlı ısı geççisini incelemiştir. Araştırmacı duvarı oluşturan malzeme özelliklerinin fonksiyonu olarak zamana bağlı ısı geççisi sürecinde sistemi tanımlayan analitik ifadeleri türetmiştir [14].

Aşan 1998 yılındaki çalışmasında, yalıtım kalınlığının ve duvar içindeki konumunun faz kayması ve sönüm oranı üzerine etkisini sayısal olarak incelemiştir. Hesaplamalarda duvarın toplam kalınlığı sabit tutularak, yalıtım kalınlığı değiştirilmiştir. Ayrıca yalıtımın duvar şeklinin dört farklı konumu da ele alınmıştır. Araştırmacı yalıtımın kalınlığı ve duvardaki yerinin faz kayması ve sönüm oranı üzerinde etkili olduğunu belirmiştir [15].

Hottel ve Woertz 1942'de, düz plakalı hava ısıtmalı güneş kolektörlerinin performansı ile ilgili ayrıntılı ilk çalışmaları yapmıştır. Bu çalışmalar, deneysel olarak güneş enerjisi ile ısıtılmış konutlarda denenmiştir [16].

Yeh ve Ting 1987 yılındaki çalışmalarında, yutucu plaka ile cam arasını demir talaşıyla doldurmuş ve deneyler sonucunda demir talaşıyla doldurulmuş kolektör için verimin, siyah yüzeyin kolektörün ortasında olduğu kolektör verimine göre %38 oranında daha fazla olduğunu göstermişlerdir [18].

Yeh ve Ting (1990), hava ısıtmalı güneş kolektörlerine kanatlar ilave ederek, kolektör verimini arttırmayı hedeflemiştir. Kanat sayısının artışıyla kolektör veriminin %12 oranında arttığı sonucuna varmışlardır [17].

Yeh ve Lin (1995), düz plakalı hava ısıtmalı güneş kolektörlerinin, kolektör verimleri üzerinde birbirlerine paralel olan engellerin etkisini deneysel ve teorik olarak incelemişlerdir. Engelleri uygun aralıklarla yerleştirerek, deneysel çalışmaları engellerin farklı bölgelerinde yapmışlardır. Maksimum kolektör verimi için, optimal engel yerinin kolektörün merkezinin olduğu ve engel sayısının artışıyla kolektör veriminin arttığı gözlenmiştir [19].

Yeh ve Lin (1996), hava akışının siyah yüzeyin üst kısmında olduğu hava ısıtmalı güneş kolektörlerinin verimi üzerinde kolektör boyutunun etkisini, deneysel ve teorik olarak incelemişlerdir. Bu çalışmada kolektör boyutu (L/D) arttığı zaman verimin yaklaşık olarak %10 arttığı ve havanın, yutucu plakanın yukarisından aktığı kolektör için verimin, hava akışının siyah yüzeyin altında olduğu kolektöre göre %18 daha fazla olduğunu göstermektedirler [20].

Tabor 1962, paralel plakalar arasındaki taşınım ile ısı transferinde, yeni bir bağıntı geliştirerek, Hottel ve Woertz'in kayıp hesaplarını düzeltmiştir. Düzeltilmiş ısı kayıp katsayısını kullanarak, Hottel ve Woertz'in değerlerini tekrar hesaplamış, deneysel ve teorik değerler arasında mükemmel bir uyum olduğunu göstermiştir [21].

Parker ve arkadaşları 1988, V oluklu yutucu plakalı güneş enerjili hava ısıtıcıların ısı performans deneyini ve ısı analizini gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada üç kollektör tipi denenmiştir. Bunlar, yutucu plakanın yukarısından akış, yutucu plakanın her iki yüzeyinden akış ve yutucu plakanın altından akıştır. İmalat farklılıkları nedeniyle meydana gelen ısı performans değerlerini kontrol etmek için aynı tip kollektörler için ortak denemeler yapmışlardır [22].

F. Shuman ve C.V. Boys, tarafından geliştirilen parabolik oluklu yalak şeklindeki toplayıcılar, güneş ışınlarını yatay borular üzerinde yoğunlaştırarak 55 BG. mekanik güç elde etmiştir [7].

Binark ve Deliçay 1993, kollektörlerin birinde hareketli havanın dolaştığı kanal boş, diğerinde ise özel şekilde tasarlanan, aynı boyutlarda imal ettikleri toplam üç model kollektörü aynı anda, aynı hava hızlarında, çeşitli gün ve sıcaklıklarda denemişler ve elde edilen sonuçlara göre bu kollektörlere ait sıcaklık farkı-zaman ve verim-zaman eğrilerini çizmişlerdir. Çift geçişli, çift camlı ve labirentli kollektörün veriminin ve giriş çıkış sıcaklıkları farkının, düşük hava hızlarında diğer iki kollektöre nazaran daha yüksek olduğu sonucuna varmıştır [23].

Ertekin ve Bilgili 1998, çalışmalarında, hava ısıtmalı güneş kollektörlerini tanıtarak bunların yapımında kullanılan yutucu yüzeyler, geçirgen örtüler, yalıtım malzemeleri ve kasalar hakkında bilgi vererek, ısı verimin belirlenmesinde kullanılan ısı kazanç faktörü, verimlilik faktörü ve toplam ısı kayıp katsayıları ile ilgili formüller vermişlerdir [24].

Yıldız ve diğ. 2002, konveksiyon etkisi artırılmış güneş kolektörü geliştirerek denemişler ve termal verimini araştırmışlardır. Bu kollektör de iki toplayıcı kullanılmıştır. Birinci toplayıcı, en altta siyaha boyanmış oluklu saç yerleştirilmiştir. İkinci toplayıcı ise kollektöre köşegenleri boyunca yerleştirilmiş olan siyaha boyanmış, aralıklı olarak delinmiş olan bakır levhadan oluşturulmuştur. Hava bu iki toplayıcının arasından geçerek ısınmaktadır. Böylelikle yüksek sıcaklıklar ve yüksek verim elde edilmiştir [25].

### 3.ENERJİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER

#### 3.1. Enerjinin Tanımı ve Önemi

Enerji yaşam döngüsünün temel öğelerinden biridir ve yaşamın sürekliliği için gereklidir. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin temel ihtiyaçlarından biridir. Dünya nüfusunun hızla artması ve teknolojik alandaki gelişmeler, ülkelerin enerjiye olan ihtiyaçlarını her 15 yılda iki kat artırmaktadır. Günümüzde enerji, büyük oranda birincil kaynaklardan elde edilmektedir. Petrol, tabii gaz, odun, kömür ve sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG) belli başlı enerji kaynaklarıdır.

Gelişmekte olan ülkeler gittikçe artan nüfusa karşı ekonomik olarak büyük ölçüde enerjiye ihtiyaç duymaktadır. Yeni enerji kaynaklarının sık ve kolay bulunması, temiz ve ucuz olması yanında tercih edilmesinin gerekliliğini de belirlemektedir. Ayrıca, en önemlisi de kullanılan enerjinin israf edilmemesi ve bu enerjinin yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanması veya kullanılan enerjiye ek bir getiri sunması gerekmektedir.

Günümüz Türkiye'si; enerjinin büyük bir kısmını hidrolik ve termik santrallerden sağlarken, gelişimine paralel olarak enerjiye duyulan ihtiyaçları artmış, petrole bağımlı bir ekonomi ortaya çıkmıştır. Enerji talebindeki bu hızlı artışa karşı üretimdeki artışın bu talebi karşılayabilecek kadar artmadığı ve üretimin tüketimi karşılama oranının gittikçe azaldığı görülmektedir. Ayrıca, enerji kullanımı açısından güneş enerjisinin doğrudan, dolaylı ve doğrudan-dolaylı kullanımının analiz edilmesi gerekir [26].

**Enerjinin doğrudan kullanımı:** Bu sistemlerde toplayıcıdan elde edilen enerji, doğrudan enerji tüketim ortamına aktarılmaktadır. Toplanan enerjinin, tüketilen enerjiye eşit olduğu durumlarda uygulanır. Lawand tipi seralı kurutucularda olduğu gibi.

**Enerjinin dolaylı kullanımı:** Bazı sistemlerde güneş enerjisi toplanabildiği kadarıyla bir ısı deposuna aktarılmakta ve tüketilen enerji bu depodan sağlanmaktadır. Tüketim sıcaklığının fazla yüksek olmadığı durumlarda ve güneş enerjisinin verimli olmadığı zamanlarda devam etmesi istendiğinde bu yöntem tercih edilmektedir.

**Enerjinin doğrudan-dolaylı kullanımı:** Bazı sistemlerde doğrudan ve dolaylı kullanım yöntemleri birlikte uygulanır. Toplanan güneş enerjisi ihtiyaçtan fazla olduğu durumlarda, fazla enerji depolanarak, güneş enerjisinin verimli olmadığı dönemlerde kullanılmaktadır.

Enerji yok edilemez. Enerjinin korunumu ilkesi olarak bilinen bu yasa, bir etkileşim sırasında enerji bir biçimden başka bir biçime dönüşür,fakat toplam enerji sabit kalmaktadır[27].

Enerji tüketiminin önemli bir bölümünün binalarda gerçekleşmesi nedeniyle, binalarda enerji korunumu sağlamanın yanı sıra binaların enerji performansını arttırmak ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmek kaçınılmazdır. İnsanoğlu, günümüzde çevreye verdiği zararların neden olduğu iklim-sel değişimlerle yüz yüze gelmiştir. Endüstri devrimiyle başlayan ve XXI.yy da giderek ivme kazanan bir hızla süren teknolojik gelişmelerin çevre üzerindeki baskısı tehlikeli boyutlara ulaşmış ve Birleşmiş Milletler tarafından 5-16.Haziran.1972 Stocholm'da düzenlenen

Çevre Konferans'ında çevresel sorunların evrenselliği kabul edilmiştir [28]. Bu toplantı sonucunda, yeni enerji teknolojilerinin gerekliliği ortaya konmuş ve gelişmiş ülkeler öncelikli olmak üzere iklim koşullarına ve yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı araştırma ve uygulama çalışmaları hızlanmıştır. Gerek "Kyoto Protokolü" kapsamında gerekse "Johannesburg Sürdürülebilir Kalkınma Dünya Zirvesi" kararları doğrultusunda pek çok ülke küresel ısınmanın nedeni olan CO<sub>2</sub> emisyonlarını azaltma yönünde önlemler almaktadır [29].

Sanayileşme, artan konfor talepleri ve gelişen teknoloji, enerji kullanımını arttırmaktadır. Geleceğe yönelik yapılan projeksiyonlarda CO<sub>2</sub> salımının bugünkü hızı ile ilerlemesi sonucu 2040 yılında dünyada 1,5~4,5°C'lik sıcaklık artışı beklenmektedir. Beklenen bu sıcaklık artışıyla enerji, etkin tasarım amacıyla geliştirilerek güneş duvarları, kış bahçesi, fotovoltaik cephe ve çatı uygulamaları deneysel çalışma kapsamında ele alınmaktadır [29].

### 3.2. Enerji Biçimleri

Güneşten gelen ışık yada ışıma enerjisi, günümüzde var olan hemen bütün enerji biçimlerinin kökenini oluşturur: Odun ve besinler doğrudan güneş enerjisinden kaynaklanır; kaynağı yine güneş olan fosil yakıtlar çok uzun süreli bir enerji depolamasından doğar. Petrol, doğal gaz ve kömür gibi fosil yakıtlar milyonlarca yıl önce yaşamış organizmaların dönüşüm ürünleridir.

Kimyasal enerji; besinlerin, bitkilerin, yakıtların potansiyel enerjisi biçiminde, doğrudan ışık yada güneş enerjisinden türer. Dolayısıyla bu enerji biçimi büyük ve yoğun enerji stokları sağlar. En yaygın kullanım biçimleri, yanıcı maddelerin hızlı ve tam yükseltgenmesinden kaynaklanan ve ısı açığa çıkaran yanma yada daha yavaş, kimi zaman sınırlı yükseltgenme şeklinde oluşan mayalanma ve solunumdur.

Isıl enerji, kimyasal enerji ile birlikte insanoğlunun besinlerini pişirmek için kullandığı ilk enerji türlerinden biridir. Bu enerji, ısımanın kullanımı şeklinde doğrudan güneş enerjisinden yada yakıtlardan ve bunların depoladığı kimyasal enerjiden elde edilir. Öte yandan ısıl enerji, ısıl makinelerle başka enerji biçimlerine dönüştürülür.

Hidrolik enerji yada "beyaz kömür" de güneşe dayanır. Güneş ışıması, denizlerin, göllerin vb.nin suyunu buharlaştırarak bulutları oluşturur; bunlar dağlara kar yada yağmur biçiminde düşüp su çevriminin sürekliliğini sağlar. Doğal yada yapay göllerde biriken suyun potansiyel enerjisi türbinlerde mekanik enerjiye dönüştürülerek hidrolik enerji biçiminde elektrik enerjisi üretiminde kullanılır.

Mekanik enerji, işe dönüşmüş biçimiyle insanoğlunun bütün gereksinimlerini karşılayan, kaçınılmaz bir enerji türüdür. Eskiden insan, yer değiştirmek yada yiyecek, giysi, konut vb. üretmek için yalnız kendi kas enerjisinden yararlanıyordu. Daha sonra hayvanları, rüzgarı ve suyu kullandı; nihayet enerji dönüşümleriyle doğrudan ısıl motorları çalıştırmak yada elektrik enerjisi üretmek için, çok çeşitli yakıtlara başvurdu.

Elektrik enerjisi günümüzde, başka enerji biçimlerine (ısıtma, aydınlatma, mekanik enerji

vb.) dönüştürme ve iletim olanakları nedeniyle kullanışlı ve çok yaygın bir geçiş enerjisidir. Genellikle santrallerde mekanik enerji üreteçlerle ve alternatiflerle çevrilerek elde edilir.

Nükleer enerji, kökeni güneş olmayan tek enerji türüdür. Kütle-enerji eşdeğerlik bağıntısıyla ( $E = m.c^2$ ), kimi hafif elementlerin çekirdekleri düzeyindeki kaynaşma ve kimi ağır elementlerin çekirdekleri düzeyindeki parçalanma tepkimelerinden atomların yada uranyum başkalaşımından doğan plütonyum atomlarının parçalanmasıyla üretilir. Parçalanmanın açığa çıkardığı ısı enerjisi doğrudan mekanik enerjiye, ardından elektrik enerjisine dönüştürür.

### 3.3. Enerji Kaynakları

Enerji kaynakları, yenilenebilir enerji ve yenilenemeyen enerjiler yada fosiller biçiminde sınıflandırılır. Enerji kaynaklarını çeşitli kriterlere göre sınıflandırmak mümkündür. Bu sınıflandırma yer altı ve yerüstü kaynakları olup olmayışına göre, kullanışlarının yeni ve eski oluşuna göre olmak üzere ikiye ayrılır [30].

#### a. Yer altı ve yerüstü kaynakları olup olmayışına göre:

*Yer Altı Enerji Kaynakları:* “Fosil” yakıtlar olarak da adlandırılmaktadır. Fosil yakıtlar; petrol, doğalgaz ve kömür olarak sayılabilir. Ayrıca fosil yakıt olmayan yer altı kaynakları da vardır. Bunlar da uranyum, toryum ve jeotermal kaynaklardır.

*Yer Üstü Enerji Kaynakları:* Odun, hayvan ve bitki artıklarından oluşan kaynaklardır.

#### b. Kullanışlarının yeni ve eski oluşuna göre:

*Konvansiyonel Kaynaklar:* Konvansiyonel enerji kaynakları birincil enerji kaynakları, primer enerji kaynakları yada yenilenemez kaynaklar olarak da adlandırılmaktadır. Adından da anlaşılacağı üzere bu kaynaklar bir kez kullanılmakta, yenilenememektedir. Birincil enerji kaynakları fosil kaynaklar olarak adlandırdığımız petrol, kömür, doğalgaz, bitümlü şistler ile nükleer kaynaklardan oluşmaktadır.

*Yenilenebilir Kaynaklar:* Beyaz kömür diye adlandırılan su gücü yani hidrolik kaynaklar, jeotermal kaynaklar, güneş, rüzgar, dalga ve biyomas enerji kaynakları yenilenebilir enerji kaynaklarıdır [31].

Fosil enerjileri, gerçek anlamda ancak birkaç yüzyıldan bu yana kullanıla gelen katı, sıvı ve gaz yakıtlar oluşturur. Çok büyük ölçülere varan tüketimi sonucu bu kaynakların tükenme tehlikesi ortaya çıkmıştır.

Kömürün ısı ve enerji kaynağı olarak kullanılmaya başlanmasından önce, yani 18.yy ortalarına gelinceye kadar insanlar yüzyıllar boyu ısı kaynağı olarak sadece odun ve odun kömüründen, enerji kaynağı olarak da insan ve hayvan gücünden yararlanmıştır. Kömür kullanılmaya başlandığı tarihten itibaren 19.yy’ın sonlarına kadar büyük sanayinin temeli olarak kalmıştır [31].

Jeolojik çağlarda, bitki örtüsünün aşırı bolluğu ile yerkabuğundaki dönüşümlerin birleşimi çok derinlerde hidrokarbonlu maddelerin birikimine yol açtı. Bunlar sıcaklığın,

basıncın ve mikroorganizmaların etkisi altında hidrojen ve oksijenin büyük bir bölümünü yavaş yavaş yitirdi. Böylece taş kömürü ve linyit oluştu. Günümüzde işletilen katı yakıtlar işte bunlardır. Diğer organik artıklar, aynı etkenlerin etkisiyle petrol ve doğal gazla dönüştü. Kullanılmakta olan fosil yakıtların tükenme sürecine girmiş olmasından ve özellikle son yıllarda artan enerji talebinden dolayı, alternatif enerji sistemlerine olan ilgi artmaktadır. Bunun yanı sıra diğer enerji kaynakları için çalışmalar da yapılmaktadır.

Güneş enerjisi yanında, rüzgar, biomas, dalga ve jeotermal enerji kaynaklarından da yararlanma konuları araştırılmaktadır. İnsanın ve geliştirdiği sanayinin artan gereksinimleriyle kaynak sınırlılığı enerji bunalımını gündeme getirdi. 200 yılda, dünya petrol rezervleri büyük olasılıkla tükenecektir.

Türkiye’de bugün yenilenebilir enerji kaynaklarından en çok biogaz ve hidrolik enerji kullanılmaktadır. Jeotermal enerji üçüncü sırada yer almakla birlikte, kullanımı sınırlıdır. Güneş enerjisinin kullanımı sembolik düzeyde iken, rüzgar enerjisinin kullanımı yeni başlamakta, dalga enerjisi üzerinde hiç durulmamaktadır.

Nükleer enerjinin temelini oluşturan uranyumda yenilenemeyen bir enerji kaynağıdır ve fosil denen klasik yakıtların tersine, parçalanabilir bir yakıt ürünüdür. İşlenebilir uranyum rezervleri, günümüzdeki klasik yöntemlerle işlenirse ve başka teknikler bulunamazsa, fosil yakıtlardan daha çabuk tükenme tehlikesiyle karşı karşıyadır.

Hidrolik enerji, yenilenebilir bir enerji biçimidir. Eskiden su değirmenlerinde kullanılan bu enerji kaynağından günümüzde hidroelektrik santrallerde ve mikro santrallerde yararlanılır.

Denizlerden, deniz sularının yükselip alçalması ile elde edilen gel-git enerjisinin yanı sıra, dalgaların kuvveti ve denizdeki ısı farklılıkları ile enerji sağlanabilmektedir [31]. Denizlerden enerji elde edilmesine yönelik uygulamalar dünyada henüz yaygın olmamakla birlikte, bu enerji kaynağını ekonomik kılacak teknolojilerin geliştirilmesiyle alternatif bir enerji kaynağı olarak enerji kaynakları arasında daha önemli bir yere sahip olabilecektir.

Gelgit enerjisi, gelgit olaylarından kaynaklanan çok büyük su kütlelerinin düzenli salınımlarına dayanır. Rezonans olaylarının yüksek ve alçak sular arasındaki yükselti farkını güçlendirdiği belli bölgelerde işletilebilir. İlk işletme yeri, Rance’da kurulan gelgit santralidir.

Denizlerin ısı enerjisi, sıcak denizlerin yüzey suları ile derin sular arasındaki 4°C lık sıcaklık farkından yararlanılmasıdır. Bu alanda birçok araştırma yapılmış. İlk denemeler 1930’a doğru Georges Claude gerçekleştirdi. Verim düşük ama kullanılabilir enerji çok büyüktür. Jeotermal enerji, çok derinlerde yer alan yer altı örtülerinin sıcaklıkları ve buharından yada gazların buharından kaynaklanır. Bu enerji özellikle, engebeli, volkanik bölgelerde kolayca işletilebilir. Çünkü çok sıcak sular yüzeye yakındır.

Rüzgar enerjisinden , yel değirmenlerine aerogeneratorleri çalıştırma ve yelkenlerle gemilerin itme gibi çok çeşitli, ama verimi sınırlı bir çok alanda yararlanıldı. Düzensiz niteliğinden dolayı, bu enerji kaynağının kullanımındaki güçlük henüz aşılamamıştır [26].

Biyogaz adı verilen enerji kaynağı, odun gibi, ticari olmayan enerji kaynakları arasında yer almaktadır. Gübre, bitkisel atık vb. organik atıkların oksijensiz ortamda fermente olması sonucu meydana gelen yanıcı bir gaz karışımıdır. Bataklık, kanalizasyon gibi su birikintilerinde kendi kendine ortaya çıkan bu gazın insan eliyle üretimi bugün ayrı bir önem kazanmıştır [32].

Elektrik enerjisi sanayinin temel girdisi olması yanında, diğer sektörler içinde çok büyük bir önem arz etmektedir. İstikrarsız bir yapıya sahip enerji sektörü, bir ülkenin bütün kalkınma hamlelerini engeller. Enerji sektöründe ortaya çıkabilecek bir darboğazın, ülkenin bütün sektörlerine olumsuz yönde etkileyeceği bilinen bir gerçektir. Nitekim, bu olumsuz etki üretimin ve dolayısıyla milli gelirin azalmasına neden olacaktır [33].

Yeni enerji kaynaklarının bulunması yolunda bilim adamlarının yapmış oldukları çalışmalar sonucunda, mıknatıslardan ve çöplerin yakılmasından da enerji sağlanabileceği ortaya çıkmıştır. Özellikle de çöplerin yüksek kalorili petrol içerdikleri ve bir ton çöpten yaklaşık yarım ton petrol elde edilebileceği Manchester Üniversitesi ve Teknoloji Enstitüsü tarafından öne sürülmektedir [31]. Kent lağımalarının metan gazı üretmesi yoluyla da enerji üretiminde bulunulabilir. Günümüzde ülkelerin gelişmişlik seviyesi kişi başına düşen enerji miktarı ile belirlenmektedir. Modern dünyada birçok mal ve hizmetin yeni teknolojilerle üretiliyor olması daha fazla enerji tüketimine neden olmaktadır. Bu durumda ülkelerin, enerji konusunda daha titiz davranmalı ve enerji sorununa acil çözümler getirmesini gerektirmektedir [34].

Güneş enerjisinin ise bir çok kullanım biçimi vardır. Düzlem kolektörlerle düşük sıcaklıkları çevirme yada yoğunlaştırarak orta, yüksek ve çok yüksek sıcaklıkta ısıya dönüştürme; fotovoltaik hücrelerle doğrudan elektrik elde etme. Bu enerjinin depolama gerektirmesinden kaynaklanan sakıncaları vardır. Bununla birlikte XXI.yy için, insanlığın en önemli ve tükenmez enerji kaynağı olarak büyük umut vermektedir.

Bugüne kadar güneş enerjisinin kullanımının yeterince yaygınlaşmamasının nedeni, bu kaynağın sürekli bir enerji kaynağı olmaması ve genellikle ek enerji kaynaklarına ihtiyaç göstermesidir. Bu durum oldukça karmaşık otomatik kontrol mekanizmalarını gerektirmekte olduğundan güneş enerjili sistemlere ilave masraf getirmektedir. Gelişigüzel enerji veren güneşle, yüksek oranda kullanım amaçlandığı zaman depolama zorunlu olmaktadır. Havanın sürekli bulutlu olduğu zamanlar hesaplanarak, bu zamandaki enerji ihtiyacını karşılayacak bir depo tasarlanabilir. Ancak, böyle bir deponun boyutları çok büyük olmakta, otomatik kontrol mekanizmalarının da eklenmesiyle sistem ekonomikliğini yitirmektedir. Bu olumsuz durumu önleyecek çeşitli yollar vardır. Örneğin; güneş enerjisini yoğunlaştırarak, daha yüksek sıcaklıklarda depolamak düşünülebilir. Bu durum mümkün görünmekle birlikte, daha pahalı ve yoğun teknoloji gerektirmekte, sistemin kuruluş maliyeti artmaktadır. Toplanan güneş enerjisi tüm gereksinimi karşılamasa bile bir ön ısıtma anlayışı içinde ısı ekonomisi yapılabilir [26].

Son olarak, potansiyel olarak tükenmez enerjiler arasında, yerküre üzerinde çok büyük miktarda bulunan hafif çekirdeklerin kaynaşmasından doğan termonükleer enerjiyi de sağlamak

gerekir. Denetimli kaynaşma yolunda belli gelişmeler görülse bile, bu enerji türünün bir patlama yapması bugün için olanaksızdır [35].

### **3.4. Dünyada Enerji Verimliliğinin Oluşumu ve Gelişimi**

Petrol krizi tüm dünyada ekonomik krizin ve enerji darboğazının ortaya çıkmasına sebep olmuştur. lkeler, bu enerji krizinin ekonomileri üzerinde olumsuz etkileri gidermek amacıyla, enerjinin verimli kullanılması ve yeni enerji kaynaklarının araştırılması, geliştirilmesi konularına önem vermeye başlamışlardır. Sanayileřiēmiş lkeler, petrole yaptıkları fazla ödemeyi mamullerinin fiyatlarına aktarabildikleri için bu kriz karşısında başarılı olmuşlardır. Fakat dünya piyasalarında mamul madde fiyatlarının artmasına paralel olarak petrol ihracatçısı ülkelerin (OPEC)'de petrol fiyatlarını devamlı olarak yükseltme yoluna gitmeleri, dünya ekonomisini sürekli bir bunalım içinde bırakmıştır. Bu durumda az gelişmiş yada gelişmekte olan ülkeler daha çok zarar görmektedir. Çünkü bu ülkeler bir yandan petrol alımı için petrol ihracatçısı ülkelere ve diğerk yandan mamul madde imalatı yapan sanayileřiēmiş ülkelere giderek daha fazla ödemek zorunda kalmışlardır. lkeler maruz kaldıkları bunalımdan çıkabilmek için, ihracatın ve diğerk döviz girdilerinin arttırılmasının teşviki, her kesimde üretim mümkün olan en yüksek düzeyde gerçekleştirilmesi, tüketimin azaltılması, yatırımların arttırılması, enflasyon hızını yavaşlatıcı para, kredi ve bütçe politikalarının tatbik edilmesine yönelik ekonomik ve mali tedbirleri uygulamaya koydukları gözlenmiştir. Öte yandan, konvansiyonel fosil kaynaklarının tükenir nitelikte oluşu, bu enerji kaynaklarının en ekonomik ve rasyonel Şekilde, yani "verimli" bir Şekilde kullanılmasını zorunlu kılmıştır. Bu anlamda, verimlilik kavramı, ülkelerin gündemine oturarak, hem teknolojik anlamda verimlilik araştırmalarını hızlandırmış hem de verimliliğeri teşvik edici unsurlar uygulamaya hızla konulmuştur.

### **3.5. Türkiye'de Enerji Verimliliğinin Oluşumu ve Gelişimi**

Türkiye'de konvansiyonel enerji kaynaklarının hemen hepsinin var olmasına rağmen, tüketilen birincil enerjinin ancak yarısı yerli üretimle karşılanmaktadır. Geri kalanı ise ithal edilmektedir. Enerjinin darboğaza girdiğeri 70'li yıllarda, ülkemizde enerji tasarrufu olmadığeri, kesinti yapılmadan, enerjinin rasyonel kullanımı yani enerji talebini kısımadan israfı önleyerek, çevreyi de kirletmeyecek Şekilde kullanımı anlayışı ile 1981 yılında Başbakanlık Kararı ile çalışmaları halen devam eden "Enerji Tasarrufu Koordinasyon Kurulu" oluşturuldu ve "Enerji Korunması ve Tasarruflu Kullanımına İlişkin Kanun Tasarısı" hazırlandı. Yine aynı dönemde Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİEİ) kapsamında başlatılan ilk planlı enerji tasarrufu çalışmalarının daha etkin olması için "Ulusal Enerji Tasarrufu Merkezi" oluşturuldu. Güneş enerjisi araştırma ve geliştirme konularında EİEİ'nin yanında TÜBİTAK Marmara araştırma Merkezi ile

Üniversiteler çalışmalar yapmaktadır. Güneş enerji verilerinin ölçülmesi konusunda Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü faaliyet göstermektedir [36].

#### 4. GÜNEŞ ENERJİSİ, TANIMI VE UYGULAMA ALANLARI

##### 4.1. Güneş

Güneş değişmezi kavramını, ilk kez 1837'de Pouillet ortaya attı. XIX.yy'ın sonunda kullanılan bolometrik<sup>1</sup> algılayıcılar, atmosfer öncesi kızılaltı ışınları soğurmasındaki dalgalanmaların, yerin aldığı güneş ışınlarını hissedilir ölçüde değiştirdiğini gösterdi. Günümüzde ölçümler balonlarla yada uydularla yapılır. Örneğin Spacelab<sup>2</sup> bir gözetim programı uygular. Buna göre dünyaya gelen güneş enerjisi, çeşitli dalga boylarındaki ışınımlardan oluşur ve güneş-dünya arasını yaklaşık 8 dakikada aşarak dünyaya ulaşır. Dünyanın dışına (hava küre), güneş ışınlarına dik, bir metre kare alana, bir saniyede gelen güneş enerjisi,  $1357 J'$  dür. Bu değer, tanım gereği, yıl boyunca değişmez kabul edilir. Bu sayı güneş değişmezi olarak bilinir [37].

Güneş değişmezi, adına rağmen atmosferin en yüksek noktalarında bile zamanla değişmeye elverişlidir. Bu olgu, bir yıldızdaki enerji aktarımı ve özellikle yer yüzeyindeki iklim değişiklikleri sorununu gündeme getirir. Güneş tayfının görünür ve kızılaltı bölgeleri kararludur; ama morötesi bölgesi toplam güneş enerjisinin çok küçük bir bölümünü oluşturmasına rağmen, yer atmosferinin ısı kimyasını önemli ölçüde etkileyen değişikliklere uğrar.

Güneş enerjisi, güneş elektromanyetik tayfın bütün bölgelerinde ışımaya yapsa bile temelde enerjisinin hemen hemen tümünü ışık ışınımı biçiminde yayar. Bu ışımanın %41'i görünür bölgede, %52'si kızılaltı bölgesinde ve %7'si de morötesi yakınında oluşur. Dünya, bu gücün yalnızca küçük bir bölümünü, yaklaşık on milyarda birini alır. Işıma gücünün önemli bir bölümü, okyanusların buharlaşması, su ve rüzgar dolaşımı, bitkisel ve hayvansal maddelerin gelişiminde kullanılması yüzünden, güneş enerjisinin tümünü toplamak olanaksızdır. Doğrudan kullanılacak diğer bölümünü, yer yüzeyine gelen ve gücü yatay yüzeyde 0 ile  $1100 W/m^2$  arasında enleme göre değişen, ışık ışınları oluşturur. Bu ışımanın güneş toplayıcılarıyla ısıya dönüştürülmesi; evlerde kullanılan su ve konutları ısıtma, güneş fırınları ve iklimlendirme gibi ilk uygulama dizisini oluşturur. Ayrıca elde edilen ısı enerjisinden mekanik enerji yada elektrik enerjisi üretilebilir. Güneş enerjisinin söz konusu termodinamik dönüşüm uygulamaları, düşük sıcaklıkta ( $150^{\circ}C$ 'ın altında) kimi su pompalama sistemlerinde, orta ve yüksek sıcaklıkta güneş santrallerinde görülür. Öte yandan güneş enerjisi doğrudan elektrik enerjisine de dönüştürülebilir; fotopillerle sağlanan bu dönüşüme fotovoltaiik dönüşüm adı verilir. Başlangıçta yapay uyduların elektrik tüketimini karşılamak için tasarlanan fotopillerin kullanım alanları günümüzde yer yüzünde yaygınlaşmaktadır [32].

<sup>1</sup> Bir cismin tüm dalga boylarındaki parlaklığına bolometrik parlaklık denir. Bolometrik terimi, bolometre olarak adlandırılan ve bir cismin yaydığı toplam ışımayı ölçen bir aygıttan kaynaklanmaktadır [38].

<sup>2</sup> SPACELAB, ABD ile 11 Avrupa ülkesinin işbirliğiyle geliştirilen bir uzay laboratuvarıdır. 15 ton ağırlığında olan bu araç, Uzay Mekiği aracının arkasında bulunur. Deney malzemelerini NASA ve ESA ortak olarak sağlamaktadır [39].

## 4.2. Güneş Işıklarının Yansıması

Atmosfere gelen güneş radyasyonunun yaklaşık %17,5'i atmosferi ısıtmak için harcanır. yaklaşık %35'i de bulutlardan ve yerden yansıyarak tekrar uzaya döner. Bulutların üst yüzeyi güneş ışıkları için çok iyi bir yansıtıcıdır. Bu yansımada bulut cinsi, kalınlığı ve taşıdığı taneciklerin sayısı da önemli rol oynamaktadır. Yeryüzüne gelen ışınların bir kısmı da yansıtılır. Yansıyan ışınların miktarı toprağın cinsine, nem derecesine, rengine ve toprak üstü şartlara bağlıdır. Taze kar ideal bir yansıtıcıdır. Üzerine gelen ışınların yaklaşık %90'nını yansıtır. Fakat asfaltlanmış yollardaki yansımaya %10 gibi çok düşük bir düzeydedir. Yansımaya etkileyen faktörlerden biri de güneş ışınlarının çarpma açısıdır. Herhangi bir yüzeye 90 derece açı ile çarpan ışınların hemen hemen hiç yansımamasına karşın, çarpma açısı küçülüp büyüdükçe yansımada o nispette artar. Bu sebeple güneş kolektörü yerleştirilirken yansımaya açısına çok önem verilmelidir. Aynı yerde günün değişik saatlerinde yansıtma değerleri farklıdır. Araştırmalar yeryüzü ve atmosferin ortalama %35 yansıtma değerine sahip olduğunu göstermektedir. Güneşten gelen radyasyonun tümünü 100 birim kabul edersek atmosferi ısıtmak için harcanan ve yansıyarak uzaya dönen değerlerin toplamından sonra geriye 47,5 birim kalır ki, bu miktar yeryüzüne düşmekte ve burada ısıya dönüşmektedir [40]. Birim yüzeye gelen radyasyon değerinin çeşitli nedenlerle az oluşu geniş kollektör yüzeyini gerektirir ve bundan dolayı güneşli ısıtma sistemlerinin ilk kuruluş maliyeti diğer enerji kaynaklarına göre daha fazladır. Ancak uygun dizayn ve verimli çalışma ile tesisler kendini kısa zamanda geriye ödeyebilmektedir [41].

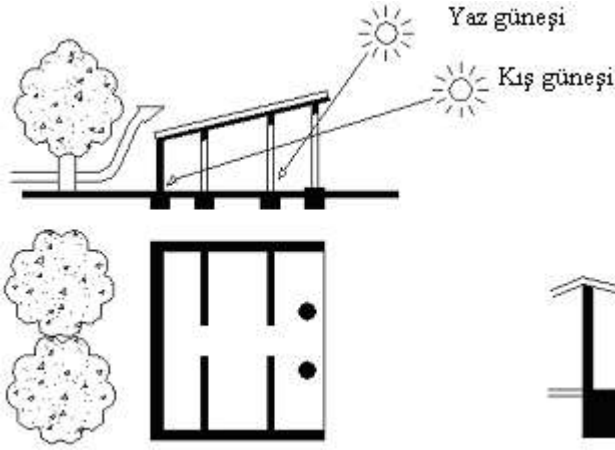
Güneşten gelen ve çoğunlukla kısa dalga boyunda olan ışınlar yeryüzünü ısıtır. Isınan yeryüzü radyasyon yayır. Yeryüzü ortalama sıcaklığı düşük olduğundan yaydığı radyasyon uzun dalga boyundadır. Atmosferdeki su buharı ve karbondioksit gazları yeryüzünden dönen radyasyonun önemli bir kısmını yutarak ısınırlar ve onlarda radyasyon yaymaya başlarlar. Yayılan radyasyonun bir kısmı tekrar yeryüzüne yönelir. Böylece yeryüzü tekrar geriye aldığı ışınlarla ısınmaya başlar. Bu ısınmaya "Greenhouse Tesiri" denir [40].

## 4.3. Mimari Alanda Güneş ve Teknoloji İlişkisi

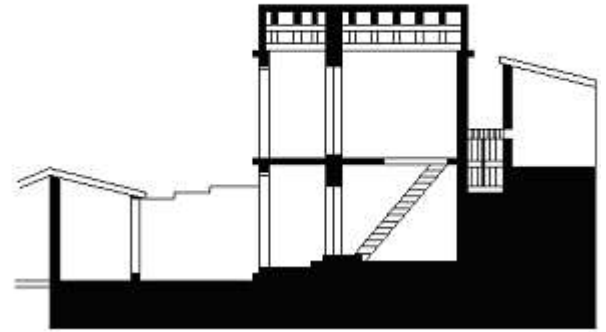
Çevresel sorunların artması nedeniyle çevreyi korumak giderek zorlaşmaktadır. Bu nedenle mimari alanda da, son yıllarda pek çok ülkede yapılan enerji kullanım performansını ekonomikleştirmek yaşamsal bir anlam taşımaktadır. Amaç; olabildiğince az enerji tüketen, çevrenin kirlenmesine dolaylı ve doğrudan olabildiğince az katkıda bulunan, yani çevrenin sürdürülebilirliğini zedelemeyen tasarımlar gerçekleştirmektedir [29].

Mimaride güneş enerjisinden etken (aktif) ve edilgen (pasif) olarak yararlanmak mümkündür. Pasif yararlanmada sistem binaya entegre edilmiş ve yapı elemanları bu sistemin parçasıdır. Bu nedenle tasarımda alınacak önlemler öncelikli olup, olabildiğince az tesisat kullanımı söz konusudur. Günümüzde güneş mimarisi, yeşil mimari ve enerji etkin mimari

uygulamaları oldukça güncel olmakla birlikte, tarihsel perspektif, insanlığın binlerce yıldır güneşten gelen yaşam ve enerji akışının bilincinde olduğunu gösteriyor. M.Ö 470-399 yıllarında yaşayan Socrates'in pasif yöntemlerle güneşten yararlanma ve korunmanın bilincinde olduğu Şekil 4.1'deki Socrates Evi uygulamasında görülmektedir. Vitruvius'a göre Socrates, güneye bakan evlerden kış güneşini içeriye alabildiğini ama yazın güneşin çatıların üstünden geçtiğini ve gölgede kaldığını; kış güneşinden yararlanmak için güney cephesinin yüksek, soğuk rüzgarlardan korunabilmek için de kuzey cephesinin alçak yapılmasını önermiştir [42]. Temel de tasarım kriterleri benzer olmakla birlikte, gelişen teknoloji paralelinde yeni yapı malzemelerinin kullanıma sunulması ile günümüzde mimarlıkta güneşten yararlanmanın yöntemleri de gelişmektedir. Güneş ışınlarının dünyaya yıl boyunca değişen açılarda ulaşması, eğer mimari tasarımda akılcı kullanılırsa, sıcak ve soğuk dönemlerde ısııl açıdan binalarda en uygun şartları oluşturma olanaklıdır. Yaz güneşinin geliş açısının yüksek, kış güneşinin ise daha düşük olması (Şekil 4.1), kuzey yarım kürede güneye bakan yüzeylerin kışın daha fazla güneş ışınımı almasını, yazın ise saçak ve güneş kırıcılar ile istenmediği durumlarda kolayca korunabilmesini olanaklı kılmakta, dolayısıyla mimarlıkta güneye bakan cepheler önem kazanmaktadır.



Şekil 4.1. Sokrates Evi, M.Ö. 469-397 [43].



Şekil 4.2. Pirine Yerleşimi, M.Ö. 400 [44].

Güney cephelerinin komşu binalar, bitki, ağaç yada topografya özellikleri gibi engeller nedeniyle gölgede kalmaları, yada arsa boyutlarının güneyde geniş cepheye olanak vermediği durumlarda, aşırı ısınma sorunlarına karşı önlem alınmasını da beraberinde getirmekle birlikte yatay yada güneye bakan çatı açıklıklarında yararlanılabilmektedir (Şekil 4.3).

Güneş mimarisinde “enerji kazancını” arttırma ve “enerji kayıplarını” azaltmaya yönelik tasarım kriterlerini gruplamak olanaklıdır.

Kiraly [45]; enerji kazancı açısından;

- Konum (yer)
- Güneye yönlendirme,
- Isı depolama özelliği olan malzemelerin kullanımı,
- Güneşten korunma önlemleri,

- Güneş enerjisi kazanımını olanaklı kılan yüzey tasarımı ön planda gelir.

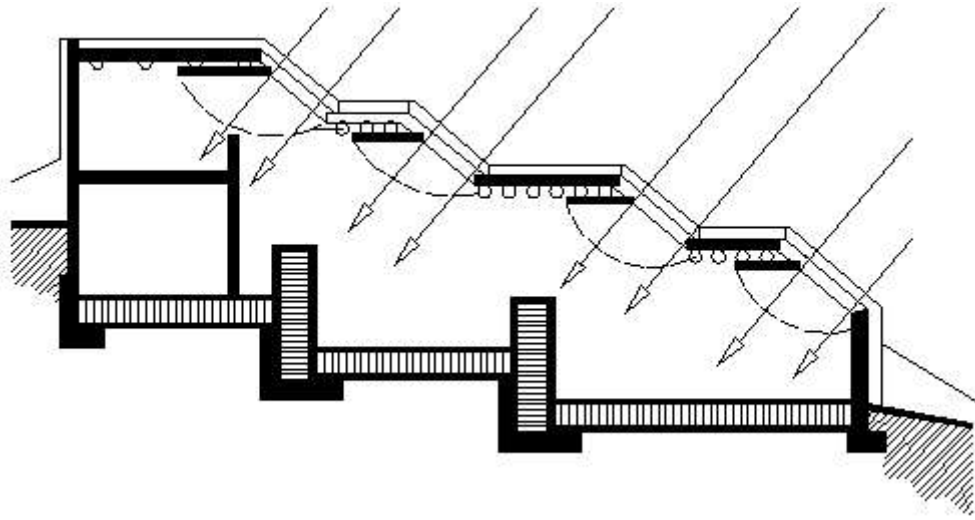
Enerji kayıplarını azaltmaya yönelik ise;

- Kompact form,
- Planlamada zonlama (bölgeleme),
- Saydan ve opak yüzeylerde kullanılan yapı elemanlarının ısı geçiş katsayıları (U-değeri) önemli rol oynar.

Mimaride güneşten edilgen (pasif) yararlanma;

- Güneş pencereleri (doğrudan kazanç),
- Güneş duvarları (dolaylı kazanç),
- Kış bahçeleri (doğrudan kazanç)

aracılığı ile gerçekleşir Gonzalo [46].



Şekil 4.3. Çatıda Güneş Açıklıklarından Pasif Kazanç Sağlama [43].

#### 4.4. Güneş Enerjisinin Tanımı

Güneş enerjisinin çevreyi kirlenici artıklarının olmayışı ve karmaşık bir teknoloji gerektirmemesi gibi üstünlükleri sebebiyle, son yıllarda üzerinde yoğun çalışmalar yapılmaktadır.

Dünyaya güneşten saniyede yaklaşık  $1,7 \times 10^{17}$  J enerji (170 milyar MW) gelmektedir. Güneşin saldıdığı toplam enerji göz önüne alındığında, bu çok küçük bir kesirdir. Ancak bu tutar, dünyada insanoğlunun bugün için kullandığı toplam enerjinin 15~16 bin katıdır.

Güneşin ışıma enerjisi, yer ve atmosfer sistemindeki fiziksel oluşumları etkileyen başlıca enerji kaynağıdır. Dünyadan ortalama  $1,496 \times 10^8$  km. uzaklıkta,  $1,392 \times 10^8$  km. çapında ve  $1,99 \times 10^{30}$  kg. kütlede sıcak bir gaz küresi olan güneşin yüzey sıcaklığı yaklaşık 6.000 K olup, iç bölgesindeki sıcaklığın  $8 \times 10^6$  K ile  $40 \times 10^6$  K arasında değiştiği tahmin edilmektedir.

Sürekli bir füzyon reaktörü olan güneşin enerji kaynağı, hidrojenin helyuma dönüşmesi esnasında, saniyede 4 milyon ton kütle enerjiye dönüşerek, yaklaşık  $3,5 \times 10^{26}$  W değerindeki enerjinin ışıma şeklinde uzaya yayılmasıdır. Güneş milyonlarca yıl ışımasını sürdüreceği için, sonsuz bir enerji kaynağıdır. Güneşten gelen güç dünyadaki tüm nükleer santrallerin ürettiği

toplam gücün 527,000 katıdır [47]. Şu an güneş enerjisinin kullanımı azdır, ancak geleceğin dünyasının enerji gereksiniminin karşılanmasında, geleneksel enerji kaynaklarının yanında en önemli seçeneklerden biri olacağı düşünülmektedir.

Dünya enerji tüketimi her yıl ortalama %4-5 oranında artmaktadır ve 2030 yılında bugünkü ihtiyacın iki katı olacağı tahmin edilmektedir. Enerjiye olan ihtiyaç hızla arttığından, yaşadığımız dünyada çevreye daha az zarar veren, hammadde bağımlısı olmayan, kendini sınırsız tekrarlayan yenilenebilir enerji kaynağı kullanımı (hidroelektrik, rüzgar, güneş, biokütle gibi) çok kısa süre içinde önem kazanacaktır ve hatta 2060 yılında dünya enerji ihtiyacının yaklaşık %60'ı yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanacaktır [8, 48, 49, 50].

Yakıtı hidrojen ve ürünü helyum olan güneş, çok büyük bir fırın olarak düşünülebilir. Burada oluşan helyum miktarı, harcanan hidrojen miktarından azdır. Aradaki fark, güneşten ışın olarak çıkan enerjiyi verir ki buna “Güneş Radyasyonu” denir [6].

Stefan Boltzman’a göre, “bir cismin yaydığı enerji o cismin mutlak sıcaklığının dördüncü kuvveti ile orantılıdır” ve (4.1) formülü ile verilmektedir.

$$E = \sigma \times T^4 \quad (4.1)$$

Diğer taraftan bir cismin sıcaklığı arttıkça, yayılan maksimum şiddetteki radyasyon dalga boyu Wien’e ( $\lambda_{\max} = \frac{a}{T}$ ) göre azalır. Wien’e göre; güneş enerjisi taşıyan radyasyon dalgaları, kısa dalga boyundadır. Güneş radyasyonunun dalga boyu 0.15~4  $\mu\text{m}$  arasındadır. Yüzey sıcaklığı ortalama 288 K olan dünyamız da uzaya enerji göndermektedir. Dünyamızın Stefan Boltzman’a göre enerji miktarı düşük ve Wien’e göre de radyasyon dalga boyu uzundur.

Atmosferdeki su buharı ve karbondioksit gazları; güneşten gelen ve çoğunlukla 0.2~3.0  $\mu\text{m}$  kısa dalga boyunda olan ışınlar ve yeryüzünden dönen ışınların bir kısmını yutarak ısınırlar ve onlar da radyasyon yaymaya başlarlar. Yayılan bu radyasyonun bir kısmı tekrar yeryüzüne yönelir. Böylece yeryüzü tekrar aldığı ışınlarla ısınır. Isınan yeryüzü Stefan Boltzman’a göre radyasyon yayar. Yeryüzünün ortalama sıcaklığı düşük olduğundan radyasyonu Wien’e göre uzun dalga boyunda olur. Cam ve plastik örtüler kısa dalga boyundaki radyasyonu geçirdikleri halde uzun dalga boyundaki radyasyonu geçirmezler. Böylece toplayıcı ile geçirgen örtü arasında kalan hava ısınmış olur. Bu nedenle güneş enerjisinin toplanması mümkün olmaktadır [51].

#### 4.5. Başlıca Güneş Enerjisi Sistemleri

Güneş enerjisi elde etme tekniklerinden bazıları araştırmalarının ilk aşamalarında, bazıları da ilerlemiş seviyelere ulaşmıştır. Her teknolojinin kullanım ve uygulamalarına bağlı olarak avantaj ve dezavantajları vardır. Güneş enerjisi sistemlerinin başlıcaları: Termodinamik ve Fotovoltaik sistemlerdir.

##### 4.5.1 Termodinamik Sistemler

1. Pasif güneş sistemleri: Direk toplama; termal depolama duvar; güneş uzayı (sunspace)
2. Aktif güneş sistemleri: Termal stasyonel sistemler; termal güneş tarayıcı sistemler

**1. Pasif Güneş Sistemleri:** Pasif güneş sistemleri, güneş enerjisi kullanımı için geliştirilen en eski sistemlerden biridir. Genellikle, binaların ısıtılması ve soğutulması için kullanılmaktadır. Güneş mimarisinde; güneş enerjisinin ısı, ışık ve sağlığa yararlı etkilerini elde edebilmek, buna karşın yüksek sıcaklık, aşırı aydınlık ve kişilere ve malzemelere zarar verecek, istenmeyen etkilerinden korunulacak şekilde kontrol edilmesi ve kullanılmasıdır. Pasif güneş sistemlerinin başlıca uygulama alanları; binaların, kışın ısıtılmasında, yazın ise ısınmayı önleyecek koşulların sağlanmasında, seraların ısıtılmasında, zirai ürünlerin kurutulmasında kullanılır.

Pasif güneş enerjisi tasarımı, her detayda ve bileşende ısı akısına gereken önemin verilmesi ile gerçekleşir. Kat planı yerleşimi, sirkülasyon sistemi, pencere konumları, duvar-döşeme malzemelerinin seçimi, pasif güneş enerjisi sisteminin tasarımının ne kadar iyi çalışabileceğini etkileyen faktörlerdir. Güneş enerjisi ile tasarlanan ev, hem geleneksel fonksiyonlarını içeren hem de ısı toplama, depolama ve yayma fonksiyonlarını içeren bileşenlerden meydana gelmiştir. Örneğin pencereler sadece ışığı içeri almak ve görüntü sağlamanın yanında ısı toplama işlevini de yerine getirir. Güneş enerjisi, binanın yardımıyla veya direkt olarak toplanmakta ve depolanmaktadır; gerçek pasif sistemlerde ısı sirkülasyonu sadece konveksiyon, kondüksiyon ve radyasyonla gerçekleştirilmektedir. Güneş enerjisinden ısıtmada faydalanan pasif sistem sınıflandırılmasında iki ana yaklaşım direkt ve dolaylı kazanç sistemleridir. Diğer bütün kategoriler bu iki yaklaşım içindeki alt sistemlerdir.

**a. Direkt kazanç sistemleri:** Bu sistemler, pasif sistemlerin en çok kullanılanları olup ısıtma sistemleri, güneşe bakan büyük cam alanlar içerirler. Bu sayede yaşam mekanına giren güneş ışınları, termik kütleler tarafından depolanmaktadır. Direkt kazanç sistemleri de kendi içlerinde *yayıllı direkt kazançlar* ve *yayıllı olmayan direkt kazançlar* olmak üzere iki grupta incelenebilir.

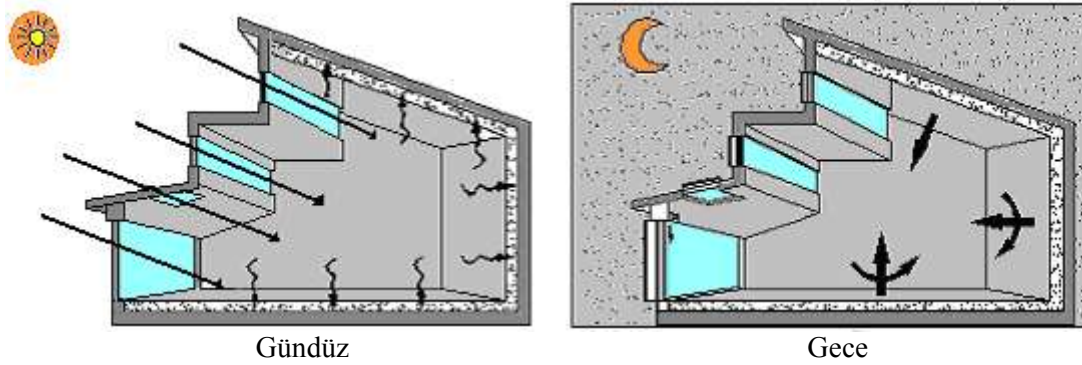
Pasif güneş enerjisi sistemlerinin en basit tipi olan *yayıllı olmayan direkt kazanç sistemlerinde* güneş ışınları yaşam mekanlarına büyük, güneşe bakan camlardan girmektedir. Işınım direkt olarak ısı depolayıcı maddelerin üzerine düşmekte ve burada yutulup ısı olarak saklanmakta ve mekanı ısıtmak üzere bırakılmaktadır [52].

Işınımına maruz kalacak termik kütle, etkili bir performans gösterebilmek için, tipik bir kış gününün çoğunu direkt olarak güneş ışınlarını karşılayacak şekilde yerleştirilmelidir. Çoğu binalarda büyük güneşe bakan cam yüzeyleri olmasına rağmen, termik kütlelerin gelen güneş ışınlarından tümüyle yararlanamaması ve uygun yalıtım standartlarının tutturulamaması, pasif ısıtma sistemlerinden gerektiği gibi yararlanılamamasını doğurabilir.

Direkt kazanç sistemlerinde gerekli olan büyük cam yüzeyler ısı kaybından veya parıltıdan dolayı bir konforsuzluk yaratabilir. Ayrıca bu sistemin yaşam için bir toplayıcı gerektirmesi mekan kullanımı ve enerji depolaması arasında bir tasarı karmaşası yaratmasına

neden olabilir. Sabit veya sabit olmayan mobilyalar termik kütlelerin güneş ışınımı almasını engelleyerek verimin düşmesine neden olabilirler. Bu problemler direkt kazanç sistemlerinde tasarımcının çözmesi gereken problemler olarak ortaya çıkmaktadır.

*Yayıllı direkt kazanç sistemlerinde* ise gelen ışınları yayan camların veya panjurların kullanımı veya düz cam arkasındaki açık renkli bir yüzeyden yansımaları, gelen güneş ışınımının mekan içerisinde etkili bir şekilde yayılmasını sağlamaktadır. Bu sayede ısı depolanması gereken termik kütle, yayıllı olmayan kazanç sistemlerindeki sınırlandırmalar olmadan mekan içerisine yerleştirilebilmektedir. Bu metotla güneş enerjisinin dağıtımı, termik kütlelerin yüzey sıcaklıklarının daha düşük olmasını ve mekan içerisindeki sıcaklık dalgalanmalarını önleyecektir. Yayıllı olmayan direkt kazanç sistemlerinin çoğu problemleri yayıllı sistemler için de geçerlidir. Mekan kullanımı ve enerji depolanması arasındaki tasarım karmaşası bu sistemde daha hafifletilmiştir. Fakat ek bir problem olarak mekanın manzarasının sınırlandırılması sorunu ortaya çıkmaktadır.



Şekil 4.4. Direkt Kazanç Sistemi [53].

**b. Dolaylı kazanç sistemleri:** Dolaylı kazanç sistemlerinde masif strüktürler güneş ile yaşam mekanı arasına yerleştirilerek mekanın dolaylı olarak ısıtılmasını sağlamaktadır. Aşağıdaki alt sistemler dolaylı ısı kazanç kategorisinin alt sistemleridir.

- Trombe duvarı
- Su duvarı
- Çatı havuzları
- İlave güneş mekanları (seralar)
- Termosifon kollektörleri (hava veya su)

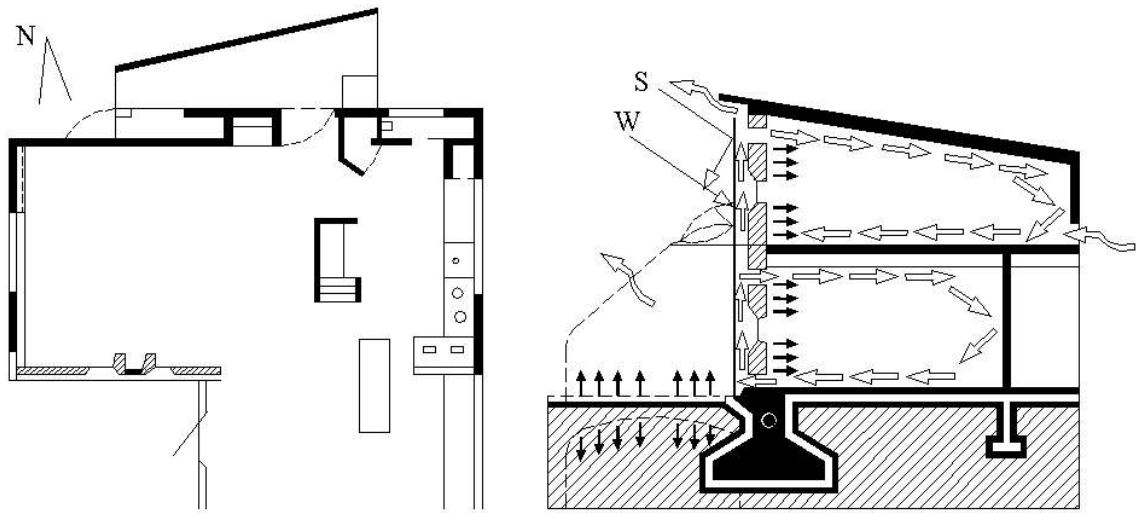
Binalarda ısı transferi ve sıcak akışkanın çevrimi doğal yolla olur. Herhangi bir elektro mekanik ve teknik gereç kullanılmadan dönüştürülür. Pasif güneş ısı sistemleri, pencereler gibi enerji kollektör elemanları veya bina duvarları gibi depolama elemanlarını da içerir.

Başlıca pasif güneş teknikleri şunlardır:

**Direk Toplayıcı:** Bu sistemlerde, güneş enerjisi kuzey yarımküre için, güneye bakan yönde düşey bir pencere yardımıyla toplanır. Gün boyunca gelen güneş enerjisi gece kullanılmak üzere, taban, tavan ve duvarlar gibi bina elemanları tarafından emilir.

**Termal Depolama Duvarları (Solarwall ve Trombe wall):** Bu sistemlerde güneye bakan bir pencerenin arkasında, ısı kollektörü vazifesi gören bir duvar vardır. Bu sistemlerin avantajı, içerisini ekstrem şartlardan izole etmesi, duvar arkasındaki odanın sıcaklık değişimlerinden etkilenmemesi, istenmeyen veya malzemelere zarar verebilecek direkt ışıktan da korumasıdır. Trombe wall, özellikle güneşli fakat soğuk kışların görüldüğü iklim kuşakları için çok uygundur.

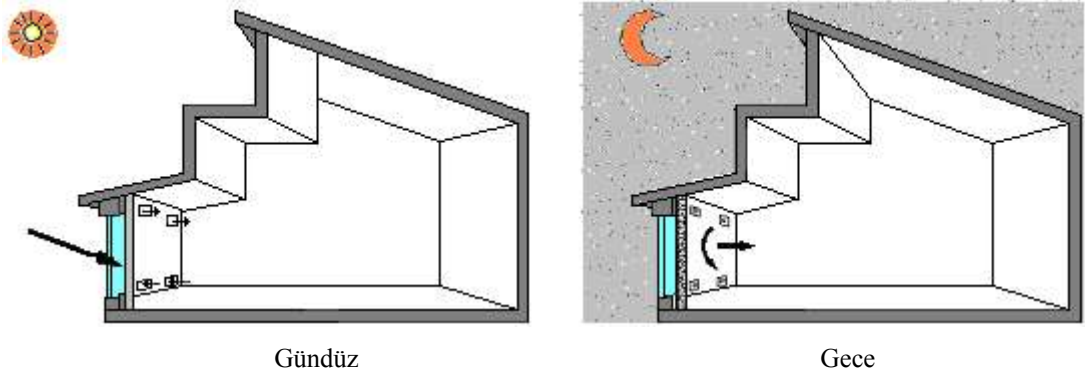
Trombe duvarı 1960'da Fransa'daki Centre Nationale de la Recherche Scientifique (CNRS)'de geliştirilmiş ve bu duvarı geliştirenlerden biri olan Dr.Felix Trombe'nin adıyla anılmıştır. Trombe duvarı, genellikle betondan yapılan oldukça kalın olan ve direkt olarak çift camlı giydirme bir cephenin arkasına yerleştirilen duvar türüdür. Trombe duvarı aslında dolaylı bir kazanç sistemidir. Çünkü güneş ışınımı yaşam mekanlarına girmez. Fakat diğer dolaylı kazanç sistemlerinde olduğu gibi güneş enerjisinin mekanı ısıtmak üzere bütünüyle kütleden geçmesi gerekmez. Güneş toplayıcılarının en önemlisi trombe duvarıdır. Ancak bu toplayıcının mimari bütünleşme sorunu ortaya çıkmıştır. Çünkü daha iyi güneş alan güney cephenin büyük bir bölümünün bu duvara ayrılması gerekir. 20~45 cm kalınlığındaki Trombe duvarının dış yüzeyinin dokusu genellikle pürüzlü, sert bir dokudur ve güneş enerjisini verimli bir şekilde toplayabilmek için dış yüzeyi siyah veya koyu bir renge boyanmıştır. Hava sirkülasyonunu sağlamak için duvar üstlerinde ve altlarında kapaklı havalandırma boşlukları bulunmaktadır. Güneşli zamanlarda, duvar ısınmakta ve cam ile duvar arasında kalan boşluğu ısıtmaktadır. Isınan hava yukarı çıkmakta ve havalandırma boşluklarından geçerek iç mekanı ısıtmaktadır. Doğal olarak da mekandaki soğuk hava alttaki boşluklardan ısıtılmak üzere duvar ile pencere arasına çekilmektedir. Bu termosifon hareketi, duvarın dış yüzeyi yaklaşık olarak oda sıcaklığına erişene kadar devam eder. Havanın termosifon hareketi yavaş olduğundan camla duvar arasındaki boyut önem kazanır. Uygun hava akımı için duvar ile cam arasındaki derinlik en az 10 cm olmalıdır.



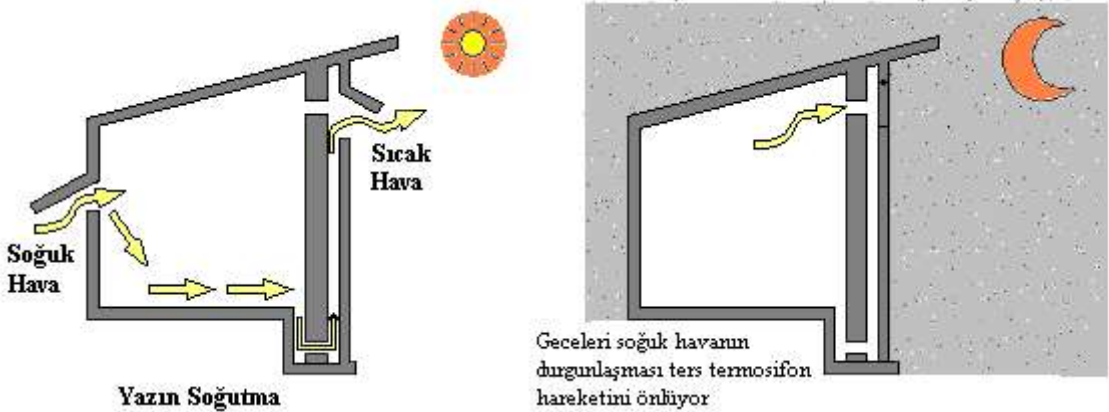
**Şekil 4.5.** Güneş duvarı uygulaması, plan ve kesit (Trombe duvarı), Princeton, ABD [43].

Gece duvarda depolanan ısı, yavaşça mekana iletilmekte ve termik kütle soğumaktadır. Aslında odaya ulaşan güneş enerjisi, ısının yaklaşık %70'ini, ısıtılan kütlede geçen termik radyasyonla sağlanmaktadır. Trombe duvarı dış yüzeyinden izole edilmediği takdirde, geceleyin ısı kaybedilmesi söz konusu olur. Sızdırmaz yalıtım iyi sonuç veren çözümlerdir. Isıtma mevsimi boyunca, geceleyin ters termosifon hareketini önlemek ve mekanın soğumasına mani olmak için, havalandırma boşlukları elle veya otomatik kumanda edilen kapaklarla kapatılmalıdır. Kapaklar kapatılmadığı takdirde mekan içindeki sıcak hava havalandırma boşluklarından geçerek camla direkt temas eder ve soğur. Kışın istenmeyen bu hava hareketi yazın mekanı soğutmada oldukça etkili olabilir [53].

Şekil 4.6 ve 4.7'de gösterilen Trombe duvar türlerinde ise; gece, sabah erken saatlerde veya bulutlu havalarda meydana gelen ters termosifon etkisi soğuk havanın alt bölümünde çökmesi sonucu otomatik olarak önlenmektedir.



Şekil 4.6. Trombe Duvarı [51].

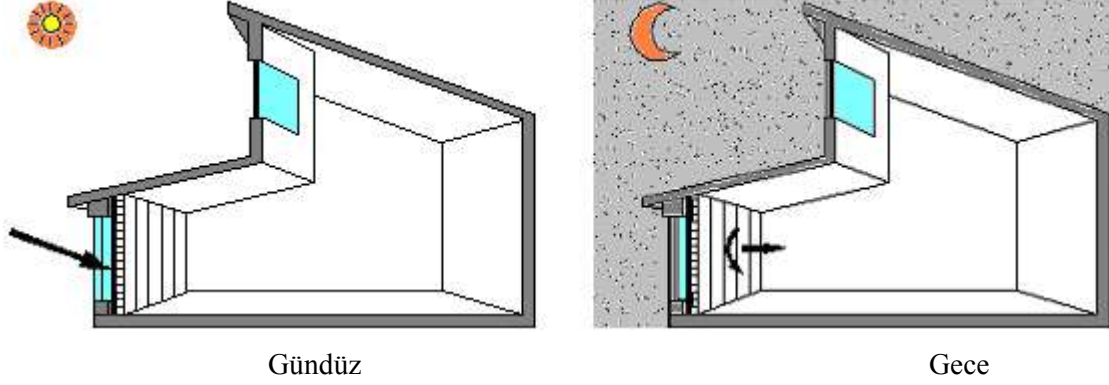


Şekil 4.7. Trombe Duvar [54].

**Su Duvarları:** Güneş enerjisinden elde edilen ısının depolanması için gerekli olan su dikey borularda veya kanallarda, cam elyafı tüplerde veya özel olarak inşa edilen duvardan duvara, tavadan döşemeye depolama ünitelerinde saklanır. Bu depolama üniteleri kazanç sistemlerinde

doğrudan güneye bakan cephelerin arkasına veya direkt kazanç sistemi için odanın arkasına yerleştirilir.

Güneş enerjisinin pasif ısıtma sistemlerinde su kullanmanın en önemli problemleri buharlaşma, korozyon ve sızmadır. Antikorozif malzemeler ve metal depolama ünitelerinin plastikle kaplanması veya yüksek kaliteli cam elyafı malzemelerin kullanılması söz konusu problemlerin 15~30 yıl giderilmesini sağlayabilmektedir.



Şekil 4.8. Su Duvarları [53].

**Çatı Havuzları:** Çatı havuzları, dayanıklı metal tavanların üzerine yerleştirilen büyük plastik su havuzlarıdır. 15~30 cm derinliğindeki havuzlardaki su, binanın güneş enerjisiyle ısıtma ve soğutması için termik kütle işlevi görmektedir. Koyu plastik bir kaplama, bu havuzun alt kısmına tavandan su akmasını önlemek ve güneş enerjisinin toplanmasını sağlamak için yerleştirilir. Ayrıca havuzlar mor ötesi ışınların yol açabileceği yıpranmalardan korunmak için genellikle düz plastik bir kaplama malzemesi ile kaplanırlar; sera etkisine bağlı olarak, havuzun içindeki ısının hapsedilmesine de yardımcı olurlar. Hareketli sert bir yalıtım kışın geceleri, yazın da gün boyunca kullanılmaktadır [41].

**Güneş Uzayı-Boşluğu:** Bu sistem direk toplayan ve Trombe wall sistemlerinin bir kombinasyonu gibidir. Pencere ile güney yönündeki duvar arasında bir sera oluşturulmuş şeklindedir.

**Gereken İklim Bilgileri:** Pasif güneş sistemlerini dizayn ederken global güneş radyasyonu, uzun dalga terrestrial ve atmosferik radyasyon, güneşlenme süresi ve hareketli güneş datası gibi bilgilere, sistemin özelliklerinin ve performansının hesaplanabilmesi için gerek vardır.

## 2. Aktif Güneş Sistemleri

Isı, pek çok uygulama alanında, farklı sıcaklıklarda gereklidir ve faydalı enerji tiplerinin büyük bir bölümünü temsil eder. Güneş radyasyonunu ısıya dönüştüren sistemler çok çeşitlidir. Aktif sistemler, ısıtma, soğutma ve elektrik üretimi gibi amaçlarla kullanılabilir.

**Aktif termal sistemler:** Stasyoner veya sun-tracking (güneş tarayıcı) sistemler olabilir.

**Termal stasyoner sistemler:** Bu sistemlerde güneş enerjisi stasyoner bir kollektör ile toplanır, daha sonra ısıya dönüştürülerek bir akışkana transfer edilir. Kollektör tiplerine göre sınıflan-

dırılırlar: Flat-plate (Düz plakalı) kollektör, tubular-Boru şeklindeki kollektör, concentrating kollektör, solar ponds (güneş havuzları)'dır.

**Tubular (boru şeklindeki) kollektörler:** Boru şeklindeki bu kollektörler, plate kollektörlerin bazı eksikliklerinin giderilmesi için geliştirilmişlerdir [56].

#### 4.5.2. Fotovoltaik Sistemler

Bu sistemlerdeki voltaik toplayıcılarda, güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine dönüştürmek için CdS ya da silikon maddelerinden güneş pili imal edilir. Bu maddeler üzerine gelen güneş ışınları anında elektrik enerjisine dönüştürülerek kullanılır. Bu sistemlerde güneş izleme düzeni ile her an mümkün olan en yüksek güneş enerjisinden yararlanılır. Güneş izleme düzeni pahalı olduğundan bu tip toplayıcılardan, izleme düzeni olmadan da yararlanılmaktadır. Yapay uyduların elektrik enerjisi fotovoltaik toplayıcılardan sağlanmaktadır. Fotovoltaik toplayıcıların çok yüksek maliyeti kadar, sadece %10 mertebesinde verimli çalışmaları nedeniyle yaygın olarak kullanılmamaktadır. Buna rağmen uydularda zorunlu olarak kullanılmakta ve radyo vs. gibi ev aletlerini çalıştırmaktadır [57].

#### 4.6. Güneş Enerjisinin Kullanımı ve Açılarının Önemi

Güneş enerjisinin kullanımında üç tip güneş radyasyonundan yararlanılır. Isı elde eden sistemler için en önemlisi ışık radyasyonudur. Güneş ışınlarının hiç bir yere çarpmadan, dünyadaki bir noktaya direk olarak gelmeleri ışık radyasyonunu oluşturur. Buna “*Direkt Radyasyon*” denir. Güneşli bir günde bir yüzeye gelen toplam radyasyonun %80’i ışık radyasyonu veya direkt radyasyondur.

İkinci radyasyon şekli yayılmış yada dağılmış radyasyondur. Buna da “*Difüz Radyasyon*” denir. Bunlar her yönden gelen ışınlardır. Atmosferdeki su buharı, partiküller ve mikroskobik katı cisimlere çarparak dağılmış güneş ışınları, difüz radyasyonu oluşturur. Bulutlu bir günde gelen ışınlar yalnız difüz ışınlardır.

Üçüncü tip radyasyon ise, parlak yüzeylerin yansıttığı “*Yansıtılmış Güneş Radyasyonu*” dur. Bunlar cisimlere gelen direkt yada difüz radyasyonun yansıtılmışlarıdır. Yansıtılmış radyasyonun miktarı, yansıtan yüzeyin renklerine göre önemli ölçüde değişiklikler gösterir.

Herhangi bir bölgenin yatay düzlemiyle, güneşin herhangi bir anda, bulunduğu noktaya doğru varsayılan çizgi arasındaki açığa “Güneş Yükseklik Açısı” denir. Şekil 4.9’da  $\beta_{GY}$  ile gösterilmiştir. Yine herhangi bir bölgede ve zamanda güneşe doğru varsayılan, yatay düzlemdeki izdüşümü ile güney doğrultusu arasındaki açığa “Azimut Açısı” denir. Bu da  $\beta_{AZM}$  olarak gösterilmiştir. Güneş yükseklik açısı en yüksek değerini, bütün mevsimlerde, öğle vaktinde almaktadır. Güneş yükseklik açısının mevsimlere dolayısıyla aylara göre değişiminden güneş kolektörlerinin yatay düzlemle yapacağı açının mevsimlere yada aylara göre ayarlanması ve böylece güneş ışınlarının kolektör yüzeyine dik gelmesi sağlanmalıdır.

“Yerel Saat” diye  $\beta_{AZM}=0$  olduğu, yani güneş yükseklik açısının maksimum olduğu zamanın saat 12 olarak alındığı saat sistemine denir. Yerel saat ile standart saat arasındaki ilişkiyi, aşağıdaki eşitlikle tespit edebiliriz [6].

$$t_{YS} = t_{GR} + ( E - 4 \times \text{boylam} ) : 60 \quad (4.2)$$

$t_{GR}$ -Greenwich'deki yerel zaman, Türkiye için  $t_{GR} = (t_{SSA}-3)$  ve E-Düzeltilme faktörü

Güneş yükseklik ve Azimut açıları basit küresel geometrik eşitliklerden kolayca bulunabilir. Detaylı bilgi ilgili kaynaklarda verilmiştir [6]. Enl-Güneş yükseklik açısının bulunacağı bölgenin enlem derecesi ve  $\beta_{SSA}$ -Aranan bölgenin saat açısı (saat açıları güneş öğlesine göre simetrik) olarak alınırsa güneş yükseklik açısı  $\beta_{GY}$  bulunur.

$$\beta_{GY} = \text{Sin}^{-1} [ \text{Cos}(d) \times \text{Cos}(Enl) \times \text{Cos}(t_{SSA}) + \text{Sin}(d) \times \text{Sin}(Enl) ] \quad (4.3)$$

Güneşin doğuş ve batışı sırasında, güneş yükseklik açısı  $\beta_{GY} = 0$  dır. Güneşin doğuş ve batış zamanları arasındaki farktan “Güneşin batışı”  $\beta_{GB}$  aşağıdaki formülden bulunur.

$$\beta_{GB} = \text{Cos}^{-1} [ -\text{tg}(d) \times \text{tg}(Enl) ] \quad (4.5)$$

Güneş azimut açısı- $\beta_{AZM}$ , deklinasyon açısı-d ve güneş yükseklik açısının bulunacağı bölgenin saat açısı - $\beta_{SSA}$  ile doğru, güneş yükseklik açısı- $\beta_{GY}$  ile ters orantılıdır.

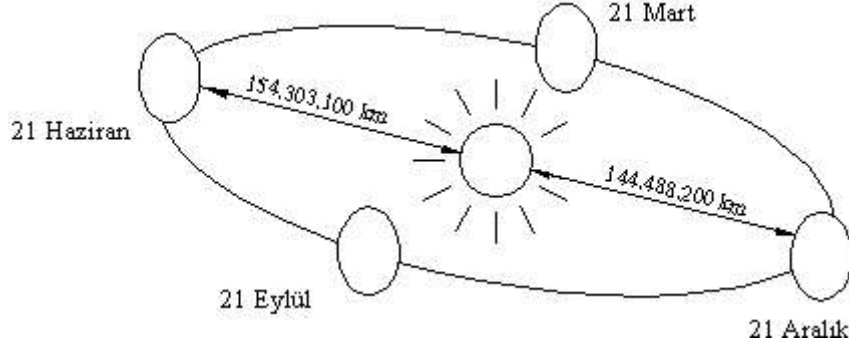
$$\beta_{AZM} = \text{Sin}^{-1} . [ \text{Cos}(d) . \text{Sin}(\beta_{SSA}) / \text{Cos}(\beta_{GY}) ] \quad (4.6)$$

Yerel saat ile bir ülkede kullanılan standart saat arasındaki ilişki, herhangi bir bölgede, güneşin pozisyonunu bulmada yardımcı olur. Her boylam arasındaki zaman farkı 4 dakikadır. Türkiye  $26^{\circ} \sim 45^{\circ}$  boylamları arasındadır. Türkiye'nin en doğusundaki bir yer ile en batısındaki yer arasındaki zaman farkı  $(45-26) \times 4 = 76$  dakikadır. Buna göre güneşin doğuşu en doğudaki bir bölgede, batıdakinden 76 dk veya 1 saat 16 dk önce olacaktır. Batışı ise bunun tersidir.

Kollektörler de kullanılan diğer bir açı da, güneş ışınlarının toplayıcı yüzeyine dik düşürülmesi için, toplayıcının yatayla yapacağı açıdır. Yüzey güneş ışınlarına dik ise geliş açısı (yüzeyin normaliyle yaptığı açı) sıfır, paralel ise  $90^{\circ}$  dır. Güneş ışınlarının geliş açısının toplayıcının normaliyle yaptığı açıya ( $\beta$ ), Güneş ışınlarının toplandığı yüzeyin yatayla yaptığı açıya da  $\beta_{YAA}$  Toplayıcı eğim açısı denilirse, bu açı; (4.7) formülü ile bulunur.

$$\beta = \text{Cos}^{-1} [ \text{Cos}(d) . \text{Cos}(Enl - \beta_{YAA}) . \text{Cos}(\beta_{SSA}) + \text{Sin}(d) . \text{Sin}(Enl - \beta_{YAA}) ] \quad (4.7)$$





**Şekil 4.10.** Dünyanın Güneş Çevresinde Dönüşü [6]

**21 Mart ve 21 Eylül:** Güneş ışınları ekvator hizasında dünyaya dik olarak gelir. Kuzey ve güney yarım kürelerde ise ekvatorundan uzaklaştıkça küçük açılarla düşer. Dünyanın her yöresinde güneşin doğmasıyla batması arasında tam 12 saatlik bir süre geçer [51].

**21 Haziran:** Güneş ışınları yengeç dönencesinde dünyaya dik olarak gelir. Dolayısıyla bu enlem üzerindeki bütün yöreler ekvatorundan daha fazla enerji alır. Ekvatorun güneyinde kalan yörelerde ise yansıma daha da fazla olduğu için düşen güneş enerjisi de giderek azalır. Bu sebeple kuzey yarım küresinde yaz, güneyde ise kış olur. Ayrıca yengeç dönencesi üzerindeki yörelerde güneşin doğusu ile batışı arasında tam 12 saatlik süre geçmesine karşın kuzeye doğru süre uzar, güneyde ise süre kısalır. Kuzey kutbunda güneş hiç batmaz. Güney kutbunda ise hiç doğmaz [51]

**21 Aralık:** Güneş ışınları oğlak dönencesinde dünyaya dik olarak gelir. Neticede 21 Haziranda kuzey yarım kürede meydana gelen bütün olaylar bu defa güney yarım küresi için geçerlidir.

**Tablo 4.1.** Elazığ ili Yeryüzü ve Atmosfer Öncesi, Aylık Ortalama Radyasyon Değerleri. (Yatay düzleme gelen) Enlem: 38°41', Boylam: 39°14', Yükseklik: 990 m

AYLAR	Yatay Düzleme Gelen [W/m <sup>2</sup> ]	Atm. Öncesi [W/m <sup>2</sup> ]
Ocak	60.22	185.27
Şubat	93.80	245.49
Mart	152.86	323.06
Nisan	207.26	401.78
Mayıs	266.32	456.24
Haziran	306.83	478.24
Temmuz	309.15	466.66
Ağustos	275.58	421.50
Eylül	218.84	350.87
Ekim	143.55	267.49
Kasım	81.06	199.17
Aralık	52.08	169.04

**Tablo 4.2.** Bazı Karakteristik Yüzeylerin Yansıtıcılığı

YÜZEY	Ortalama Yansıtıcılığı % (YAO)
Taze kar	0.75
Su yüzeyi	0.07
Toprak	0.14
Kara yolu	0.04

Asfalt kaplı zemin	0.10
Beton kaplı zemin	0.22
Taze çim	0.26
Bina yüzeyleri koyu (Kırmızı tuğla vb.)	0.27
Bina yüzeyleri açık (Açık renk boyalı binalar.)	0.60

**Kaynak:** Uyarel ve Öz, 1987

**Tablo 4.3.** Difüz ve Yansıtılmış Açı Faktörleri

Kolektör Eğim Açısı	Difüz açı faktörü (DİFAF)	Yansıtılmış açı faktörü (YAF)
0	1.00	0.00
10	0.99	0.01
20	0.97	0.03
30	0.93	0.07
40	0.88	0.12
50	0.82	0.18
60	0.75	0.25
70	0.67	0.33
80	0.59	0.41
90	0.50	0.50

**Kaynak:** Uyarel ve Öz, 1987

**Tablo 4.4.** Direkt Radyasyon Açı Faktörleri

YAZ MEVSİMİ İÇİN (Kolektör eğim açısı = Enlem derecesi-15°)												
Enlem	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
38	1.764	1.508	1.270	1.084	0.966	0.920	0.940	1.032	1.192	1.420	1.696	1.864
39	1.822	1.544	1.290	1.092	0.968	0.920	0.940	1.036	1.206	1.450	1.742	1.932

HER MEVSİM İÇİN (Kolektör eğim açısı = Enlem derecesi)												
38	2.114	1.706	1.340	1.044	0.876	0.804	0.836	0.972	1.212	1.574	2.000	2.260
39	2.182	1.748	1.340	1.052	0.878	0.802	0.838	0.976	1.226	1.612	2.060	2.340

KIŞ MEVSİMİ İÇİN (Kolektör eğim açısı = Enlem derecesi+15°)												
38	2.322	1.786	1.310	0.938	0.726	0.640	0.680	0.842	1.156	1.622	2.172	2.514
39	2.396	1.828	1.330	0.944	0.728	0.640	0.680	0.846	1.168	1.656	2.236	2.602

Eğim açısı 90°												
38	2.146	1.486	0.890	0.440	0.222	0.146	0.182	0.338	0.698	1.282	1.966	2.388
39	2.228	1.538	0.920	0.460	0.236	0.158	0.196	0.354	0.724	1.326	2.038	2.484

**Kaynak:** Uyarel ve Öz, 1987

#### 4.7. Güneş Açıları:

Dünya üzerindeki bir noktaya nazaran güneşin gökyüzündeki konumu gün ve yıl boyunca değişir. Gökteki yıldızların ve güneşin konumunu tayin etmekte çok büyük yarıçaplı bir küre üzerinde noktalar şeklinde buldukları kabul edilerek, Gökküre denilen bu küreden faydalanılır. Burada, güneşin yeryüzünde bir noktaya nazaran hareketini takip etmekle dünya

merkezinin merkez olduğu gökküre - ekvator sistemi kullanılmaktadır. Gökküre üzerinde güneşin yeri ve yeryüzündeki noktaya göre hareketi “Güneş Açıları” ile tayin edilir [51].

#### 4.7.1. Esas Güneş Açıları

Yeryüzündeki bir N noktasına gelen direkt güneş ışınımı doğrultusu, eğer o yerin enlemi (e), saat açısı (h) ve güneşin deklinasyon açısı (d) biliniyorsa tayin edilebilir. Bu açılara esas güneş açılıarı denir [51].

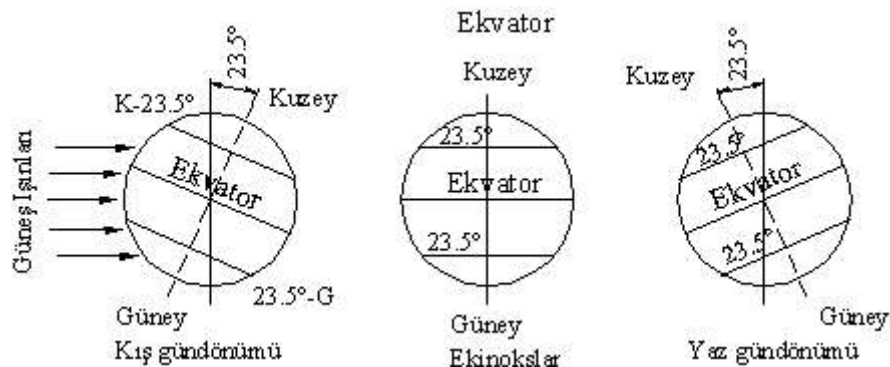
**Enlem Açısı (e):** Göz önüne alınan yeri (N),dünya merkezine birleştiren doğrunun dünyanın ekvator düzlemi ile yaptığı açıdır. Ekvatordan itibaren kuzeye doğru (+) işareti ve güneye doğru (-) işareti ile ölçülür [51].

**Saat Açısı (h):** Göz önüne alınan yerin boylamı ile güneşi dünya merkezine birleştiren doğrunun yani güneş ışınlarının belirttiği boylam arasındaki açıdır. Saat açısı, güneş boylamının göz önüne alınan yerin boylamı ile aynı olduğu “Güneş Öğlesi” den itibaren ölçülür; öğleden önceleri (-), öğleden sonraları (+) işareti alınır [51].

**Deklinasyon Açısı:** Güneş ışınlarının ekvator düzlemi ile yaptığı açıdır. Bu açı, dünyanın dönme ekseninin yörünge düzlemi ile yaptığı  $23^{\circ}27'$  açıdan ileri gelir [40]. Deklinasyon, aylara ve mevsimlere göre, güneş ışınlarının dünyaya geliş açılarıdır. Şekil 4.11’de görüldüğü gibi, kuzey-güney doğrultusu ile düşey doğru arasında, ekinokslar hariç, daima bir açı vardır. Bu açının en büyük değeri, kış ve yaz gündönümlerinde,  $23,5^{\circ}$ ’dır. Bu açının oluşumundan dolayı güneş ışınları kış gündönümünde  $23,5^{\circ}$  güney enlemine (oğlak dönencesi), yaz gündönümünde de  $23,5^{\circ}$  kuzey enlemine (yengeç dönencesi) diktir. Dünyanın kendi ve güneşin çevresinde dönüşü sırasında oluşan bu açığa deklinasyon açısı denir. Başka bir ifadeyle, güneş ışınlarının öğle vakti dik olarak alındığı bir bölge ile ekvator arasındaki enlem derecesi farklıdır.

Deklinasyon açısının (-) değerinde olduğu, 23Eylül~21Mart arası kuzey yarıkürede kış mevsimi, deklinasyon açısının (+) değerinde olduğu 21Mart~23Eylül tarihleri arasında kuzey yarıkürede yaz mevsimi hüküm sürmektedir. Deklinasyon açısının yıl boyunca değişimi grafik olarak verilmekle birlikte, kolektör eğim açılarının hesaplanmasında önemsenmeyecek % bir kaç hata ile analitik olarak da; hesaplanabilir. Burada; 1 Ocak  $n=1$ , 31 Aralık  $n=365$  olan sayıdır.

$$d = 23.45 \sin [ 0.986 (n+284) ] \quad (4.4)$$



**Şekil 4.11.** Dünyanın güneş ve kendi etrafında dönüşü sırasında deklinasyon açısının oluşumu.

#### 4.7.2. Türetilen Güneş Açıları

Yatay veya eğik düzleme gelen güneş ışınımının hesaplanmasında düzlemlerle ve güneş ışınımının hesaplanmasında düzlemlerle ilgili açılardan yararlanır. Zenit açısı, güneş yükseklik açısı, güneş azimut açısı gibi açılara denmektedir [40].

**Zenit Açısı:** Direkt güneş ışınlarının yatay düzlemin normali ile yaptığı açıdır. Diğer bir ifade ile güneş ışınlarının yatay düzleme geliş açısıdır. Yatay düzleme güneş ışınları dik geldiği zaman  $z=0^\circ$  dir. Güneşin doğusunda ve batısında  $z = 90^\circ$  olur.

**Güneş Yükseklik Açısı:** Direkt güneş ışınlarının yatay düzlemlerle yaptığı açıdır. Açıkça görüldüğü gibi, yükseklik açısı zenit açısını  $90^\circ$  ye tamamlar. Şekil 4.9’da güneş yükseklik ve azimut açısı görülmektedir. Güneş yükseklik açısı, bölgenin yatay düzlemi ile güneşin, herhangi bir anda, bulunduğu noktaya doğru varsayılan çizgi arasındaki açı olarak tanımlanır [41].

**Güneş Azimut Açısı (a):** Güneşin doğrultusunun tam bilinmesi için kutupsal koordinat sisteminde azimut açısına da ihtiyaç duyulur. Güneşin azimut açısı burada güneyden batıya doğru (+), doğu tarafına (-) olarak alınacaktır. Azimut açısı ise herhangi bir bölgede ve zamanda güneşe doğru varsayılan doğrunun yatay düzlemlerdeki izdüşümü ile güney doğrultusu arasındaki açıdır.

#### 4.8. Güneş Enerjisinin Önemi

Enerji kaynaklarından güneş enerjisi hariç diğerleri sınırlıdır. Bunlardan doğalgaz 35 ve kömür 200 yıl sonra bitebileceği ve kullanımlarında da çevre problemleri olduğu unutulmamalıdır. Hidrolik enerji tesislerinin kurulmasının çok uzun, pahalı ve hidrolik enerji potansiyelinin artırılmayıp sabit oluşu gibi olumsuzlukları vardır. Gelecekte nükleer, güneş ve rüzgar enerjilerinin önem ve kullanımlarının artacağı beklenmektedir. Nükleer enerjinin, yüksek teknoloji ve maliyeti yanında stratejik oluşu ve teknolojisinin karmaşıklılığı transferini zorlaştırmakta, insan sağlığına son derece zararlı oluşu güvenilirliğini azaltmaktadır. Oysa güneş enerjisi bilinen tüm yakıt rezervlerine eşdeğer enerjiyi iki gün içinde dünyaya sağlayacak potansiyelindedir [58].

#### 4.9. Türkiye’de Güneş Enerjisi

Türkiye, coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli açısından bir çok ülkeye göre şanslı durumdadır. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünde mevcut bulunan 1966-1982 yıllarında ölçülen güneşlenme süresi ve ışınım şiddeti verilerinden yararlanarak Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) tarafından yapılan çalışmaya göre Türkiye’nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat (günlük toplam 7,2 saat), ortalama toplam ışınım şiddeti  $1311 \text{ kW/m}^2$  (günlük toplam  $3,6 \text{ kW/m}^2$ ) olduğu tespit edilmiştir. Aylara göre Türkiye güneş enerji potansiyeli ve güneşlenme süresi değerleri ise Tablo 4.5’de verilmiştir.

Türkiye'nin en fazla güneş enerjisi alan bölgesi Güney Doğu Anadolu olup, bunu Akdeniz Bölgesi izlemektedir. Güneş enerjisi potansiyeli ve güneşlenme süresi değerlerinin bölgelere göre dağılımı da Tablo 4.6'da verilmiştir. Ancak, bu değerlerin, Türkiye'nin gerçek potansiyelinden daha az olduğu, daha sonra yapılan çalışmalar ile anlaşılmıştır. 1992 yılından bu yana EİE ve DMİ, güneş enerjisi değerlerinin daha sağlıklı olarak ölçülmesi amacıyla enerji amaçlı güneş enerjisi ölçümleri almaktadırlar. Devam etmekte olan ölçüm çalışmalarının sonucunda, Türkiye güneş enerjisi potansiyelinin eski değerlerden %20-25 daha fazla çıkması beklenmektedir.

#### 4.10. Türkiye'nin Güneşlenme Durumu

Daniels'e, (1964) göre; güneş enerjisi açısından dünya üç bölgeye ayrılmıştır. Türkiye'nin de bulunduğu 35~45°. kuzey ve güney enlemleri arasındaki kuşak, üçüncü bölgeyi teşkil eder. Bu bölgede yıl boyunca görülen radyasyon ortalaması 195~250 W/m<sup>2</sup> arasındadır. Ward'da Daniels gibi 45° kuzey ve güney enlemleri arasındaki bölgeyi güneş kuşağı olarak ele almakta ve altı grupta incelemektedir. Buna göre de Türkiye altıncı gruba girmektedir. Bu grubun özelliklerini de 39° kuzey enleminde yapılan ölçmelerle açıklamaktadır. Daniels'e göre radyasyonun yıllık ortalama değeri bu bölgede 150~175 W/m<sup>2</sup> arasındadır. Her iki araştırmacı da; Türkiye'nin içersinde bulunduğu kuşağın güneş enerjisinden faydalanmaya çok elverişli olduğunu söylemektedir [59].

**Tablo 4.5.** Türkiye'nin Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Potansiyeli [36].

AYLAR	AYLIK TOPLAM GÜNEŞ ENERJİSİ		GÜNEŞLENME SÜRESİ (Saat/-ay)
	kCal/cm <sup>2</sup> -ay	kW/m <sup>2</sup> -ay	
Ocak	4,45	51,75	103,0
Şubat	5,44	63,27	115,0
Mart	8,31	96,65	165,0
Nisan	10,51	122,23	197,0
Mayıs	13,23	153,86	273,0
Haziran	14,51	168,75	325,0
Temmuz	15,08	175,38	365,0
Ağustos	13,62	158,40	343,0
Eylül	10,60	123,28	280,0
Ekim	7,73	89,90	214,0
Kasım	5,23	60,82	157,0
Aralık	4,03	46,87	103,0
<b>TOPLAM</b>	112,74	1311	2640
<b>ORTALAMA</b>	308,0Cal/cm <sup>2</sup> -gün	3,6kWh/m <sup>2</sup> -gün	7,2 saat/gün

**Tablo 4.6.** Türkiye'nin Yıllık Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgelere Göre Dağılımı [36].

BÖLGE	TOPLAM GÜNEŞ ENERJİSİ (kW/m <sup>2</sup> -yıl)	GÜNEŞLENME SÜRESİ (Saat/yıl)
G. Doğu Anadolu	1460	2993
Akdeniz	1390	2956
Doğu Anadolu	1365	2664
İç Anadolu	1314	2628
Ege	1304	2738
Marmara	1168	2409
Karadeniz	1120	1971

#### 4. 11. Güneş Enerjisinden Yararlanma Yöntemleri

Günümüzde kullanılan enerji kaynaklarının azalması ve bu kaynakların sebep olduğu hava kirliliğinin artması, güneş enerjisi çalışmalarını yoğunlaştırmıştır. Ayrıca enerji kaynaklarının azalması paralelinde, enerji ekonomisini de gündeme getirmiştir. Isı pompalarının elektrikli ısıtmaya göre 2-6 kat daha avantajlı olması, çevre kirliliğine neden olmaması, istenildiğinde hem ısıtma hem de soğutma amaçlı kullanılmaları, üzerinde sıkça çalışılan bir konu olmuştur [60].

Güneş enerjisinden elektrik enerjisi fotovoltaik toplamayla elde edilir. Isıl enerji toplama yöntemlerinde; yüksek sıcaklıkta enerji tüketimi için, odaklı kollektörler ile güneş enerjisinin bir nokta veya alanda toplanarak yoğunlaştırılması gerekir [61].

#### 4.12. Güneş Kaynaklı Isı Pompası Sistemleri

Isı pompalarının buharlaştırıcısı, güneş enerjisini direkt alacak şekilde açık alana yerleştirilir. Soğutucu akışkan buharlaştırıcı içinden geçerken, buharlaştırıcı üzerine gelen güneş enerjisinden aldığı ısıyla buharlaşır. Bu şekildeki güneş enerjisi kaynaklı ısı pompaları açık günlerde kullanılabilir. Diğer şekildeki ısı pompalarında, güneş enerjisi yardımıyla toplayıcılarda elde edilen sıcak su bir tankta depolanıp ısı kaynağı olarak kullanılabilirdiği gibi, toplayıcılardan geçirilerek ısıtılan sıcak havada ısı kaynağı olarak kullanılabilir. Bu sistemler, güneş kollektörleri ünitesi, enerji depolama ünitesi ve ısı pompası ünitesi olmak üzere üç bölümden oluşuyor [64].

### 5. GÜNEŞ KOLLEKTÖRLERİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Güneş toplayıcıları, ısı ve elektrik üretmeye yarar. Elektrik üreten türler fotovoltaik düzeneklerdir. Isı üreten toplayıcıların tasarımları, ısıtacakları akışkanın yapısına ve sıcaklığına göre değişir. Hava dolaşımli toplayıcılar genellikle 60°C'dan daha düşük sıcaklıkta hava üretir ve ısıtmada veya kurutmada kullanılır. Su dolaşımli toplayıcıların sıcaklıkları 120°C'i geçmez; bunlardan sıcak su üretmede, çevreyi ısıtmada, sanayisel veya tarımsal uygulamalarda yararlanır. Donma tehlikesini engellemek için çoğunlukla suya donma önleyici katılır. Günümüzde kullanılan su dolaşımli toplayıcıların çoğunda su, borular içinde dolaştırılarak ısıtılır; ancak akıtmalı toplayıcı adı verilen kimi türlerde su cam bir bölmenin arkasında akar. Bu toplayıcıların çoğu düzlem toplayıcılardır. Bunların ön yüzleri saydam bir örtüden oluşur; soğurucu denilen, yalıtılmış arka yüz üzerinde ise ısıtılacak akışkan akar. Öte yandan düzlem olmayan yoğunlaştırıcı toplayıcılar özellikle daha yüksek sıcaklık uygulamalarında kullanılır. Bunlar güneşin konumunu izleyen devingen Frensel merceklerinden yada parabolik yansıtıcılardan oluşur [32].

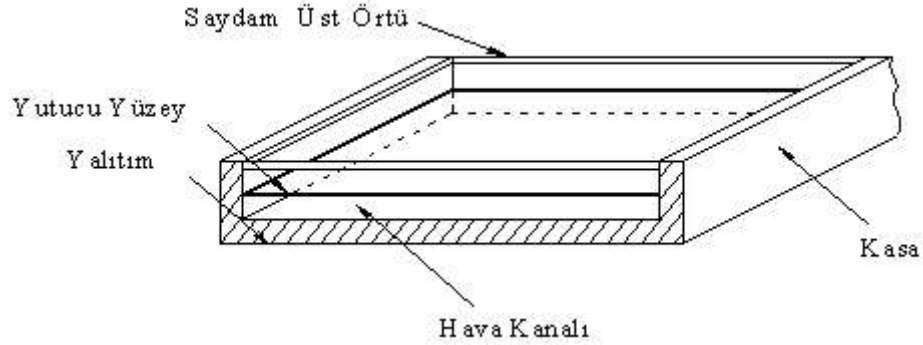
Güneş kollektörleri, güneş radyasyonunu alıp bir akışkan bünyesine geçiren birer ısı değiştiricidirler. Üç grupta sınıflandırılırlar.

Birinci grup düz yüzeyli kollektörler olup güneş ışığını odaklamazlar. Genellikle sabit olarak çalışırlar ve akışkan sıcaklıkları 95°C'nin altındadır. Güneşten gelen enerji, toplayıcılar tarafından emilerek kollektörler içerisinden geçen akışkana aktarılır. Akışkan, güneşten aldığı ısı

enerjini sistemdeki enerji deposuna bırakarak tekrar toplayıcılara döner. Bu durum, bir sirkülasyon pompasıyla gerçekleştirilir. Pompa, toplayıcılardan aldığı sıcak akışkanı, depo içerisindeki serpantinden geçirerek ısınıp, kendisinden daha soğuk olan depodaki akışkana aktararak tekrar toplayıcılara gönderir. Soğuk iklim bölgelerinde donma tehlikesine karşı uygulanmaktadır. Bu bölgelerde, toplayıcılarda dolaştırılan akışkan donmaya karşı emniyetli seçilmelidir. Böyle bir tehlikenin olmadığı bölgelerde, depodaki akışkan serpantine gerek duyulmaksızın direkt olarak toplayıcılardan geçirilebilir. İkinci grup, odaklamalı kollektörlerdir. Güneş ışınlarını sürekli olarak bir odak noktasına toplarlar. Sadece direkt radyondan faydalanırlar. Yüksek sıcaklık temin edebilirler. Bunların arasında hem düz yüzeyle hem de odaklamalı kollektörlerin özelliklerini taşıyan kollektörler üçüncü grubu oluşturur. Odaklamalı kollektörler kadar yüksek sıcaklık sağlamazlar. Ancak sıcaklık 175°C kadar yükselir. Her grubun uygulama alanları farklıdır. Çeşitli çalışmalar için, en uygun kollektör tipini seçmek gerekir. Isıtma ve soğutma uygulamalarında düz yüzeyle kollektörler yaygın olarak kullanılır.

### 5.1. Düz Toplayıcı Kollektörler:

Bu tip kollektörler çok yaygın olarak kullanılan ve teknik olarak da en gelişmişlerdir. Düz plakalı kollektörler cam örtü, yutucu yüzey ve kasadan oluşur. Şekil 5.1.'de kollektör kesiti gösterilmektedir. Konutların sıcak su ve ısıtma sistemlerinde, yüzme havuzlarının ısıtılmasında ve endüstri için gerekli sıcak su temininde düz plakalı kollektörler kullanılır [64].

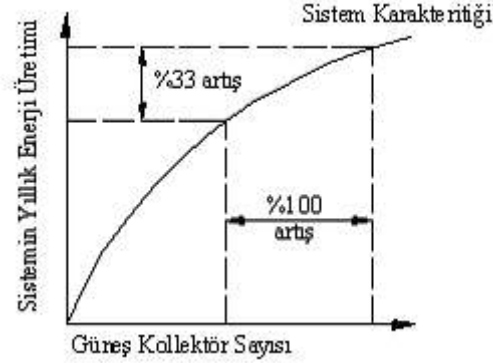


Şekil 5.1. Hava Isıtmalı Düz Plakalı Güneş Kollektörü

Güneş kollektör sistemleri, doğrusallık özelliği taşımaktadır. Yani, sistemin kurulu gücünün arttırıldığı oranda faydasının artmaması özelliğidir. Başka bir deyişle, bir bina üzerine kurulmuş olan güneş kollektör sisteminde kollektör sayısı iki katına çıkarılsa bile enerji üretimi iki katına çıkarılamaz (Şekil 5.2). Dünyaya gelen güneş enerjisinin mevsimlere göre değişiklik göstermesinden dolayı kışın, yazı nazaran daha fazla kollektör gerekmektedir. Kollektörlerden, yüksek verimlilik, uzun ömür, ucuz fiyat ve kolay montaj özellikleri beklenir.

Bir kollektörün verimliliği topladığı kullanılabilir enerji miktarının üzerine düşen enerji miktarına oranı olarak tanımlanır. Tanıma göre verim;

$$\text{Verim} = \frac{\text{Kollektörlerin toplandığı kullanılabilir enerji miktarı}}{\text{Kollektör üzerine düşen enerji miktarı}}$$



**Şekil 5.2.** Güneş Kollektör Sistemlerinin Kapasite Kontrol İlişkisi.

Verimli bir kollektör şu özelliklere sahip olmalıdır:

- 1-Üzerine düşen güneş enerjisi miktarının çoğunu absorbe edebilmeli,
- 2-Kollektörlerden çevreye olan ısı kayıpları en az düzeyde olmalı,
- 3-Absorbe ettiği enerjiyi içindeki ısı taşıyıcı akışkana yüksek bir verimlilik gönderebilmelidir.

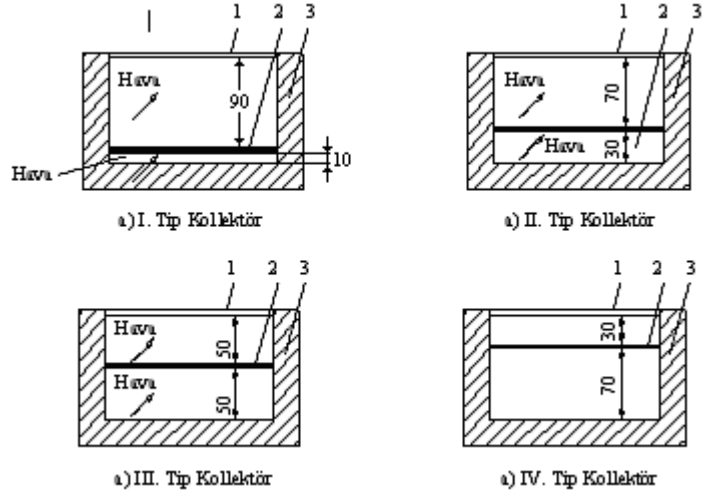
Kollektörlerin uzun ömürlü olabilmeleri için;

- 1-Çok soğuk iklim şartlarına dayanabilmeli
- 2-Günlük sıcaklık değişimlerinden doğabilecek iç ısıl gerilmelerden zarar görmemeli
- 3-Güneş radyasyonundaki mor ötesi ışınlardan etkilenmemeli
- 4-İçindeki ısı taşıyıcı akışkan ve diğer kaynaklardan oluşacak korozyona karşı dayanıklı olmalı

Hava ısıtıcılarının üç avantajı vardır. Bunlar;

1. Hava, su gibi donmaz.
2. Hava sızması durumunda, kesinlikle su gibi ciddi sızma tehlikesi oluşturmaz.
3. Korozyon problemleri daha azdır.

Basit hava ısıtıcılarının yüzeyine herhangi bir siyah boya yapılabilir. Hava ısıtıcıları üç ana husus içerir. Tek örtü olan tabaka tipleri, Şekil 5.2'de olduğu gibidir. boru, saydam örtü ve yutucu yüzey arasındaki boşluğa yerleştirilir. Şekil 5.2'de dört tip kolektörde görüldüğü gibi, IV. Tip kolektörde çıkış havası ve kolektör verimi diğer üç kolektör tipine göre yüksek, yutucu yüzeyin ortalama sıcaklığı ise diğer kolektör tiplerine göre daha düşük çıkmıştır. Yutucu yüzeyin altından geçen kütleli hava debisi arttıkça verim artmaktadır [70].



1. Saydam Üst Örtü, 2. Yutucu Yüzey, 3. Yalıtım ve Kasa

Şekil 5.2. Hava Isıtımlı Model Kolektörlerde Kesit Resimleri

### 5.1.1. Düz Toplayıcı Kolektörlerde Avantajları

Düz plakalı kolektörler, pratikte çok kullanılır. Bu kolektörlerde konstrüksiyonu daha basittir, yayılı ışıınımdan da faydalanır, tesisatın yerleştirileceği zeminin hazırlanması daha kolaydır, tesisat elemanları azdır, hareketli kısımları yoktur, daha dayanıklıdır, uzun ömürlüdür ve işletme masrafları azdır. Bu sebeplerden dolayı pratikte daha çok kullanılmaktadır.

Düz plakalı kolektörler şu kısımlardan meydana gelir:

- 1-Güneş ışıınımlını geçiren ve üstten ısı kaybını önleyen bir veya daha çok sayıdaki saydam örtü
- 2-Enerji toplayan yutucu yüzey,
- 3-Isı taşıyan akışkanın dolaştığı borular,
- 4-Yutucu yüzeyin çevreden olan ısı alışverişini önleyen izolasyon kısmından,
- 5-Kolektörü dış etkilerden koruyan ve belirttiğimiz kısımları bir araya getiren kasa [58].

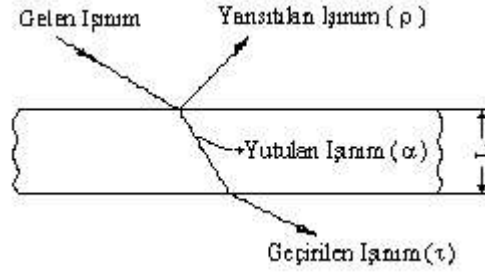
### 5.1.2. Saydam (Şeffaf) Örtü

Yutucu yüzey ile cam arasında 2-3 cm aralık bulunmalıdır. Saydam örtü ucuz olmalı, kolay temin edilebilmeli, yüksek sıcaklıklara dayanabilmeli ve kolay işlenebilmelidir. Saydam örtü kırılğan olduğundan taşınması, yerine takılması ve işlenebilmesi güçlüğü nedeniyle hassas olarak kesilmesi ve şekil verilmesi zordur [65].

Saydam örtülerin geçirme oranı: Yarı-saydam cisimler, güneş ışıınımlını yansıtır, yutar ve geçirirler. Belirli bir dalga boyunda gelen ışıınıml için cismin yansıtma ( $\rho$ ), yutma ( $\alpha$ ) ve geçirme ( $\tau$ ) ışıınıml oranlarının toplamı 1'dir.

$$\rho + \alpha + \tau = 1 \quad (4.1)$$

Bu bağıntı belli bir dalga boyu aralığı için geçerlidir. Gerçekte, uzun dalga ve kısa dalga boylu ışıınımlı geçirme, yutma ve yansıtma özellikleri farklıdır. Burada yüzeyin yansıtma oranı önemlidir. Kırılma indisi  $n_1$  olan ortamda ilerleyen ışıınıml, kırılma indisi  $n_2$  olan ortama geldiğinde, gelen ışıınımlın bir kısmı ikinci ortama geçer. Bu durum Şekil 5.3'de görülmektedir.



şekil sunuda yok

Şekil 5.3. Saydam Örtüye Düşen Toplam Işınımın Yansıtılması, Yutulması ve Geçirilmesi

### 5.1.3. Yutucu Yüzey (Toplayıcı)

Kollektörlerde güneş ışınımını yutan ve ısıyı, akışkana aktaran kısımdır. Yutucu yüzeyde önemli olan güneş ışınımının yutma oranı büyük ve yayılan uzun dalga ışınımının küçük olmasıdır. Işınımı yutarak ısınan levhanın ısıyı temas halindeki akışkana iyi iletmesi için, ısı iletim katsayısı yüksek malzemeler seçilir. Isı geçişi çabuk ve iyi olması için levhalar ince yapılıdır.

Kollektörlerde yutucu yüzey olarak genellikle, bakır, alüminyum ve paslanmaz çelik kullanılır. Bakırın ısı iletim katsayısı yüksektir, diğerlerine göre daha pahalıdır. Çelik ise kolay bulunur ama korozyona elverişlidir. Seçilen malzemenin lehim ve kaynak yapılabilme özelliği de dikkate alınmalıdır. Alüminyum başka metallerle lehim veya kaynağı zordur.

İki yönlü hava akışı olan düz yüzeyli kolektörlerde, soğuk olan giriş havası, toplayıcının üstünden, kısmen ısınmış olan havanın çıkışı ise, toplayıcının altındandır. Daha sıcak olan hava, camla temasta olmadığı için ısı kayıpları azalır.

Aynı yönlü çift akışlı kolektörlerde hava, toplayıcının alt ve üstünden aynı anda akar. Bu durum, toplayıcının alanını iki kat artırmış olur. Cam tarafındaki üst yüzeyde ısı kaybı fazla olduğu halde, kazanılan ısı kaybedilenden fazladır. Cam tarafından akan hava toplayıcının ve camın iç yüzeyinde toz birikimine neden olur. Bu tozlar temizlenmeli veya giriş havası bir filtreden geçirilmelidir [10].

Oluklu toplayıcı kolektörler, düz yüzeyli kolektörler kadar iyi çalışmazlar. Oluklar plaka yüzeyini arttırarak, kızıl ötesi ışın radyasyonu da arttırır. Bu nedenle ısı kayıpları da artacağından verim düşer. Hava ısıtmalı güneş kolektörlerden yüzeyleri düzgün olmalı ve performansın iyileşmesi için akışın türbülanslı olması gerekir. Siyah boyaların güneş ışınımını yutma oranı yüksek olduğu gibi ışınımı yutma oranları da yüksektir. Yüzeyin yutma oranı, yüzeyin geliş açısına göre değişir.

#### 5.1.3.1. Seçici yüzey

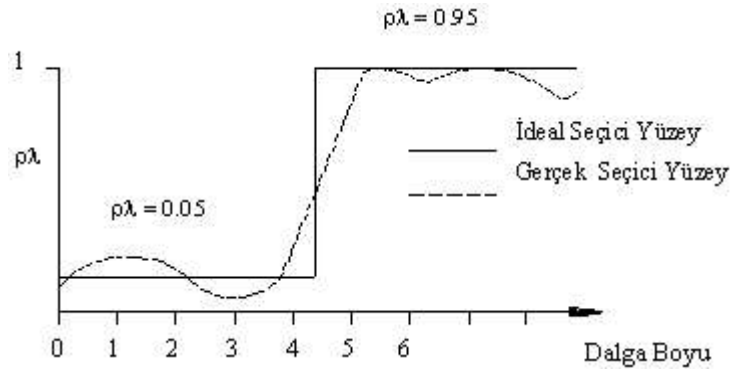
Siyah yüzey ışınım için gerçek yutucudur. Bütün dalga boylarındaki, her açı altında gelen ışınımın tamamını yutar. Işınımın bir kısmını geliş açısına bağlı olarak yansır. İdeal bir siyah cisim, ısı ışınım için gerçek bir yutucudur. İdeal yutucu yüzey ise, kısa dalga boylu ışınımın tamamını yutan, ancak uzun dalga-boylu ışınım neşrediciliği olmayan yüzeylerdir [10].

Kısa dalga boylu ışınımın (0.3~3.0  $\mu\text{m}$ ) tamamına yakını yutan uzun dalga boylu ışınım yayılmaları az olan yüzeylere seçici (sellektif) yüzey adı verilir. Şekil 5.4.'de ideal ve gerçek seçici yüzeylerin spektral yansıtma oranının değişimi görülmektedir.

Seçici yüzeylerin elde edilmesi için kaplanacak yüzey temizlenir, sonra asit banyosuna tutulur. Uzun dalga boylu ışınımı yansıtma oranı büyük metaller, güneş ışınımını yutma oranı büyük olan bir madde ile ince bir film halinde kaplanır. Kaplamalar, kimyasal banyo, püskürtme veya elektro-kaplama ile gerçekleşir. Fakat elektro-kaplama ile kaplanacak malzemenin temizlenmesi ile elektroliz banyosunun kontrolü ve sürekliliği dikkat gerektirdiğinden pahalıdır [64].

İlk defa, siyah nikel ve siyah bakır kaplama ile seçici yüzey Tabor (1954) tarafından yapılmıştır. Tabor, siyah nikel ve bakır kaplamaları galvanizli çelik ve alüminyum üzerine uygulamıştır. Daha sonra, çok sayıda seçici yüzey elde edilmiştir (Tablo 5.1).

Pratikte, daha çok siyah krom ve nikel kaplamalar yapılmaktadır (Şekil 5.5). Nikel kaplı çelik üzerine siyah nikel kaplı yüzeyin yutma oranı yüksek ve yansıtma oranı küçük olmasına



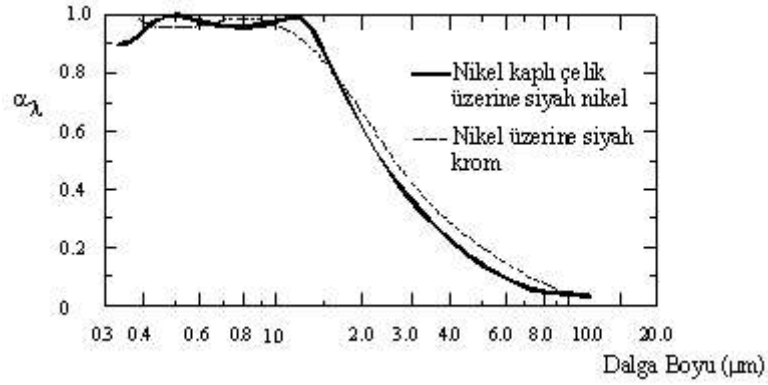
Şekil 5.4. İdeal ve Gerçek Seçici Yüzeylerin Yansıma Oranı.

( $\alpha/\varepsilon = 13.6$ ) rağmen, sıcaklıktan ve nemden bozulmaktadır (Van L.,1981). Siyah Nikelli seçici yüzeylere, yağmur suyunun teması önlenmeli ve yoğuşmaya karşı tedbir alınmalıdır. Çelik veya Bakırın üzerine yapılan Krom kaplamayla elde edilen seçici yüzeylerin, sıcaklığa ve neme karşı dirençleri daha iyidir. Genellikle ideal seçici yüzey olarak Krom kaplama gösterilmektedir [21].

Tablo 5.1. Bazı Seçici Yüzeyler ve Özellikleri

Kaplama	Alt Tabaka	$\alpha$	$\varepsilon$	$\alpha/\varepsilon$	Kaynak
---------	------------	----------	---------------	----------------------	--------

Nikel	Galvanizli Çelik	0.93	0.08	13.6	Gogna ve Chopra (1979)
Kobalt	Galvanizli Çelik	0.91	0.12	7.6	Choudhury – Sehgal (1982)
Krom	Çelik	0.95	0.16	5.9	Kreith – Kreider (1978)
Demir oksit	Çelik	0.83	0.06	13.8	Van Der Leij (1982)
Kobalt	Alüminyum	0.92	0.13	7.1	Choudhury – Sehgal (1982)
Bakır oksit	Alüminyum	0.93	0.11	8.5	Hottel ve Unger (1959)
Kurşun sülf.	Alüminyum	0.89	0.20	4.5	Williams ve diğ. (1963)
Nikel	Çinko kaplı Al.	0.94	0.10	9.4	Gogna ve chopra (1979)
Krom	Çinko	0.91	0.08	11.4	Van Der Leij (1978)
Çinko oksit	Çinko	0.95	0.08	11.9	Van Der Leij (1978)
Krom	Bakır	0.92	0.08	11.5	Driver ve diğ.(1977)
Kobaltoksit	Bakır	0.87	0.07	12.4	Van Der Leij (1978)



Şekil 5.5. Bazı Seçici Yüzeylerin Spektral Yutma Oranı

### 5.3.1.2. Toplayıcıların Islahı

Kollektör yüzeyinden yayılan uzun dalga boylu ışın oranı kollektör toplayıcı yüzeyleri özel kimyasal işlemlere tabi tutularak **ama** katsayıları düşürülmek suretiyle azaltılabilir. Bu işlem yapılırken yüzeyin kısa dalga radyasyon ışınlarını yutma oranının azalmaması içinde gerekli tedbirler alınmalıdır. Tablo 5.2’de çevreye olan ısı kayıpları verilmektedir.

Tablo 5.2. Kollektör Örtüsü Üzerinden Çevreye Olan Kayıplar [W/m<sup>2</sup>]

Levha Sıcaklığı	40°C		80°C	
	0.95	0.1	0.95	0.1
Uzun Dalga Işınları Yansıtma Katsayısı				
Tek cam örtülü	189	93	525	263
Çift cam örtülü	78	57	280	168
Üç cam örtülü	63	45	182	119

Yüzeyleri özel yöntemlere tabi tutulmuş malzeme üstünde bir veya birden fazla örtü kullanılması halinde kollektör performansının üzerine olan etkisi aşağıdaki tabloda gösterilmiştir. Bu tablo, rüzgar hızı 5 m/sn, çevre sıcaklığı 10° kabul edilerek hazırlanmış olup kollektör yüzey sıcaklığının 40° ve 80° olması halinde değerler tespit edilmiştir. Son zamanlarda kollektör yüzeyinden kaçan enerji kaybını düşürmek için, özel işleme tabi tutulmuş yüzeylerin kullanımı

gittikçe artmakta ve normal güneş radyasyonu alan bölgelerde yıllık faydalı enerji oranında %20 artış görülmüştür.

Yüzeyi özel işlem yapılmış malzeme yerine normal malzeme kullanıp iki kat cam örtü kullanmakla çevreye kaçan enerji kaybı oranını düşürmek mümkünse de birden fazla örtü kullanılması halinde yutucu yüzeye ulaşan radyasyon ışınlarında belirli oranda azalma olacaktır. Bu nedenle tek kat cam örtü ve yüzeyleri ıslah edilmiş malzeme kullanmakla en iyi randıman alınmıştır [67].

Toplayıcı olarak kullanılan malzemelerin yüzeylerinin ıslahı tatbik edilen fiziksel prensiplere bağlı olarak çeşitli metotlarla mümkündür. Bu metotlardan biri parlatılmış yüzey altına malzeme yığılması olup Tabor tarafından geliştirilmiştir. Ayrıca kısa dalga boylu ışınların yutma oranını arttırmak için belirli derecelerde yüzeyler pürüzlendirilir. Bakır yüzeylerin yutma oranını arttırmak için, Close tarafından ticari üretim için geliştirilmiştir.

Bakır levhalar sıcaklık kontrolü yapılan ve sıcaklığı 62° civarında olan eriyik içine 10 dakika müddetle daldırılmalıdır. Bakır levhalar eriyik içine daldırılmadan önce levha yüzeylerinin çok temiz ve gresten arınmış olup olmadıkları kontrol edilmelidir. Bu metotla bakır levha üzerine yapılan ıslah neticesinde tek katlı örtü ile örtülü kollektörde işlerlik derecesinin % 10 oranında arttığı görülmüştür.

Diğer taraftan yüzeylerin bazı kimyasal metotlarla kaplanmasının iyi sonuçlar verdiği deneylerle tespit edilmiştir. Bunların içinde Nikel karası olarak bilinen Nikel-Çinko-Sülfür karışımı en çok kullanılanıdır.

Ayrıca Bakır ve Alüminyum yüzeyi üzerine, bakır oksit kaplama teknikte önemli bir yer tutmaktadır. Bununla birlikte kolay elde edilebilir olması nedeniyle Krom siyah ile kaplama, ticari hayatta geniş şekilde kullanılmaktadır. Aşağıdaki Tablo 5.3 bazı Krom siyahı ve diğer kaplamalar arasındaki mukayeseyi göstermektedir.

**Tablo 5.3.** Bazı Geliştirilmiş Yüzeylerin Özellikleri

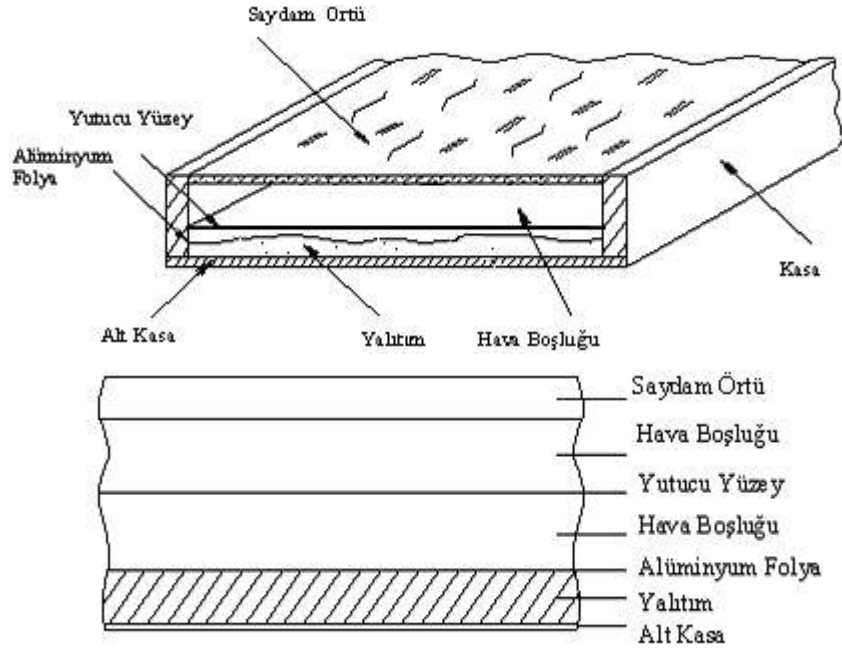
Kaplama Malzemesi	Yutma Oranı ( $\alpha$ )	Yansıtma ( $\epsilon$ )	Yutma oranının Yansıtmaya oranı ( $\alpha / \epsilon$ )
Nikel siyah(Galvanize demir üstüne)	0.89	0.12	7.42
NaOH,NaCl <sub>2</sub> (Bakır üstünde)	0.87	0.13	6.69
Krom siyahı (Mat Nikel üstünde)	0.923	0.085	10.86
Krom siyahı (Parlak Nikel üstünde)	0.868	0.088	9.86
Nikel siyahı	0.867-0.877	0.066-0.0109	7.95-13.29

#### 5.1.4. Kasa ve Isı Yalıtımı

Kasa, tüm elemanların içerisine yerleştirildiği muhafaza kutusudur.Kollektörlerde güneş ışınımı almayan alt ve yan kısımlarından olan ısı kayıplarını azaltılması için,ısı iletim katsayısı küçük malzemelerle kaplanır.Yalıtım malzemesi seçilirken ısı iletim katsayısı yanında, yüksek sıcaklığa dayanıklılığı, neme drenajı, şekil değiştirme, genleşme ve sağlık gibi özellikleri dikkate

alınmalıdır. Kollektör kasası yaygın olarak 1-2 mm kalınlığında alüminyum malzemeden yapılmaktadır. Kollektör kasası tabanında ya galvanizli sac yada alüminyum levha kullanılmaktadır.

Cam yünü yüksek sıcaklıklara dayanıklı olduğundan, yüksek sıcaklıklara çıkan kollektörlerde, stropor veya poliüretan üzerine cam yünü yerleştirilir. Isı kaybının az olması için, yalıtkan malzeme ile kollektör levha arasında bir hava boşluğu bırakılır ve yalıtım malzemesinin üzeri yansıtma oranı büyük olan alüminyum folya ile kaplanması durumunda Şekil 5.6'daki gibi ısı kaybı az olur. Bu durumda yalıtım malzemesi yüksek sıcaklığa çıkmaz [21]. Cam yünü, stropor ve poliüretan ısı iletim katsayılarının küçüklüğü ve hafifliği sebebiyle en çok tercih edilen kollektör yalıtım malzemelerindedir. Tablo 5.2'de özellikleri gösterilmektedir.



Şekil 5.6. Hava Yalıtımlı Düz Kollektör

Tablo 5.2. Bazı Yalıtım Malzemeleri ve Özellikleri

	20°C de ısı iletim katsayısı W/mK	Dayanabilme sıcaklığı ° C	Yoğunluğu Kg/m <sup>3</sup>
Styropor (polystyrol)	0.035	70 - 80	20
Poliüretan	0.028	100	35
PVC, polyviclorid	0.035	100 - 130	40 - 80
CamYünü	0.036	250 - 500	15 - 120

Yalıtım malzemesinin kalınlığı, yutucu yüzey ile çevre sıcaklığı arasındaki farka bağlı olarak seçilir. Yüksek sıcaklıklara çıkılan kollektörlerde, yalıtım kalınlığı artırılmalı ve yalıtım malzemesinin toplam ısı geçiş katsayısı 0.5 W/m<sup>2</sup>K'den daha küçük olmalıdır. Yalıtım malzemesinin kalınlığı arttıkça ısı geçiş katsayısı küçülür, fakat kollektör kalınlığı, ağırlığı ve fiyatı artar. Kolektör yapımında kullanılan malzemelerin ısı genleşmeleri dikkate alınmadan boyutlandırılırsa zararlı sonuçlar oluşturur. Özellikle camın genleşmesi dikkate alınmalıdır. Tablo 5.3. de bazı malzemelerin ısı genleşme yüzdeleri verilmektedir.

**Tablo 5.3.** Bazı Malzemelerin Isıl Genleşme Yüzdeleri

<u>Malzeme</u>	<u>Boyca Genleşmeleri</u>
Alüminyum	0.43
Pirinç	0.33
Beton	0.20
Bakır	0.23
Cam	0.14
Demir, Çelik	0.18
Plastik	0.80 - 3.3
Lastik	1.30 - 3.3
Ağaç (lif boyunca)	0.05 - 0.11
Ağaç (enine)	0.55 - 0.80

Sıcaklığın 150°C yükselmesinde boyca genleşme yüzdeleri

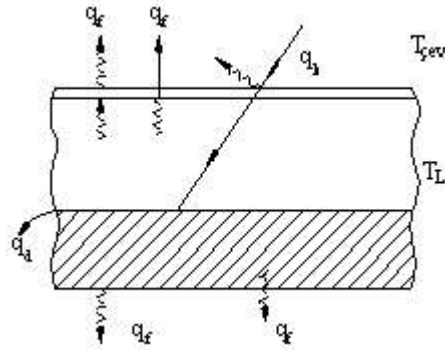
## 5.2. Düz Kollektörlerde Isıl Analiz

Kollektör üzerine gelen güneş ışınımının bir kısmı saydam örtüden yansır, bir kısmı yutulur ve geri kalan kısmı toplayıcıya ulaşır. Toplayıcıya gelen enerjinin, bir kısmı taşıyıcı akışkana geçerken (faydalı ısı) bir kısmı kollektörlerde depolanır, geri kalan kısmı ışınım, taşınım ve iletimle çevreye gider. Işınım, taşınım ve iletimle olan ısı kayıplarının toplamı  $Q_k$  depolanan enerji  $Q_d$ , akışkana geçen enerji  $Q_f$  olmak üzere, düz plakalı kollektörler için enerji dengesi,

$$A_f(\tau \alpha) I = Q_f + Q_k + Q_d \quad \text{şeklinde yazılır.} \quad (5.1)$$

Burada  $(\tau \alpha)$  kollektörlerin yutma-geçirme çarpımı, ' $I$ ' kollektörün üzerine gelen anlık güneş ışınımı ve  $A_f$  faydalı kollektör yüzey alanıdır. Kollektörlerde meydana gelen kayıplar çok sayıda değişkene bağlıdır. Bunlar kollektör üzerine gelen direkt ve yayılı güneş ışınımı, çevre sıcaklığı, rüzgar hızı, kollektör konstrüksiyonu, saydam örtü sayısı ve özellikleri, kollektöre giren akışkanın özellikleri (sıcaklık, basınç, viskozite, özgül ısı vs), yutucu levhanın özellikleri, çevreye olan ısı geçiş miktarı (ışınım, yutma oranı, yayılım oranı, ısı iletim katsayısı, kalınlığı vs), yalıtım şekli ve yalıtım malzemesi özellikleri, çevreye olan ısı geçişi miktarına etki eder.

Bu özelliklere göre kollektörün ısı analizini yapmak oldukça karışıktır. Basitleştirilmiş bir analizle, hangi değişkelerin daha önemli olduğu, bunların birbirine tesiri ve kollektör verimine etkileri görülebilir. Düz plakalı kollektörlerde olan ısı geçişleri Şekil 5.7'de gösterilmektedir.



Şekil 5.7. Düz Plakalı Kollektörlerde Isı Geçiş Mekanizmaları.

### 5.2.1. Kollektör Isı Kayıp Katsayısı

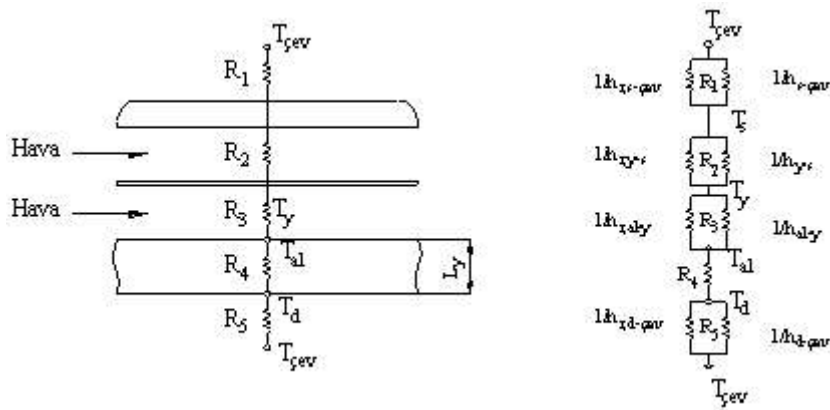
Düz plakalı kolektörlerde çevreye olan ısı geçişi, kolektörün üst, alt ve yan yüzeylerinden olur. Yutucu yüzey sıcaklığının  $T_y$  olduğu kısım (Şekil 5.8.) ile çevre arasındaki ısı kayıp katsayısı, alttan, üstten ve yandan ısı kayıp katsayılarının toplamıdır.

$$U_L = U_{alt} + U_{üst} + U_{yan} \quad (5.2)$$

En üstteki saydam örtünün birim alanından çevreye ısı geçişi, yutucu yüzeyden saydam örtüye olan ısı geçişine eşittir ve Şekil 5.8'deki hava kolektörünün ısıl dirençlerinin elektrik benzeşimi dikkate alınarak, şu ifade elde edilir:

$$q_{üst,kayıp} = h_{y-s} (T_y + T_s) + \frac{\sigma(T_y^4 + T_s^4)}{\frac{1}{\epsilon_y} + \frac{1}{\epsilon_s} - 1} = (h_{y-s} + h_{r,y-s})(T_y + T_s) \quad (5.3)$$

Burada  $T_s$  saydam örtü sıcaklığı,  $\epsilon_y$  yutucu yüzey ışınım yayma katsayısı,  $\epsilon_s$  saydam örtü ışınım yayma katsayısı,  $h_{y-s}$  yutucu yüzey-saydam örtü arasında taşınım ile ısı geçiş katsayısı,  $h_{r,y-s}$  yutucu yüzey-saydam örtü arasında taşınım ile ısı geçiş katsayısı,  $\sigma$  Stefan-Boltzman sabitidir. Buna göre, yutucu yüzey-saydam örtü arasında, ışınım ile ısı geçiş katsayısı şu şekilde ifade edilir.



Şekil 5.8. Hava Isıtımlı Güneş Kollektörlerinde Isı Transferinin Elektrik Benzeşimi İle Gösterimi.

$$h_{y-s} = \frac{\sigma(T_y^2 + T_s^2)(T_y + T_s)}{\frac{1}{\epsilon_y} + \frac{1}{\epsilon_s} - 1} \quad (5.4)$$

Saydam örtüden çevreye ışımla ısı geçiş katsayısının belirlenmesi için çevre sıcaklığı dikkate alınmalıdır. Çevre sıcaklığındaki ısı direnç referans alındığında, saydam örtüden çevreye ışımla geçiş katsayısı;

$$h_{r,s} = \varepsilon_s \sigma (T_s + T_{\text{çev}}) (T_s^2 + T_{\text{çev}}^2) \quad (5.5)$$

olarak ifade edilir. Burada  $T_{\text{çev}}$  çevre sıcaklığıdır. Yutucu yüzeyden yalıtılmış alt ve yan iç yüzeye ışımla geçiş katsayısı ise;

$$h_{y-s} = \frac{\sigma (T_y^2 + T_s^2) (T_y + T_s)}{\frac{1}{\varepsilon_y} + \frac{1}{\varepsilon_s} - 1} \quad (5.6)$$

şeklindedir. Burada  $T_a$  alt plakanın yüzey sıcaklığı,  $\varepsilon_a$  alt plakanın ışımlı yayma katsayısıdır. Kollektörün alt yüzeyinden çevreye ısı geçiş katsayısı,

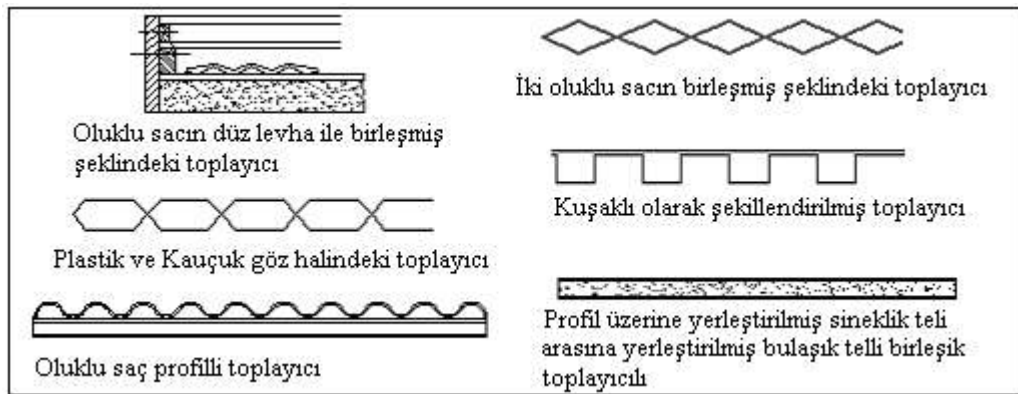
$$h_{r,a-\text{çev}} = \varepsilon_a \sigma (T_a + T_s) (T_a^2 + T_{\text{çev}}^2) \quad (5.7)$$

olarak ifade edilir. Burada  $T_a$  yalıtım alt yüzey sıcaklığı  $\varepsilon_a$  alt yalıtım malzemesinin ışımlı yayma katsayısıdır. Kollektör yutucu yüzey-saydam örtü ve saydam örtü ve çevre arasındaki taşınım ısı geçiş katsayıları boyutsuz sayılar yardımı ile belirlenebilir [60].

Bazı uygulama tiplerinde örneğin yüzme havuzlarında kullanılan kollektörlerde cam vb. diğer saydam örtülere muhafaza kutusunun kullanılmasına pek gerek duyulmaz. Şekil 5.9'da bugün en çok kullanılan düz levha tipli kollektörlerden bazılarının kesit resimleri verilmiştir. Bunlar için son zamanlarda ondüleli saçlardan oluşan ve bakır levhalardan preslenerek imal edilen tipler en çok kullanılanlardır. Düz plaka tipi kollektörler ana uygulama alanlarına göre de üç grupta sınıflandırılırlar.

- 1 - Düşük derecede sıcaklık artışını gerektiren uygulamalar için kullanılan toplayıcılar
- 2 - 60°C' nin altındaki ısıtma işlemlerinde kullanılan kollektörler
- 3 - 60°C' nin üstünde ısıtma ve güç temini için kullanılan kollektörler.

Kollektörlerin çevreye ısı kaçıışı en az seviyeye indirilmiş olmalıdır. Pratikte faydalanılan ısı miktarı ( $q_u$ ), genellikle gelen güneş şiddeti ( $I$ ) değerinden azdır. Düz levha tipli kollektörün ısısal karakteristikleri bir çok farklı faktörlere bağlı karışık işlemler ve analizler gerektirir.



Şekil 5.9. Düz Levha Tipli Kollektörler.

### 5.3. Yapıma Etkiyen Fiziksel Özellikler

Karakteristiklerin başında kollektör tipi, Şeffaf örtü sayısı ve kollektör yüzey özellikleri gelir. Kollektör yüzey sıcaklığı arttıkça ışın soğurucu yüzey bir miktar uzun dalga boylu ışın yayarsa da, cam uzun dalga boylu ışınları geçirmeyeceğinden bu enerji kaybolmaz.

Pratik olarak 3-50  $\mu$  dalga boylu ışınların camdan geçiş oranı sifıra yakındır. Levha tipi kollektörlerde, örtü olarak kullanılan cam levhalar, direkt gelen güneş ışınlarının %90'ını geçirirler. Işınların cam normaliyile yaptıkları açı 50° yi buluncaya kadar bu durum devam eder.

Büyük açılarda hızla azalarak 90°'ye yakın bölgelerde sıfır olur. Gelen ışınların cam normaliyile yaptığı açıya göre camın geçiricilik durumu değişik açılar içinde farklı görülebilir.

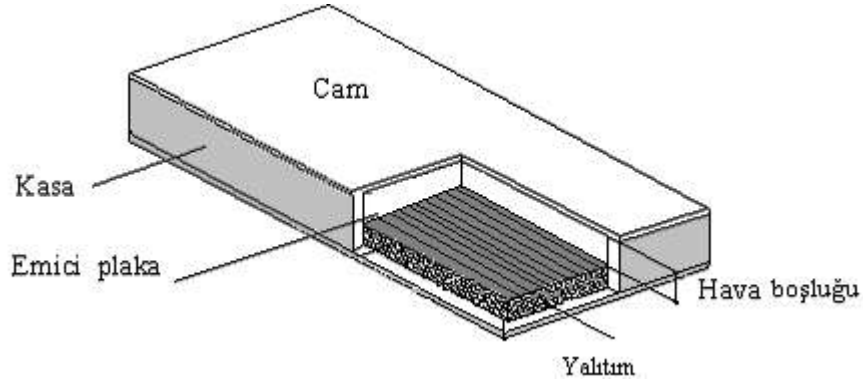
Kollektör örtüleri üst taraftan atmosfere kaçan ısı oranını azaltır. Öte yandan yutucu levha üzerine düşen radyasyonunda azalmasına sebep olur. Birden fazla cam veya plastik örtü kullanıldığında her bir örtü arasındaki ve örtü ile kollektör yüzeyi arasındaki mesafe 10-13 mm arasında olması halinde iyi neticeler alınır. Pratikte bu değer 25 mm'ye kadar çıkmaktadır.

Güneş enerjisini toplamak için kullanılan kollektörlerin malzemeleri, anormal şartlar altında çalışabilecek şekilde dizayn edilmelidir. Malzemelerin bazı şartlarda yüksek sıcaklık tesiri altında, kış aylarında da donma tesiri altında veya düşük sıcaklık tesiri altında kalabileceği göz önüne alınmalıdır. Bunlara göre ısıtıcının ömrüne karar verilir. Güneş ısıtıcılarının çoğunluğunda, ısı transferi işleminde kullanılan akışkan, malzemeyle direk temas halindedir. Kollektör levhası olarak bakır, paslanmaz çelik, yumuşak çelik veya alüminyum kullanılır [4, 50].

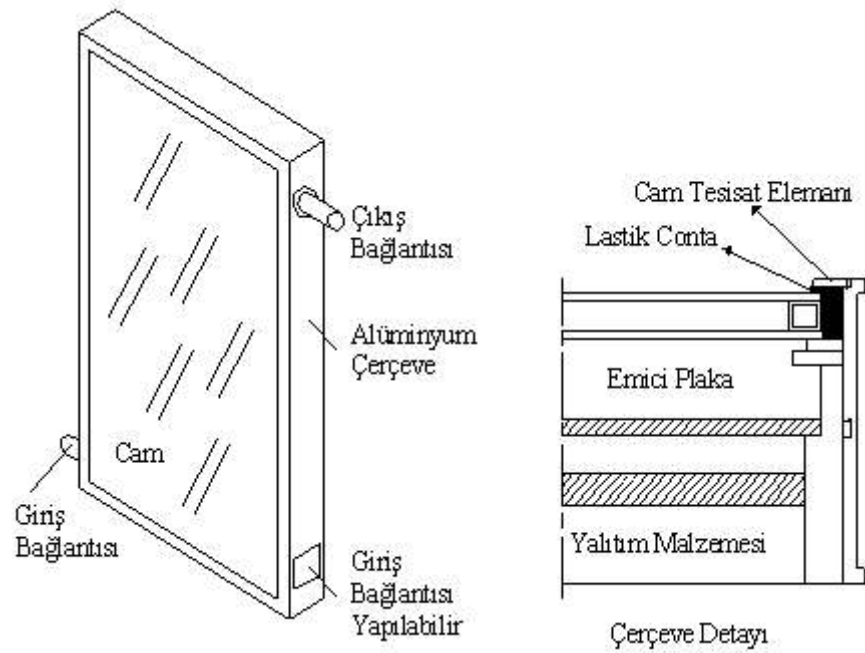
#### **5.4. Kollektör Dizaynındaki Son Gelişmeler**

Güneş ısıtıcılarının dizaynı için bir çok yaklaşımlar mevcuttur. Tüm bu yaklaşımlar kollektörün iyilik derecesini arttırma yönündedir. Özellikle, ısıtılan akışkan ile çevre sıcaklığı arasındaki fark büyükse, iyilik derecesini arttırma ve fiyatı düşürme zor olmaktadır. Düşük sıcaklık farkları için kısa (5 yıl veya az) sürede tesisin kendini ödemesi mümkün olmaktadır.

Islah edilmiş yüzeylerin faydalı ömürlerini tahmin etmek zor bir işdir. Ölçmelerden elde edilen sonuçlara göre, uzun süre kullanımdan sonra ışın yayma oranının arttığı görülmüştür. Buna neden olarak ultra-viyole ışınlar ve atmosferik nem gösterilmiştir. İzole maddesi düşük ısı iletkenlik katsayısına ve sıcaklıkla değişim göstermeyen homojen bir yapıya sahip kollektör tiplerinden daha iyi sonuçlar alınır. Hava Isıtılmalı Güneş kollektörünün Perspektif Görünüşü Şekil 5.10 ve Şekil 5.11'de gösterilmektedir.



Şekil 5.10. Hava Isıtmalı Güneş kolektörünün Perspektif Görünüşü.



Şekil 5.11. Metal Kasalı Hava Kolektörü [49].

Sonuç olarak, tasarımı fazla karmaşık olmayan düz levha tipi kolektörlerin imalat ve üretimleri geliştirilip, enerjiye olan ihtiyaç azaltılarak bu yolla önemli oranda enerji tasarrufu yapılır.

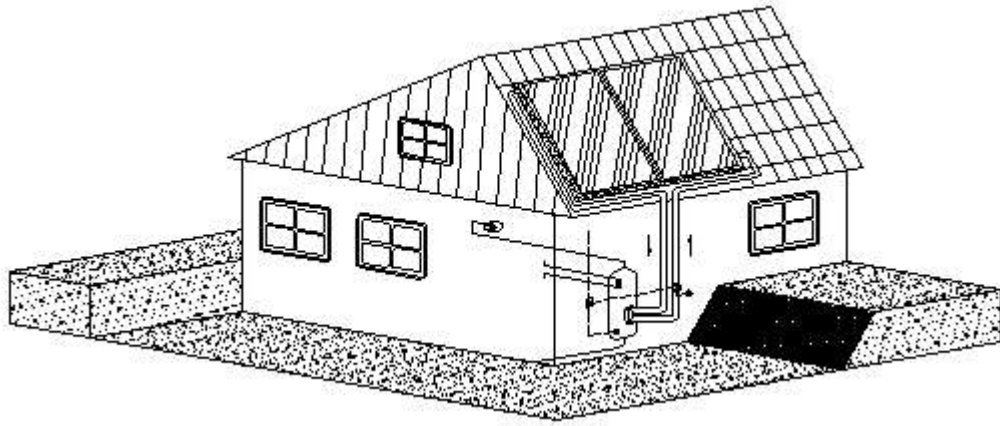
### 5.5. Güneş Enerjili Sıcak Su Sistemleri

Güneş enerjili sistemlerin en ekonomik ve en yaygın olanlarının başında, sıcak su sistemleri gelir. Genellikle, çatının güney yönüne konulan düz levha tipi kolektörlerle, yıllık sıcak su ihtiyacının %60~%75'i güneş enerjisinden karşılanır (Şekil 5.12) [67]. Sıcak su sistemlerinde güneş enerjisinden yaygın şekilde faydalanılmasının sebeplerinden bazıları aşağıda belirtilmiştir. Bunlar;

- Sıcak su ihtiyacı için gerekli enerjinin yıl içinde aylara göre değişimi çok azdır. Başka bir deyişle, kurulan tesisattan her ay yararlanılmaktadır.

- b. Enerji ihtiyacının az (ısıtma ve soğutma sistemlerine göre) ve gerekli sıcaklığın düşük olması sebebiyle, büyük toplayıcı yüzey alanına gerek duyulmaz. Dolayısıyla kollektörlerin yerleştirilmesi problem olmaz.
- c. Sistemin yapılması kolay, yardımcı elemanları az ve kontrolü basittir.
- d. Sıcak suyun her gün bulunması zorunlu değildir. Gerektiğinde belli bir süre güneşin durumuna göre beklenilebilir.

Güneş enerjili sıcak su ısıtıcıları çok değişik şekillerde yapılabilmektedir. Basit su ısıtıcılarında, enerji toplama ve depolama aynı kap içinde yapılır. “Kendinden depolu sıcak su ısıtıcıları” diyebileceğimiz bu ısıtıcıların avantajı, taşınabilir olmalarıdır [49]. Bir düzlemin aldığı güneş akısı veya parlaklık, düzlemin güneş ışınlarına dikliği ile değişir. Güneş enerjisini toplayan kollektörlerin eğim açısı çok önemlidir [57].



Şekil 5.12. Konutlarda kullanılan güneş enerjili sıcak su sisteminin şematik gösterilişi.

## 5.6. Güneş Enerjisinin Bireysel Kullanımının Önemi

Güneş enerjisinin insanoğlunca kullanımında temelde iki yöntem geliştirilmiştir. Bunlar, Güneş-ısı dönüştürümleri ve Güneş-elektrik dönüştürümleridir.

Günümüzde güneş-ısı uygulamalarında kullanılan düzenekler,

- Güneş toplaçları (düzlem ve yoğun toplaçlar)
- Güneşli pişiriciler
- Güneş fırınları
- Güneş santralleri
- Güneşle damıtma (su artıma) düzenekleri
- Güneşle kurutma düzenekleri
- Güneş evleri ve seralar
- Güneş havuzları

olarak sıralanabilir.

Bunların içinde bireysel olarak en çok kullanılanlar, düzlem toplaçlardır. Bu düzeneklerle, genelde sıcak su sağlama amacıyla kullanım yaygındır. Ülkemizde de 1975’li yıllardan başlamak üzere düzlem toplaçlar kullanıma girmiş ve giderek yaygınlık kazanmıştır. Bugün Türkiye’de, yaklaşık 10 milyon 375.00 TEP’lik (ton petrol eşdeğeri) bir kazanç

sağlanmaktadır. Güneş topaçları ülkemizde üretilmekte olup, bu alanda önemli bir sanayi kolu durumuna gelmiştir.

Genelde ülkemizde güneş topaçları, sıcak su sağlama amacıyla ve çoğunlukla bireysel olarak kullanılmaktadırlar. Bu kullanımların içinde bazı oteller ve kurum kantinleri vb. bulunmaktadır. Güneş topaçlarından hacim ısıtma amacıyla yararlanma ülkemizde fazla görülmemekle birlikte, yeni istekler ortaya çıkmakta ve uygulamalar başlamaktadır. Yurt dışında, sadece bireysel değil, toplu ısıtma sistemlerinde de güneşten yararlanılmaktadır.

Güneş enerjisinin doğrudan elektrik enerjisine dönüştürümü 1950'li yıllarda başlamış. İlk uygulamalar uzay uydularında olmuştur. XX.yy'ın son çeyreğinde güneş-elektrik uygulamalarında bir yaygınlaşma görülmüş, birçok yerde elektrik gereksinimini güneş gözeleriyle çözüme uygulamaları başlamıştır. Hesap makinelerinden deniz fenerlerine, çok değişik alanlarda ortaya çıkan uygulamalar, giderek yaygınlaşma eğilimi göstermektedir. Güneş enerjisinden elektrik elde etmedeki bir uygulama da, güneş gözesi panellerinin evlerde kullanımınıdır. Bu türden kullanımın devletçe desteklendiği ülkelerde, güneş gözeleri giderek önem kazanmaktadır. Örneğin bu konuda ABD'de "bir milyon çatı", Almanya'da "100 bin çatı", Japonya'da "70 bin çatı" kampanyaları başarıyla sürdürülmektedir. Özendirici ve isteklendirici koşulların sağlanması sonucunda halk bu kampanyalara fazlasıyla ilgi göstermiştir. Almanya'da bu kampanya için devlet özendirici önlemler almıştır. Düşük faizli ödünç kredi sağlanması bu kampanyasının başarılı olmasını sağlamıştır. 2003 yılında yaklaşık 120 MW'lık bir eklentiyle 350 MW'lık hedef aşılmıştır.

Japonya'da da 1994 yılında başlatılan ve kısaca "70000 çatı" adıyla anılan "Japon PV Sistemlerini Yaygınlaştırma Programı" beklenenin önünde gitmektedir. Program %50 kredi desteğiyle başlatılmış ve 2003'te bu destek %10'lara düşmüştür. 1994-2003 arasında 168000'den fazla evin çatısına toplam 620MW üstünde PV sistemi kurulmuş durumdadır.

Güneş enerjinin bireysel kullanımının yaygınlaştırılması amacıyla, güneş-elektrik ve güneş-ısı sistemleri kurulması için çeşitli olanaklar sağlanmaktadır.

Bu madde ile ilgili olarak ta şöyle bir gerekçeyi (TEMEV) tarafından ilgililere sunmuştur:

- "Güneş enerjisinden ısı ve elektrik üretiminde yararlanılmalarda bireysel uygulamalar, merkezsiz uygulamalara kıyasla günümüzde daha çok özendirilmekte ve bu şekilde yaygınlaşmaları sağlanmaktadır.
- Bu tür uygulamalarda elektrik enerjisinin (ve ısı enerjisinin) "üretildiği yerde kullanımı" söz konusu olduğundan, kayıp kaçakların en aza indirilmesi önemli bir etken olarak ortaya çıkmaktadır.
- Enerjinin yoğun olarak kullanıldığı toplu yaşama yerlerinde çatıların büyük bir alan oluşturduğu ve bu alanlardan enerji elde etmek akıllıca bir davranıştır.

Dünyada güneş-elektrik sistemlerinin kullanımında, bireysel kullanım önde gelen bir kullanım şeklidir. Güneş enerjisinden yararlanmada, ister ısıya dönüşümle ister elektriğe dönüşümle olsun, bireysel kullanım bir çok yönden üstünlükler göstermektedir:

- Binaların çatıları bu kullanım için uygun alanlardır ve başka bir amaçla da kullanılmamaktadır.
- Türkiye güneş enerjisi açısından zengin bir ülkedir.
- Bireysel kullanımda, enerjiyi taşımayla ilgili sorunları (kayıp-kaçak) en azdır.
- Desteklenmesi durumunda, insanlar güneş ile ilgili uygulamalara sıcak bakmaktadırlar ve uygulama eğilimindedirler.

Kentlerde binaların çatıları önemli büyüklükte bir alan oluşturmaktadır. Bugün için bu alanlar sadece dış hava koşullarından (yağmur, kar, gibi) korunma amaçlı olarak kullanılmaktadırlar; yani boş alanlardır. Ülkemizde yaklaşık sekiz milyon bina bulunduğu varsayılırsa ve bunların güneş enerjisinden yararlanma amaçlı kullanım alanları da yaklaşık 100 metrekare olarak alınırsa, önümüze 800 milyon metrekarelik bir alan çıkmaktadır.

Güneş enerjisinden yararlanmada bireysel kullanım önemlidir ve bireysel kullanımın özendirilmesi ve isteklendirilmesi gereklidir. Dünyada da durum bu yönde gelişmektedir [71].

## **6. DENEYSEL ÇALIŞMALAR**

Bu çalışmadaki amaç, güneş enerjisiyle Elazığ'daki yapıları ısıtmak, bu ısıtmanın sağlanabilmesi içinde, farklı bir toplayıcıya sahip olan güneş kollektörü tasarlayıp imal etmek ve güneş enerjili bu kollektör sistemini deneysel olarak incelemektir.

### **6.1. Elazığ Bölgesinin İklim Şartları**

Doğu Anadolu'nun Yukarı Fırat Havzasında 40°21' ve 38°30' doğu boylamları ile 38°17' ve 9°11' kuzey enlemleri arasında yer alır. Kara iklimi hüküm sürer. Kara iklimin yanı sıra yer yer Akdeniz iklimi özelliği de taşımaktadır. Bu değişiklik Barajlardan sonra meydana gelmiştir. Elazığ iklimi, Akdeniz ve karasal iklim arasında bir geçiş özelliği de gösterir. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve sert geçer. Sıcaklık -15°C ile +42°C arasında seyreder.

### **6.2. Deneysel Setinin Özellikleri**

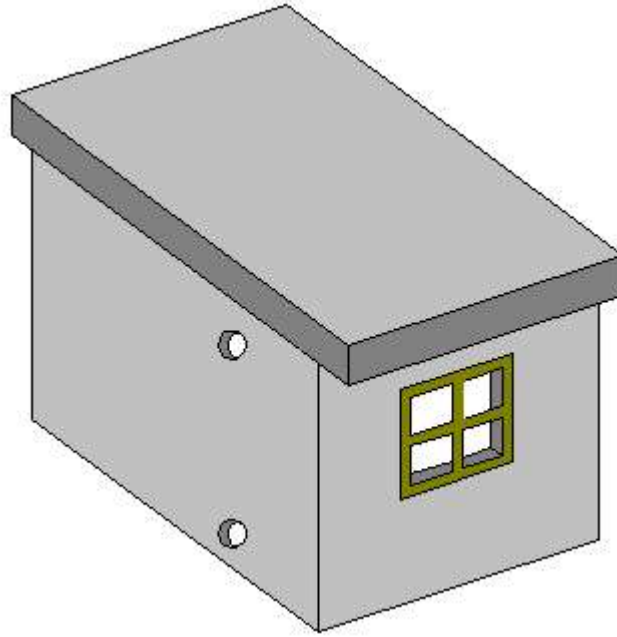
Elazığ Fırat Üniversitesi kampusu içerisinde Makine Eğitimi Bölümü atölyeleri arka kısmında, aynı özelliklere sahip 2 m derinlikte 1,5 m genişlikte ve 2,20 m yükseklikte, zemini beton, duvarları 13×19×39 luk delikli yığma tuğlalarla ve tavanı da beton olmak üzere iki adet bitişik ve ön cepeleri güney yönüne bakacak şekilde ve aynı simetride inşa edildi. Ayrıca yapının her ikisi de, içeriden her bir tarafı 25 mm kalınlıkta Mardav marka mavi pürüzlü styrofoam IB ile izole edilmiştir. Bu yapılardan birinin, tasarlanan güneş kollektörleri yardımıyla ısıtılması ve aynı özelliklere sahip ikinci yapı ile karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Deneylere başlamadan önce güneş ışınlarını direkt alabilecek, gölgenmeye maruz kalmayacak, yer tespiti yapıldı. Tespit edilen bu alana 2 × 1,5 × 2,20 ölçülerinde iki tane yapı inşa edildi. İki ayrı yapı inşa edilmesi, aynı ortam şartlarında ve aynı özelliklere sahip, deneye

tabi tutulacak yapı ile aynı özellikteki normal yapının karşılaştırılması ve elde edilecek deney sonuçlarının değerlendirilmesi içindi.

Her iki yapının da güney cephesindeki 3m<sup>2</sup>'lik yüzeyler düz duvar şeklinde penceresiz olarak yapıldı. Deneye tabi tutulacak yapının penceresi, yapının doğuya bakan yüzeyine, deneye tabi tutulan yapı ile kıyaslayacağımız yapının penceresi de yapının batıya bakan yüzeyine bırakıldı. Pencereler her iki yapı içinde 50×80 cm ebatlarında PVC'den ve ısıcamlı olarak yapıldı. Kapılarda 100×180 cm ebatlarında pencereler gibi PVC'den yapıldı ve yapıların kuzey yönlerine yerleştirildi. Her iki yapının net kullanım alanı 3,8 m<sup>2</sup>'dir [41]. Yapılan yapının önden şematik olarak görünüşü Şekil 6.1 de görülmektedir.

Konutlarda güneş enerjisi kullanımı, orta enlemlerde yer alan gelişmiş ülkelerde (Avrupa ve ABD) daha kısa sürede yaygınlaştı. Konutları ısıtmak için gereken 50-80°C düzeyindeki sıcaklıklar görece düşüktür ve basit güneş toplayıcılarıyla (su yada hava dolaşımli düzlem toplayıcıları) kolayca elde edilebilir. Orta büyüklükteki bir konutu ısıtmak için gereken enerji miktarıyla, bu konutun yüzeyine gelen güneş enerjisi miktarı, göz önüne alınmalıdır [35].



Şekil 6.1. Deneyde Kullanılan Yapının Önden Şematik Olarak Görünüşü.

Deneye tabi tutulan yapının iç ortam sıcaklığını doğal ve zorlanmış yollarla değiştirmek için güney cephesine yerleştirilmek üzere 120×200 cm ebatlarında güneş kollektörü tasarlandı. Tasarlanan güneş kollektörlerinin içerisinden havanın geçirilerek ısıtılması sağlandı.

Deneyin uygulanacağı yapının iç ortam havasının giriş ve çıkışını sağlamak için, yapının 3 m<sup>2</sup> 'lik güney cephesine alt ve üst kısımlarından yapının duvarını ortalayacak şekilde 10 cm yarıçapında iki menfez bırakıldı. Bırakılan bu menfezlerden yapının içerisindeki havanın alt menfez boşluğundan girip üst menfez boşluğundan çıkışı sağlandı. Bu boşluklar sayesinde deneye tabi tutacağımız yapının güney cephesine yerleştireceğimiz güneş kollektörleri ile

yapının içerisindeki hava alt menfez boşluğundan doğal ve zorlanmış olarak iki ayrı şekilde girip kollektörden ısınmış bir şekilde çıkması sağlandı. Havanın zorlanmış olarak kollektörlere girip ısınmış bir şekilde kollektörlerden çıkmasını sağlamak için alt menfez boşluğuna 10 cm çapında bir fan yerleştirildi. Bu fan sayesinde deneye tabi tutulan yapının iç ortam sıcaklığının, doğal sirkülasyonlu ortam sıcaklığı ile karşılaştırılması planlandı. Ayrıca fanın etrafından ısı kaçırlarını önlemek için fanın çevresi de yalıtıldı.

Yapının içerisindeki ısıtılması düşünülen hava alt menfez boşluğundan girip toplayıcı ve duvar arasından geçerken toplayıcının arka kısmına sürtünerek havanın ısınıp tekrar üst menfez boşluğundan içeri girmesi ve iç ortam sıcaklığının artırılması düşünüldü (Şekil 6.2). Havanın toplayıcı ve duvar arasından geçerken kaçak olmaması için kollektör kasası ile duvarın birleştiği yerler yalıtıldı. Böylece ısınan havanın dışarı sızması ve dış ortamla teması önlendi

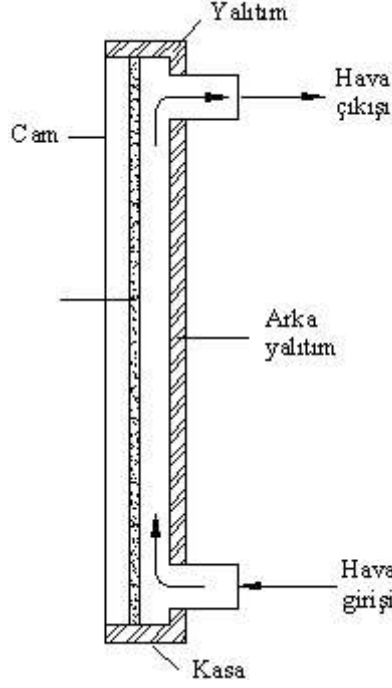
Deneyde kullanacağımız kollektör toplayıcısı ise 120×200 cm ebatlarında ve 2,40 m<sup>2</sup> toplayıcı yüzey alanına sahiptir. Kollektördeki toplayıcı yüzeyi, kollektör ölçülerine göre yapılan profilin ön - arka yüzeylerine alüminyum sineklik teli geçirilerek iç kısmına ise ince alüminyum bulaşık teli döşenerek yapıldı, çünkü güneş ışınları kışın Elazığ şartlarında yüzeye 37°'lik açıyla gelmektedir. Deneyde kullandığımız yapının güney cephesini 37° açılı yapmak yapı görünümünde olumsuz bir etki yapacağından ve daha fazla verim elde etmek için toplayıcı yüzeyinin farklı bir tasarımda yapılması uygun görüldü.

Kollektördeki toplayıcı yüzeyinin de olumsuz hava şartlarından etkilenmemesi ve toplayıcı yüzeyinin soğuk hava ile temas edip yüzey ısısının azalmaması için 3 mm kalınlığında 118×198 cm ölçülerinde cam, toplayıcının ön kısmına yerleştirildi.

Kollektörün arkasının alt ve üst kısımlarına deneye tabi tutulacak evin içerisindeki havanın kolayca kollektör içerisine girebilmesi için 25 cm uzunluğunda ve 10 cm çapında sac boru yerleştirildi. Deneye tabi tutulacak yapı içerisindeki hava, alt menfez boşluğundan girip, kollektörün arka alt kısmına monte edilmiş sac bir kanalın içinden geçip, kollektörün içerisinde toplayıcı yüzeyine temas ederek ısınmış bir şekilde kollektörün üst arka kısmında bulunan kanaldan geçerek, üst menfezden yapının içerisine girmesi sağlandı. Havanın bu kanallardan geçerken ısı kaybının önlenmesi için kanallar da yalıtıldı. Kollektörün iç kısmındaki havanın geçtiği yer iki sac arasına alınarak, havanın arka yalıtımla teması engellenerek yalıtımdaki insan sağlığına zararlı yapıların, ısınarak yapı içerisine gönderilen havaya karışması önendi.

Deneylerde sıcaklık ölçümleri için T tipi termo eleman ısı çift (termokupl) kullanıldı. T tipi termokupl (Cu-Const) 0.2 mm tel çapında, Bakır (+) ve Constantan (-) bacadan oluşan bu termokupl, hem indirgen hem de oksitleyen ortamlarda 600°C'ye kadar mV değeri üretebilmesine rağmen yaygın kullanım sıcaklığı -200°C ile 300°C arasındadır.

Deney odasındaki havasının debisini değiştirmek için bir fan kullanıldı. Fanla kollektör içerisine ısıtılmak amacıyla gönderilen havanın hızı  $\pm$  %0.1 hassasiyetli rüzgar gülü ile ölçüldü.



Şekil 6.2. Deneylerde Kullanılan Kollektör

Deneylerin yapıldığı tarihlerdeki güneş ışınım şiddeti değerleri Elazığ Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünden temin edildi.

Deneylerdeki sıcaklık değerlerinin tespiti için  $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$  hassasiyetli Dijital ısı Çift Termometre cihazı kullanıldı.

### 6.3. Deneyin Yapılışı

Deneylerin yapılmasına 29.11.2005 tarihinde Fırat Üniversitesi kampusu Makine atölyeleri arka kısmında inşa edilen yapılardan, deneye tabi tutulan yapıya, yaptırdığımız kollektör monte edilerek başlandı. Deneylere 06.12.2005 tarihine kadar devam edildi.

Deneylerde alınan ölçümlere sabah saat 08:00 den başlayarak akşam saat 16:00'ya kadar devam edildi. Ölçümler her 15 dakikada bir alınarak sıcaklık değişiminin nasıl değiştiği gözlemlendi. Deneye tabi tutulan yapının ve kıyaslama yapacağımız yapının 11 noktaya yerleştirilen T tipi (Cu-Co) ısı çiftleri yardımıyla, her 15 dakikalık zaman aralıklarıyla sıcaklıklar ölçülmüştür. İç ortam sıcaklığı, kollektörden çıkan ısıtılmış hava akımının direk temas etmediği noktalara ve oda içi sıcaklık değişimlerinin belirlenebilmesi için 4 farklı noktadan alınarak, yerleştirilmiş olan ısı çiftleri yardımıyla ölçülmüştür.

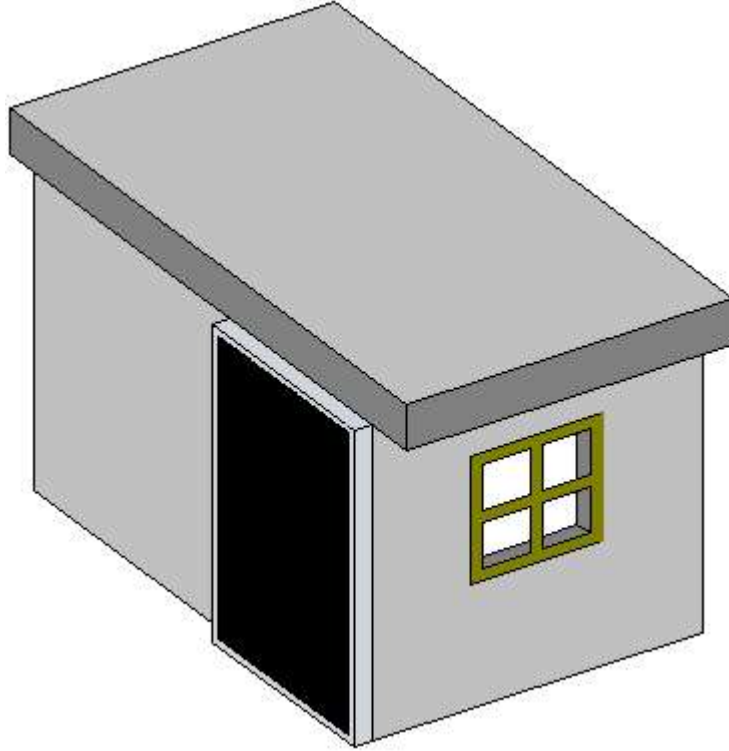
İç ortam sıcaklıklarıyla birlikte dış ortam sıcaklığı da ölçülmüştür. Dış ortam hava sıcaklığını ölçmek amacıyla bir ısı çifti, yapının dış duvarına güneş ışınımını direkt görmeyecek şekilde yerleştirilmiş ve dış ortam hava sıcaklığındaki değişimler 15 dakikalık aralıklarla ölçülmüştür. Isıl çiftler, korozyon nedeniyle hatalı ölçüm yapma ihtimaline karşı metal verniği ile izole edilmiştir. Ayrıca deneye tabi tutulan yapının alt ve üst menfezlerine bırakılan ısı çiftleri sayesinde kollektör giriş ve çıkış sıcaklıkları da tespit edilmiştir. Isıtılan ortamın iç ve dış duvar

yüzeylerine karşılıklı konulan ısıtıcı çiftler sayesinde ortamdan dışarıya olan ısı kaybı miktarı da hesaplanmıştır.

Deneye tabi tutulan yapıya, yaptırdığımız kollektör monte edildi ve bu kollektörün her 15 dakikada alınan sıcaklık değerleriyle iç ortam sıcaklığını nasıl değiştirdiği tespit edildi. 8 gün süren kollektör ölçümlerinde 6 gün süreyle de fan kullanılarak ortam sıcaklığında meydana gelen değişim gözlemlendi. Fan kullanılarak ortam sıcaklığının değiştirilmeye çalışıldığı günlerde rüzgar güllü ile fanın hızı ölçüldü.

Deneylerde kullanılan yapıların kapı ve pencereleri deneyler esnasında açılmayarak her iki yapı içinde aynı ortam dengesi sağlandı. Ölçümlerin bittiği saatten sonra her iki yapının kapı ve pencereleri açılarak iç ortamları havalandırıldı. Deneylerde her iki yapı içinde iç ortamlarında sıcaklığı etkileyecek olumsuz etkenlerden (ışık, vb) kaçınıldı [41].

Şekil 6.3.'de , deneye tabi tutulan yapının güney cephesine bakan dış duvara dikey olarak, hava ısıtmalı kollektörün monte edilmiş şekli gösterilmektedir.



Şekil 6.3. Yapının Kollektör Monte Edilmiş Şekli.

## 6.4. Deneyin Sonuçları

### 6.4.1. Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi ve Verim Hesabı

Birim kolektör yüzeyine düşen direkt ve difüz güneş ısımlarının belli bir yüzdesi faydalı ısıya dönüştürülürken geri kalanı da çevreye kaybolmaktadır. Kayıplar ışıyım (radyasyon), yansıma ve taşıyım'la (konveksiyon) oluşmaktadır.

Bir kolektörün verimliliği; topladığı kullanılabilir enerji miktarının, üzerine düşen enerji miktarına oranı olarak tanımlanır. Tanıma göre verim;

$$\text{Verim} = \frac{\text{Kollektörlerin toplandığı kullanılabilir enerji miktarı}}{\text{Kollektör üzerine düşüş enerji miktarı}} \quad (6.1)$$

veya

$$\text{Verim} = \frac{\text{Sistemden Alınan Enerji}}{\text{Sistemin Aldığı Enerji}} \quad (6.2)$$

veya

Sistemin aldığı enerjii, kolektör üzerine düşen güneş ışıınım miktarı, sistemden alınan enerjii de, kolektörün ısıtmak için kullanılan havaya verdiği ısı enerjisi olarak tanımlayabiliriz [74,75,76]. Sistemin anlık verimi;

$$\eta = \frac{Q_u}{A_T \cdot I} \quad (6.3)$$

Güneş kolektörlerinde verimin bulunabilmesi için faydalı ısının ( $Q_u$ ) bilinmesi gerekir. Kolektörden alınan faydalı ısıyı ise;

$$Q^u = m \cdot C_p \cdot (T_{\text{çıkış}} - T_{\text{giriş}}) \quad (6.4)$$

Deney yapılırken kolektöre giren havanın debisi;

$$M = \rho \cdot U \cdot A_F \text{ formülüyle hesaplandı.} \quad (6.5)$$

Burada;

- Z - Akışkanın yoğunluğu ( $\text{kg/m}^3$ )
- U - Akışkanın hızı ( $\text{m/sn}$ )
- $A_F$  - Akışkanın zorlanmış olarak kolektöre girişini sağlayan fanın alanı ( $\text{m}^2$ )

Zorlanmış konveksiyonla verim hesabındaki ısı hesabı için 6.4. denklemi kullanıldı [77,78] Doğal konveksiyonla yapılan deneylerde, yani fanın kullanılmadığı zaman ki deneylerde, verim hesabındaki ısı hesabı yapılırken kolektörden alınan faydalı ısı ( $Q$ );

$$Q^u = h \cdot A_T \cdot (T_{\text{çıkış}} - T_{\text{giriş}}) \text{ formülüyle hesaplandı.} \quad (6.6)$$

Burada;

6.3. denkleminde, 6.6 denklemi ( $Q_u$ ) yerine yazılırsa;

$$\eta = \frac{Q_u}{A_T \cdot I} \quad (7.7)$$

$$Q_u = \frac{h \cdot A_T \cdot (T_{\text{çıkış}} - T_{\text{giriş}})}{A_T \cdot I} \quad (6.8)$$

elde edilir.

Deneylerdeki doğal konveksiyonla verim hesabı için 6.8. denklemi kullanıldı.  $h$  değeri Tablo 6.1.'den alındı.

Ayrıca deney sonuçlarının değerlendirilmesinde, ısıtılan ortam ile yani güney cephesinde kollektör bulunan oda ile kıyaslama yaptığımız normal oda arasındaki sıcaklık farkı, fanlı ve fansız sıcaklık farklılıkları, her iki odanın ortam sıcaklık farklılıkları da hesaplanmıştır.

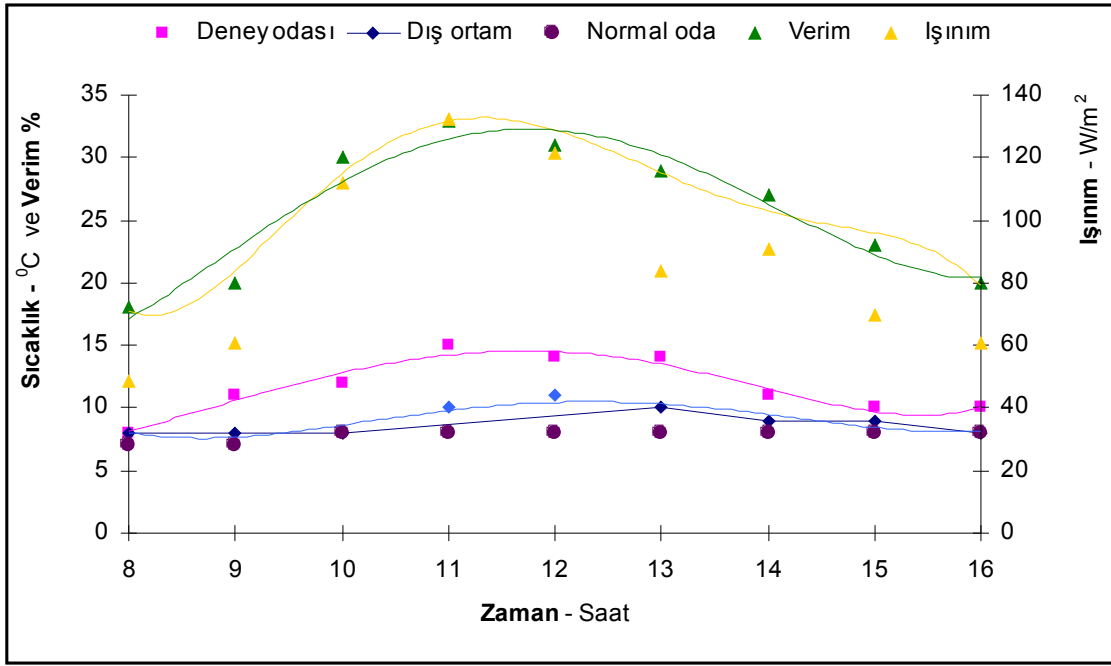
**Tablo 6.1.** Muhtelif Akışkanlar için ' $h$ ' Isı Taşınım Katsayısı [73]

<b>Akışkanın Cinsi</b>	<b><math>h</math> (W/m<sup>2</sup> °C)</b>
Hareketsiz hava $U < 2$ m/sn	4.6 - 23
Rüzgar $U > 5$ m/sn	23 - 46
Su	580
Su – Sıcaklık farkı büyük	3500
Akan su	580 - 5800
Kaynar su	580 - 7000
Buhar - Yoğuşan	5800 - 17400
Hava duvarın iç yüzü	8
Hava duvarın dış yüzü	23
Hava - Isı geçişi yukarıdan aşağı	6
Hava - Isı geçişi aşağıdan yukarı	8

## 7. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

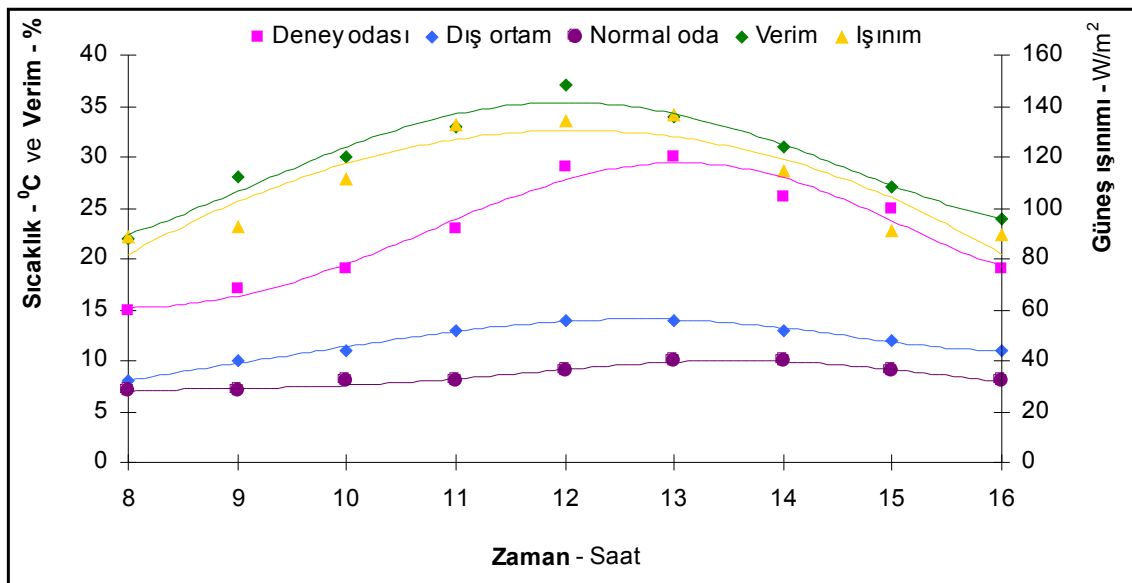
Deneyler 28.11.2005 ve 07.12.2005 tarihleri arasında Fırat Üniversitesi kampusu Makine atölyeleri arka kısmında inşa edilen yapılardan, deneye tabi tutulan yapıya yaptırdığımız kollektörler monte edilerek yapıldı.

Ölçümlere 29.11.2005 tarihinde inşa edilen yapının deneye tabi tutulan kısmının güney cephesindeki duvarına monte edilen kollektör ile başlandı. 29.11.2005 ve 06.12.2005 tarihlerinde fan kullanılmayarak (doğal konveksiyonla) ölçümlerin yapıldığı, ısıtılan odanın sabah 08:00 den akşam 16:00'ya kadar, dış ortam ve kıyaslama yapacağımız normal oda ile birlikte olan sıcaklık değişimleri ve verim eğrileri Şekil 7.1 den Şekil 7.8.'de görülmektedir. Şekillerde ayrıca gün boyu yüzeye gelen anlık güneş ışınım şiddeti değerleri de verilmektedir. Eğrilerden de görüleceği gibi güney cephesine kollektör monte edilerek deney yapılan odanın sıcaklığı güneş ışınım şiddeti ile artmaktadır. Ayrıca şekiller 30.11.2005 ve 05.12.2005 tarihlerinde de kollektörün fanlı (zorlanmış konveksiyon) olarak, verimde meydana gelen değişiklikleri göstermektedir. Şekillerden görüleceği üzere, en yüksek Kollektör verimi güneş ısınımının en yüksek olduğu zamanlarda elde edilmiştir. Güneş ışınım şiddetinde meydana gelen değişikliklerin verimi etkilediği de görülmektedir.



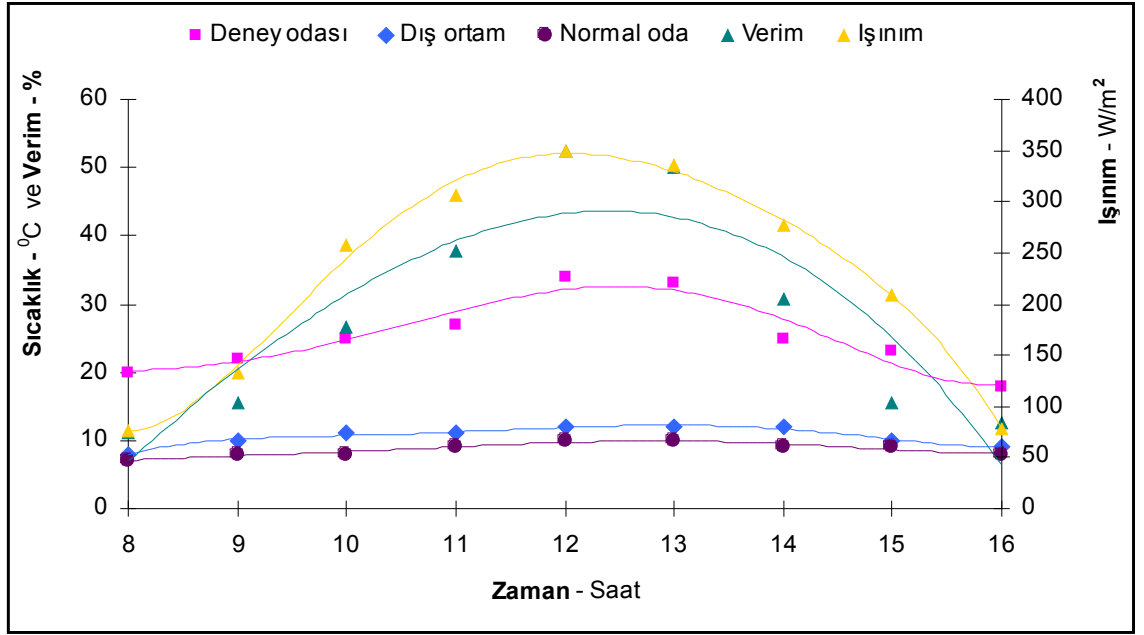
Şekil 7.1. 29.11.2005 tarihli Fansız Sistemdeki Verim ve Sıcaklık Değişimleri.

29.11.2005 tarihinde, havanın kapalı ve rüzgarlı olduğu bir günde yapılan ölçümlerde, Şekil 7.1'de gösterildiği gibi, deneye tabi tuttuğumuz odanın iç ortam sıcaklığı, normal odanın sıcaklığından fazladır. Şekilden de görüldüğü gibi, ısıtmaya çalıştığımız odanın sıcaklığı ve güneş ışınım şiddeti değeri saat 11:00-12:00 arası maksimum değerdedir. Ayrıca en yüksek kollektör verimi güneş ışınımın en yüksek olduğu zamanlarda elde edilmiştir. Güneş ışınım şiddetinde meydana gelen değişiklikler verimi etkilemektedir [80,81]. Fanlı sistem için en yüksek verim saat 12:00 de elde edilmiştir.



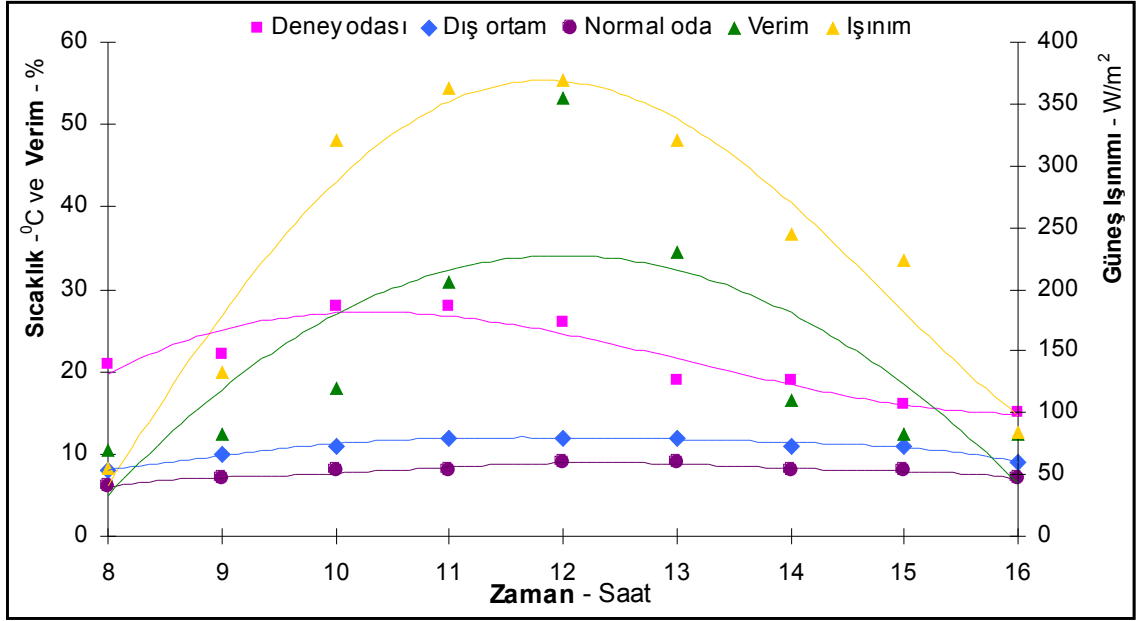
Şekil 7.2. 30.11.2005 Tarihli Fanlı Sistemdeki Verim ve Sıcaklık Değişimleri

30.11.2005 tarihinde, havanın kapalı ve rüzgarlı, öğlen 12:00 – 13:45 saatleri arasında güneşli, öğleden önce ve öğleden sonra bulutlu olduğu bir günde yapılan ölçümlerde, yapılan ölçümler sonucu ısıtmaya çalıştığımız odanın iç ortam sıcaklığı, kıyaslama yaptığımız normal oda ve dış ortam sıcaklığı değerlerinden fazladır. Güneş ışınım şiddetinin arttığı zaman ısıtmaya çalıştığımız odanın iç ortam sıcaklık değeri de artmaktadır. Güneş ışınımına bağlı olarak verim artmaktadır [82].



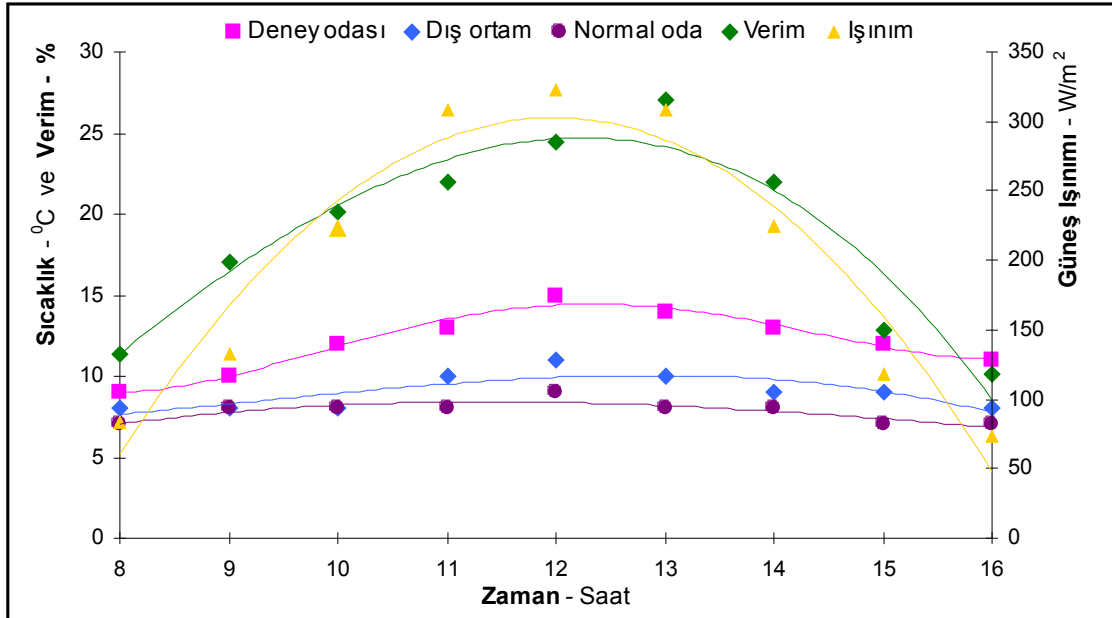
Şekil 7.3. 01.12.2005 tarihli Fanlı Sistemdeki Verim ve Sıcaklık Değişimleri

01.12.2005 tarihli havanın öğleden önce ve öğleden sonra bulutlu, fakat öğlen 12: 45 – 13:30 arasında güneşli olduğu bir günde yapılan ölçümlerde Şekil 7.3'de güneş enerjisi ile ısıtmaya çalıştığımız ortamın sıcaklık değerinin yaklaşık 36 °C olduğu ve verimdeki en yüksek değerler saat 12:00'de elde edildiği Şekil 7.3'den görülmektedir.



Şekil 7.4. 02.12.2005 tarihli Fanlı Sistemdeki Verim ve Sıcaklık Değişimleri

02.11.2005 tarihinde havanın açık ve rüzgarlı öğleden sonra ise bulutlu olduğu günde yapılan ölçümler ısıtmaya çalıştığımız odanın sıcaklığının sabah saatlerinde normal oda ve dış ortam sıcaklık değerlerinin yaklaşık 5 katı olduğu, saat 10:00 ve 11:00 arasında güneş enerjisi ile ısıtmaya çalıştığımız odanın sıcaklığı 28°C yaklaştığı Şekil 7.4'den görülmektedir. Güneş ışınım şiddeti değerinin düşmesiyle iç ortam sıcaklığındaki azalma şeklinde görülmektedir.

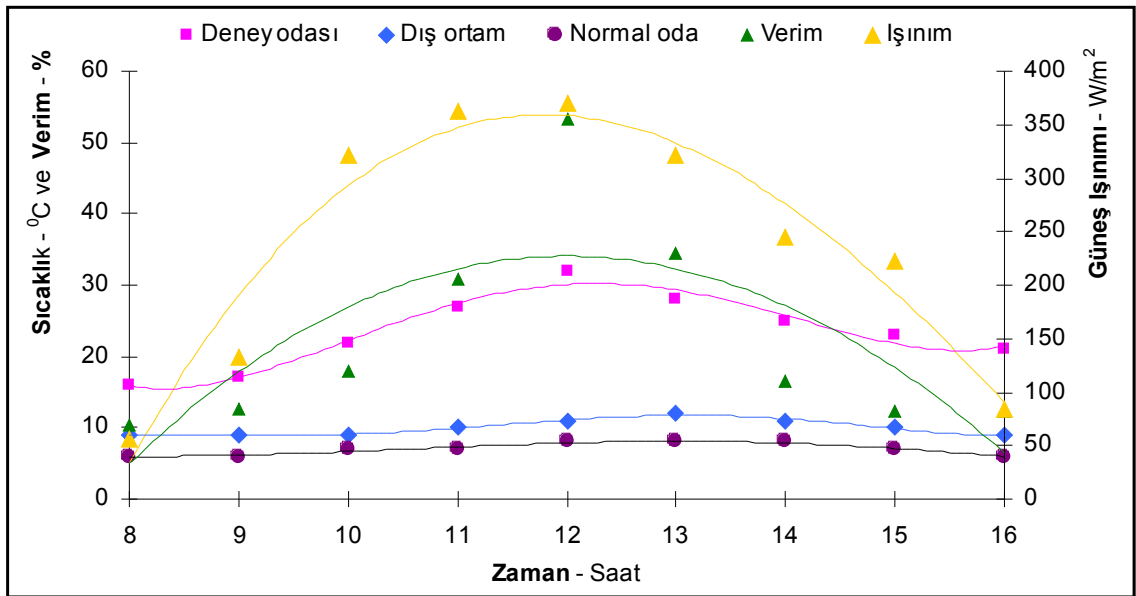


Şekil 7.5. 03.12.2005 Tarihli Fanlı Sistemdeki Verim ve Sıcaklık Değişimleri

03.12.2005 tarihli havanın kapalı, yağışlı, gün boyunca rüzgarlı ve parçalı bulutlu olduğu bir günde alınan deney ölçümlerinde Şekil 7.5'de görüldüğü gibi güneş ışınım şiddetinde olan değişiklikler güneş ile ısıtmaya çalıştığımız iç ortamda da sıcaklık değişikliği olarak

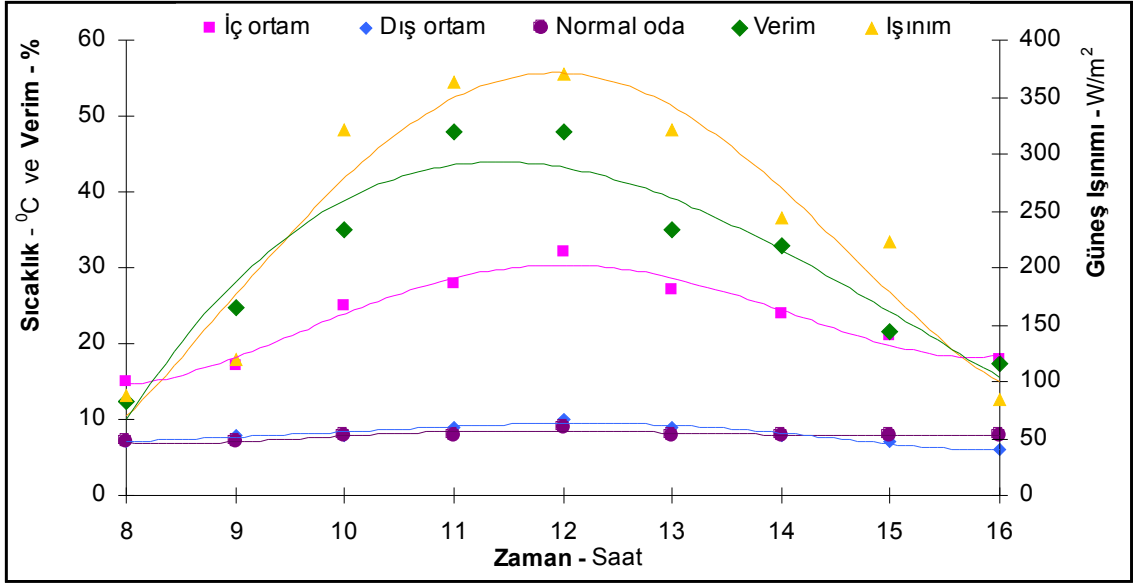
yansımaktadır. Maksimum iç ortam sıcaklığı öğle saatlerinde elde edilmektedir. Beş gün süreyle fan kullanılarak yapılan ölçümlerden sonra, yine fan kapatılarak (Doğal konveksiyon) ısıtmaya çalıştığımız oda, kıyaslama yaptığımız normal oda, ve dış ortam sıcaklık ölçümlerine devam edildi. Bu ölçümler de, fan kullanılarak yapılan ölçümlerdeki gibi sabah 08:00'den akşam 16:00'ya kadar sürdü. Şekil 7.1, Şekil 7.8'de fan kapatılarak yapılan deneylerin sonuçları ve deney günlerine ait güneş ışınım şiddeti ve verim değerleri görülmektedir. Güneş ışınım şiddeti arttıkça kollektör yüzey sıcaklığı artmakta ve kollektöre alt menfezden giren ortam havası Kollektör yüzeyine sürtünerek üst menfezden ısınmış bir şekilde çıktığından şekillerden de görüldüğü gibi iç ortam ısı artmaktadır. Fan kullanılarak yapılan deneylerdeki ortam ısı fan kullanılmayarak yapılan deneylerdekine göre daha yüksektir. Ayrıca yapılan deneylerde fan kullanıldığı zaman iç ortam ısı homojen bir dağılım göstermektedir. Şekillerden görüleceği üzere, en yüksek kollektör verimi güneş ışınımının en yüksek olduğu zamanlarda elde edilmiştir.

Güneş ışınım şiddetinde meydana gelen değişikliklerin verimi etkilediği de görülmektedir. Fan açıkken en yüksek verim saat 12:00 elde edilmişti, Fanın kapalı olduğu zamanki en yüksek verimde saat 12:00 elde edildiği şekillerden görülmektedir.



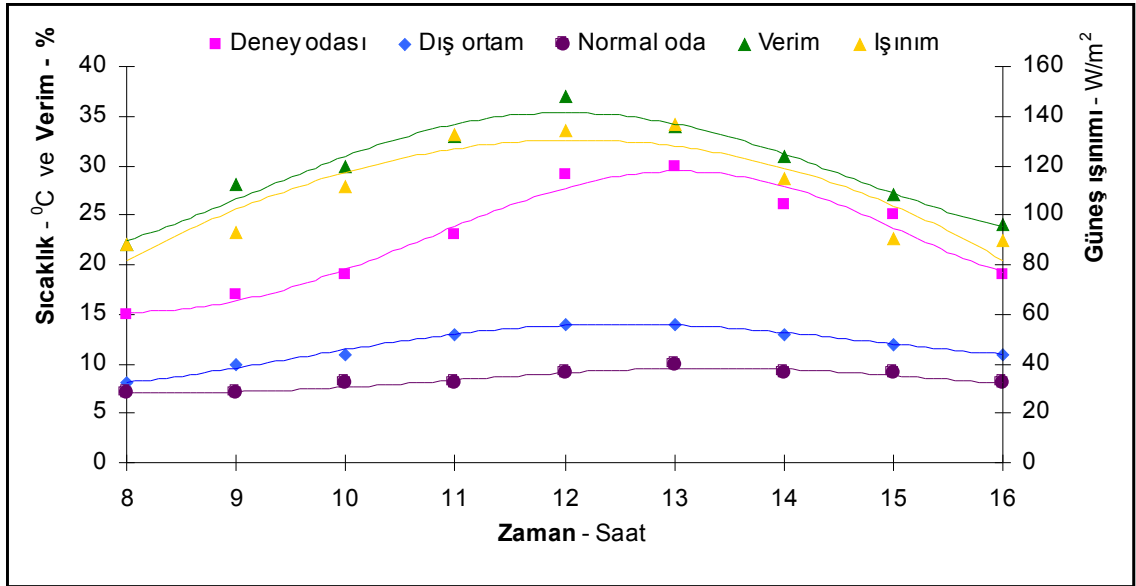
Şekil 7.6. 04.12.2005 Tarihli Fanlı Sistemdeki Verim ve Sıcaklık Değişimleri

04.12.2005 tarihinde havanın bulutlu, öğle güneşli ve gün boyunca rüzgarlı olduğu bir günde alınan ölçümlerde güneş ışınım şiddetinde meydana gelen değişiklikler güneş ile ısıtmaya çalıştığımız ısıtmaya çalıştığımız odanın sıcaklığında etkilemektedir. Şekil 7.6'da görülen güneş ışınım şiddeti arttıkça, ısıtmaya çalıştığımız odanın iç ortam sıcaklık değeri de artmaktadır.



Şekil 7.7. 05.12.2005 Tarihli Fanlı Sistemdeki Verim ve Sıcaklık Değişimleri

05.12.2005 tarihli havanın açık ve güneşli olduğu, aynı zamanda 13:00 den sonra rüzgarlı bir günde alınan ölçüm değerleri Şekil 7.7 de verilmektedir. Güneş ışınım değerinin az olması ısıtmaya çalıştığımız (solarwall'li) odayı da etkilemektedir. Fakat az da olsa güneş ışınım şiddeti değerinin olması ısıtmaya çalıştığımız odanın iç ortam sıcaklık değerini değiştirmektedir.



Şekil 7.8. 06.12.2005 Tarihli Fansız Sistemdeki Verim ve Sıcaklık Değişimleri.

06.12.2005 tarihli havanın kapalı, yağışlı ve bulutlu olduğu bir günde alınan ölçümler Şekil 7.9'da gösterilmektedir. Güneş ışınım şiddeti değerinin yüksek olduğu saat 11:00'de olmuştur. İç ortam ısı fan sisteminin çalıştığı şekillerde ki gibi fazla yüksek değildir. Buradan anlaşılacağı gibi fan kapatılarak ölçümlerin alınması iç ortam sıcaklık değerini etkilemesinin yanında kolektör verimini de etkilemektedir. Deney odasının iç ortam ısı en yüksek değerde olduğu güneş ışınım değeri düştükçe iç ortam ısı da düştüğü şekilden görülmektedir.

## 8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Son yıllarda, nüfusun hızla artışı, hızlı sanayileşme ile artan yatırımlar, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde enerjiye olan ihtiyacı arttırırken, alışılmış enerji kaynakları potansiyelinin hızla azalması, yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili çalışmalarını yoğunlaştırmıştır. Enerji kaynakları içerisinde kolay faydalanılabilenlerin başında güneş enerjisi gelmektedir [8]. Ancak yerkürede birim yüzeye gelen enerjinin büyük olmaması, geceleri hiç olmaması ayrıca gündüzleri de mevsimlere ve meteorolojik şartlara bağlı olarak çok zayıf olması gibi nedenler şimdiye kadar önemli bir uygulama alanı oluşmamasına neden olmuştur.

Türkiye güneş enerjisi bakımından çok şanslıdır. Uyumlu çalışma yapıldığı takdirde yararlı sonuçlar alınabilir. Özellikle petrol fiyatlarının hızla artması, güneş enerjisinden faydalanılan sistemlerin sayısında hızla artış sağlamıştır.

Yapılan bu deneysel çalışma ile, 3. iklim bölgesinde bulunan Elazığ'da sistem verimli olabilecek düzeyde olumlu sonuçlar vermiş olduğu ispatlanmıştır. Ayrıca soğuk kış aylarında da bu sistemden faydalanılabileceği görülmüştür.

Bu, çevreye ve insan sağlığına zararlı hiçbir etkisi olmayan bir sistemdir. Sistemden ve güneş enerjisinden daha fazla yararlanabilmek için, örtü malzemesinin (cam) ışık geçirgenliğini arttırmak, kolektör plakası emiciliğini arttırıp yayıcılığını azaltmak (seçici yüzey kullanmak) , plakadan akışkana ısı geçişini iyileştirmek ve uygun yalıtım yapılarak verim arttırılabilir [6].

Kış koşullarında, ortam ısıtılması amacıyla kullanılan sistem, yaz koşullarında da gerekli değişiklikler yapılarak ortam havasının klimatizasyon yükünü azaltmaya yarar sağlayabilir. Güneye bakan dış duvarın yalıtılması nedeniyle, yazın iç ortam ısı kazancı düşmektedir. Yaz koşullarında, içeriden çekilen hava, sistemde yapılan değişikliklerle tekrar içeriye gönderilmeden dışarı atılırsa sistemin iç ortam ısını etkilemesi önlenmiş olur.

Havalandırma ihtiyacı olan her yerde solarwall uygulanabilir. Özellikle, kış mevsiminin uzun ve güneşli olduğu bölgelerde; tek büyük hacimli ve yüksek tavanlı cami, fabrika, depo, hangar ve imalathanelerde uygun olduğu gibi; meyve, sebze veya tahıl kurutması yapmak için de uygundur. Yüksek havalandırma ihtiyacı olan kimyasal tesis, araç servis noktaları ve makine parkına sahip yerlerde, spor salonları, okullar ve kapalı otoparklarda kullanılabilir. İç ortam sıcaklığını 10~20 °C arasında yükseltebilmektedir. Hava sıcaklığının yüksek olduğu bölgelerde bu değer daha da artabilir. Ancak yapının güneye bakan duvarı gölgede olmamalıdır.

Solarwall;

1. Güneş enerjisinin %75 gibi büyük bir oranını kullanılabilir ısı enerjisine dönüştürür.
2. Bulutlu günlerde, havalandırma havasının ön ısıtılmasında önemli bir yarar sağlar.
3. Sistemin kurulacağı yer ve gerekli ısıtma miktarına bağlı olarak, sistemin kendini amorti etmesi için gerekli süre 1~6 yıl arasındadır [73].
4. Yaklaşık olarak, 1m<sup>2</sup> solarwall paneli 500W gücünde ısıtıcıya eşdeğer ısıtma yapar [73].
5. Tahıl kurutma ambarlarının çatı ve tavanları solarwall panelleri ile kaplanarak, doğal yollardan elde edilen ısı sayesinde kurutma yapılabilir.
6. Yapıların duvarlarına ve çatılarına monte edilebilir.

7. Solarwall, konvansiyonel ısıtma sistemlerindeki radyatör gibi gereksiz yer kayıplarını önler.
8. Yapıların duvarlarına ve çatılarına monte edilen Solarwall, kapladığı duvarı yağmurdan ve nemden korur.

Sistem her ne kadar yüksek maliyetle kuruluyor olsa bile, sistemin kendini amorti etmesi için gerekli süre 1~6 yıl gibi çok az olması, çalışmanın toplu konut uygulamalarında daha cazip sonuçlar vereceği ortadadır [41].

Farklı duvar şekilleri kullanılarak ısıtılmak istenen ortamın sıcaklık değerleri ve verimi arttırılabilir. Yalnız burada önemli bir nokta var ki o da, ısıtılmak istenen yapının güney cephesinin güneş ışınlarını direkt alabilmesidir. Yeni yapılacak yapılar, bu unsur göz önüne alınarak inşa edilmelidir.

Bu sistem ılıman iklim bölgelerinde daha da etkili sonuçlar verecektir. Sistem sadece ısıtma amaçlı değil, yaz mevsimlerinde soğutma amaçlı da kullanılabilir. Bu sistem sayesinde yapıların iç ortamlarını ısıtmak veya soğutmak için harcadığı enerjiden bir miktarda olsa tasarruf edilecektir. Hatta ılıman iklim bölgelerinde yapıların iç ortamlarını ısıtmak için, ek bir enerji sistemine gerek duyulmayacaktır.

Güneş enerjili ısıtma ve kullanma için sıcak su üreten sistemler, Günümüzde en yaygın olarak kullanılan güneş enerjisi yönteminden, sıcak su sağlamakta ve bina ısıtmada faydalanılmaktadır [66]. Birçok ülkede, devletin de özel politikalarla destek verdiği ve gelecekte karşımıza çıkması kaçınılmaz olan fosil enerji kaynaklarının tükeneceği düşünülerek, verimi artırma çalışmaları da halen devam etmektedir. Sistemin ilk yatırım maliyetinin yüksek olması, ilk planda olumsuz bir izlenim bırakmasına rağmen, uzun vadeli düşünüldüğü zaman bazı kazançların sağlanacağı unutulmamalıdır.

Kullanılmakta olan fosil yakıtların tükenme sürecine girmiş olmasından ve özellikle son yıllarda artan enerji talebinden dolayı, alternatif enerji sistemlerine olan ilgi artmaktadır. Solarwall bu sistemler içinde verimi en yüksek olanlardan birisidir. Güneşlenme oranı hayli yüksek olan Türkiye’de yüksek bir verimlilikle kullanılabilir. Ülkemizde olduğu gibi, güneş enerjisinin yeterli olduğu durumlarda, güneş enerjisi ile ısıtma sistemleri direkt olarak kullanılabilir.

## KAYNAKLAR

1. Atmaca, H.G., 2005, Mersin İli İçin Güneş Evi Tasarımı, Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi 24-25.06.2005 s.137-147.
2. Pıhtılı K., 1980, Düz Levha Tipi Güneş Kolektörleri, Isı Bilimi ve Dergisi Cilt 2, Sayı 21-24, Elazığ, D.M.M. Akademisi.
3. Uçar, A., 1999, Hava Isıtmalı Güneş Kolektörlerinde Pasif Elemanlar Yardımıyla Verim Arttırma, Yüksek Lisans Tezi, Makine Anabilim Dalı , Elazığ.
4. Öztürk, A., Kılıç A., 1981, Bina Isıtmasında Toplayıcıların Yaklaşık Boyutlandırılması. Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi. C. 3. S. 2. 49-53.
5. Dağsöz, A.K., 1981, *Soğutma Tekniği*, İstanbul
6. Uyarel, A.Y., Öz E.S.1987, *Güneş Enerjisi ve Uygulamaları*. Emel Matbaacılık Sanayi, Ankara.
7. Deriş, N., 1979, Güneş Enerjisi, Sıcak Su İle Isıtma Tekniği, Sermet Matbaası, İstanbul.
8. RABL A., 1985, 'Active Solar Collectors and Their Applications' New York Oxford University Press, America.
9. Anderson, B., *Solar Energy*, Fundamentals in Building Design, McGraw-Hill, N.Y. 1977.
10. Kılıç, A. ve Öztürk, A., 1983, *Güneş Enerjisi*. Kipaş Dağıtımçılık, İstanbul.
11. Dilmaç, S., Eğrican N., 1994, Binalarda Isı Konforu Amaçlı Enerji Tüketimi Üzerine Malzeme Seçiminin Etkisi, Energy with All Aspects in 21st. Century Symposium, Bildiri Kitapçığı, İstanbul, 674-682.
12. Eğrican, N., Onbaşıoğlu, H., 1993, Sinüzoidal Dış Etkiye Maruz Homejen Bir Duvarın Isıl Analizi, Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, Cilt 16, No. 2, 13-22.
13. Givoni, B., 1991, Characteristics, Design Implications and Applicability of Passive Solar Heating Systems for Buildings, Solar Energy Vol. 47, No. 6, pp. 425-435.
14. Athanassouli, G., 1988, A Model to the Thermal Transient State of an Opaque Wall Due to Solar Radiation Absorption, Solar Energy Vol. 41, No. 1, pp. 71-80.
15. Asan, H., 1998 Effects of Wall's Insulation Thickness and Position on Time Lag and Decrement Factor, Energy and Building 28, pp. 299-305.
16. Hottel, H.C. and Woertz, B.B., 1942, Performance of Flat-Plate Solar Heat Collectors Trans. ASME, 64, pp. 91-104.
17. Yeh, H., Ting, C., 1990, Efficiency of Solar Air Heaters With Baffles Energy, Vol. 16, No. 7, pp. 983-987.
18. Yeh, H., Ting, C., 1987, Efficiency of Solar Air Heaters Packed with Iron Fillings, Energy, Vol. 13, No. 7, pp. 543-547.
19. Yeh, H., Lin, T., 1995, Efficiency Improvement of Flat-Plate Solar Air Heaters, Energy, Vol.21, No. 6, pp. 435-443.

20. Yeh, H., Lin, T., 1996, The Effect of Collector Aspect Ratio on the Collector Efficiency of Upward-Type Flat-Plate Solar Air Heaters, Energy, Vol.21, No. 10, pp. 843-850.
21. Tabor, H., 1962, Solar Energy Research and the New States, Conference Held in Rehovot, Solar energy, Vol. 6, No. 4, pp. 168, Israel.
22. Parker, B.F., Lindley, M.R., Colliver, D.G., Murphy, W.E., 1988, Thermal Performance of Three Solar Air Heaters, Solar Energy, Vol. 13, No. 7, pp. 543-547.
23. Binark, K. ve Deliçay S., 1993, Hava Isıtmalı Güneş Kolektörleri Dizaynı, Isı Bilimi ve Tekniği 9. Ulusal Kongresi, Elazığ, s. 204-212.
24. Ertekin, C. ve Bilgili, E., 1998, Güneş Enerjili Hava Isıtıcılarında Isıl Verim, 5. Ulusal Soğutma ve İklimlendirme Tekniği Kongresi, Adana, s. 237-248.
25. Yıldız, C., Türk, Toğrul, İ., Sarsılmaz, C. and Pehlivan D., 2002, Thermal Efficiency of An Air Solar Collector with Extended Absorption Surface and Increased Convection, Heat Mass Transfer, Vol.29, No. 6, pp. 831-840.
26. Özil E., Özel S., 1987, Kurutmada Güneş Enerjisinin Kullanımı, Müh.ve Mak. C.28, Sayı 327.
27. Çengel Y.A., 1996, Introduction To Thermodynamics And Heat Transfer, pp 2.
28. Keleş R., Hamamcı R., 1993, Çevrebilim, İmge Kitabevi, Ankara.
29. Özbalta, G.T., 2005, Mimari, Güneş ve Teknoloji İlişkisi, Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi 24-25.06.2005 s.127-136.
30. Doğanay, H., Enerji Kaynakları, A.g.e., s.3-4-5-6-9-24.
31. Başol, K., Doğal Kaynaklar Ekonomisi, s.115-116-128-140-161-164-174-178-188.
32. Sancar, M.S., 1992, Avrupa Topluluğunda Enerji Arzı – Çevre Dengesinin Optimizasyonu ve Türkiye’deki Uygulanabilirliği, DPT, Yayın No. DPT: 2294, ATGM. 28, s. 8.
33. Karluk, R., Türkiye Ekonomisi, s. 239.
34. Apaydın, C.O., Enerji Sektöründe Organizasyon ve Mevzuat Sorunları, Enerji Politikaları ve Planlama, Cilt:I, Dünya Enerji Konseyi, Türk Milli Komitesi, Türkiye 7. Enerji Kongresi, s.119.
35. Büyük Larousse, 1993, Intersperses Basın ve Yayıncılık A.Ş., İstanbul, cilt no 7,10.
36. [www.eie.gov.tr](http://www.eie.gov.tr)
37. [www.youthforhab.org.tr](http://www.youthforhab.org.tr)
38. [www.biltek.tubitak.gov.tr/gokbilim/parlaklik.htm](http://www.biltek.tubitak.gov.tr/gokbilim/parlaklik.htm)
39. [http://kitap.hakikatkitabevi.com.tr/cgi-bin/cgi.exe/rehber/query=\\*/doc/{@90862?](http://kitap.hakikatkitabevi.com.tr/cgi-bin/cgi.exe/rehber/query=*/doc/{@90862?)
40. [www.akat.org](http://www.akat.org)
41. Sugözü İ., 2005, Güneş Enerjisiyle Çalışan İki Farklı Güneş Duvarının (Solarwall) Elazığ Şartlarına Uygulanabilirliğinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Elazığ.

42. Vitruvius, Mimarlık Üzerine On Kitap: Çev. Suna Güven, Şevki Vanlı Mimarlık Vakfı Ankara 1990.
43. Weber H., 1983, Energiebewusst planene, Verlag George D.W. Callwey, München.
44. Behling S.,Behling S., 1996, Sol Power,Die Evolution Der Solaren Architektur,Prestel München.
45. Kiraly J.,Architektur mit der Sone, C.F. Müller Verlak, Heidelberg, 1996.
46. Gonzalo R.,Energiebwusst Bauen, Wege zum solaren und energiesparenden Planen, Bauen und Wohnen, Edition Erasmus, 1994.
47. İleri A., 1995, Yearly simulation of a solar-aided R22-DEGDME absorption heat pump system, Solar Energy, Vol. 55, No. 4, pp. 255-265.
48. McCabe W. L., Smith J.C., 1967, Unit Operations of Chemical Engineering. McGraw-Hill Book Company. Tokyo.
49. Kılıç A. ve Öztürk A., 1984, Güneş Işınımı ve Düz Toplayıcılar Segem 1.
50. Atagündüz G., 1987,Güneş Enerjisi Temelleri ve Uygulamaları. Ege Üniversitesi Basımevi.
51. Sarsılmaz, C., 1998. Güneş Enerjisi Destekli Kayısı Kurutma Sistemi, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
52. Lebens, R.M., 1980, Passsive Solar Heating, Applied Science Publishers Ltd., Londra.
53. Wachberger, M., Wachberger, H., 1988, Güneş ve Konut, (Etüt ve Proje-Konut), Yaprak Kitapevi, Ankara.
54. Anderson, H.C.W., Fisk, M.J., 1982, Introduction to Solar Technology.
55. Özgen, M.N., 1990, Güneş Enerjisinden Isıtmada Yararlanma, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.Teknik Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, 156s.
56. [www.upav.org.tr](http://www.upav.org.tr)
57. Sarsılmaz C., Yıldız C., Biçer Y., 1998, Sebze ve Meyve Kurutulmasında Güneş Enerjisi Destekli Döner Sütunlu Silindirik Kurutucu Dizaynı. Termodinamik. Sayı 70, Sayfa 74-83 Haziran 1998. İstanbul.
58. Duranay. M., 1982, Güneş Kollektörlerin Dizaynında Göz Önünde Tutulacak Esaslar. F. Ü. Müh. Fak. Mak. Müh. Böl. MS. Seminer Notu. Elazığ.
59. Daniels, F., 1964, Direct Use of the Sun's Energy. Yale University Press, New Haven.
60. Acaroğlu M., 2003, Alternatif Enerji Sistemleri, Atlas Dağıtım, İstanbul.
61. [www.tusiad.org.tr](http://www.tusiad.org.tr)
62. Yıldız R., 2002, Neden Alternatif Enerji. Termodinamik Dergisi. 10, 118. 61- 67 15

63. Çengel Y.A.,Boles A. M.,1989, Thermodynamics An Engineering Approach, McGraw-Hill, USA.
64. Sayım B., 2002, Çift Fazlı Termosifonlu Güneş Kolektörleri, Toprak Kaynaklı Isı Pompası, Soğutma Makinaları, Lisans Tezi, Elazığ.
65. Atagündüz G., 1987, Güneş Enerjisi Temelleri ve Uygulamaları.Ege Üniversitesi Basımevi.
66. Altuntop, N. Demiral, D., Çınar, G., 1997, Matrix Tip Düzlemsel Havalı Güneş Kolektörlerin Analitik ve Deneysel İncelenmesi, ULIBTK'97 11. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi, Edirne, s. 992-1001.
67. Duffie J. A., Beckman W. A., 1991, Solar Engineering of Thermal Processes, John Wiley & Sons, USA.
68. Şahin S., Ağustos 1976, Güneş Enerjisinden Faydalanma İmkanları, Mühendis ve Makine Dergisi, Cilt 20, Sayı 235,
69. TMMOB Makine Mühendisleri Odası İçel Şubesi, , 20-21 Haziran 1997, Güneş Enerjisi Sistemleri Semineri Bildiriler Kitabı.
70. Uçar A., 1999, Hava Isıtmalı Güneş Kolektörlerinde Pasif Elemanlar Yardımıyla Verim Arttırma, Yüksek Lisans Tezi, Makine Ana Bilim Dalı , Elazığ.
71. İnan D., 2005, Güneş Enerjisinin Bireysel Kullanımının Önemi, Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi 24-25.06.2005 s.121-126.
72. McQiston C. F., Parcer D. J., 1986, Heating, Ventilating and Air Conditioning Analysis and Design
73. [www.alternatifenerji.com](http://www.alternatifenerji.com)
74. Yüncü, H., Kakaç, H., 1999, Temel Isı Transferi, Birim Yayıncılık, Ankara.
75. Arpacı, V.S., Larsen P.S., 1984, Convection Heat Transfer, Prentice-Hall.
76. Çengel, A.Y., 1990, Heat Transfer, a Practical Approach, McGraw-Hill
77. Kreider J.F., Kreith F.,1981, Solar Energy Handbook, McGraw-Hill.
78. Incrope F.P., Dewitt D.P., 1990, Fundamentals Of Heat And Mass Transfer, John Wiley & Sons, Singapore.
79. Genceli, O.F., 2002, Çözümlü Isı Taşınımı Problemleri, İ.T.Ü. Makine Fakültesi,Birsen Yayınevi, İstanbul.
80. White F.M., 2004, Akışkanlar Mekaniği, Literatür Yayıncılık, İstanbul.
81. Oosthuizen, P.H., Naylor, D., 1981, an Introduction to Convective Heat Transfer Analysis, McGraw-Hill.
82. Middleman S.,1998, An Introduction To Fluid Dynamics,Princiles Of Analysis Anda Design, John Wiley & Sons.

## ÖZGEÇMİŞ

1978 yılında Mersin’de doğdu. İlk ve orta okul Adana, lise öğrenimini Mersin Teknik Lisesi’nde tamamladı. 1998’de Çukurova Üniversitesi Osmaniye Meslek Yüksekokulu Makine Bölümü’nden mezun oldu. 2000 yılında yılında Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Otomotiv Öğretmenliği Bölümü’nü Dikey Geçiş Sınavı ile kazandı. 2003 yılında mezun oldu. Şubat 2004’de Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji Bilim Dalında Yüksek Lisans çalışmasına başladı ve halen devam etmektedir.

Bahar SAYIM

**EKLER**



Deney Evinin Önden Görünüşü.



Deney Evinin Sağdan İzometrik Görünüşü.



Deney Evinin Soldan İzometrik Görünüşü.



Deney Evinin Arkadan Görünüşü.