

147447

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GÜNEŞ ENERJİSİYLE ÇALIŞAN İKİ FARKLI GÜNEŞ
DUVARININ (SOLARWALL) ELAZIĞ ŞARTLARINA
UYGULANABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

112442
İlker SUGÖZÜ

Tez Yöneticisi

Yrd.Doç.Dr. Celal SARSILMAZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

ELAZIĞ, 2005

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GÜNEŞ ENERJİSİYLE ÇALIŞAN İKİ FARKLI GÜNEŞ
DUVARININ (SOLARWALL) ELAZIĞ ŞARTLARINA
UYGULANABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

İlker SUGÖZÜ

Tez Yöneticisi

Yrd.Doç.Dr. Celal SARSILMAZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

ELAZIĞ, 2005

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GÜNEŞ ENERJİSİYLE ÇALIŞAN İKİ FARKLI GÜNEŞ
DUVARININ (SOLARWALL) ELAZIĞ ŞARTLARINA
UYGULANABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

İlker SUGÖZÜ

Yüksek Lisan Tezi
Makine Eğitimi Anabilim Dalı

Bu tez, 13.07.2025 tarihinde aşağıda belirtilen jüri tarafından oybirliği /oyçokluğu ile başarılı / ~~başarısız~~ olarak değerlendirilmiştir.

Danışman: Yrd.Doç.Dr. Celal SARSILMAZ

Üye: Prof. Dr. Cengiz YILDIZ

Üye: Yrd. Doç. Dr. Aydın OURMUŞ

Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 15.07.2025 tarih ve 2025/22-b sayılı kararıyla onaylanmıştır.

TEŐEKKÖR

Beni bu konuya yönlendiren, çalışmalarım süresince her konuda yardımlarını esirgemeyen danışman hocam sayın Yrd.Doç.Dr. Celal SARSILMAZ'a, değerli bilgilerinden yararlandığım sayın Yrd.Doç.Dr. Aydın DURMUŐ, Doç.Dr. Yasin VAROL, Arő.Gör. İrfan KURTBAS'a, Makine ve Metal Eğitimi Atelye teknisyenlerine ve Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (FÖBAP) alışanlarına teőekkörü bir borç bilirim.



İÇİNDEKİLER

Sayfa No

TEŞEKKÜR	
İÇİNDEKİLER.....	I
ŞEKİLLER LİSTESİ	IV
TABLolar LİSTESİ	VI
EKLER LİSTESİ.....	VII
SİMGELER LİSTESİ.....	VIII
ÖZET	IX
ABSTRACT	X
1.GİRİŞ.....	1
2.LİTERATÜR ARAŞTIRMALARI.....	6
3.ENERJİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER	15
3.1. Enerjinin Tanımı	15
3.2. Enerjinin Önemi	15
3.3. Dünyada Enerji Verimliliğinin Oluşumu ve Gelişimi	16
3.4. Türkiye’de Enerji Verimliliğinin Oluşumu ve Gelişimi.....	17
3.5. Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması.....	17
3.5.1. Yer Altı ve Yerüstü Kaynakları Olup Olmayışına Göre.....	17
3.5.2. Kullanışlarının Yeni ve Eski Oluşuna Göre	17
3.6. Enerji Kaynakları ve Dünya Enerji Görünümü.....	18
3.6.1. Petrol.....	18
3.6.2. Kömür.....	19
3.6.3. Doğalgaz	19
3.6.4. Hidrolik Enerji.....	20
3.6.5. Nükleer Enerji.....	20
3.6.6. Jeotermal Enerji	21
3.6.7. Güneş Enerjisi.....	22
3.6.8. Rüzgar Enerjisi	22
3.6.9. Denizlerden Elde Edilen Enerji.....	23
3.6.10. Odun Enerjisi.....	23
3.6.11. Hayvan ve Bitki Artıkları	24
3.6.12. Elektrik Enerjisi	24
3.6.13. Diğer Enerji Kaynakları	25
4. GÜNEŞ ENERJİSİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER.....	26

4.1. Güneş Işınlarının Yansıması.....	32
4.2. Dünyamız Güneşten Nasıl Enerji Alır	34
4.2.1. 21 Mart ve 21 Eylül	34
4.2.2. 21 Haziran	35
4.2.3. 21 Aralık	35
4.3. Güneş Açıları.....	35
4.3.1. Esas Güneş Açıları.....	35
4.3.1.1. Enlem Açısı.....	35
4.3.1.2. Saat Açısı	35
4.3.1.3. Denklinasyon Açısı	36
4.3.2. Türetilen Güneş Açıları.....	36
4.3.2.1. Zenit Açısı.....	36
4.3.2.2. Güneş Yükseklik Açısı.....	36
4.3.2.3. Güneş Azimut Açısı	37
4.4. Türkiye’de Güneş Enerjisi.....	37
5. GÜNEŞ ENERJİSİNDEN ISITMADA YARARLANMA	39
5.1. Güneş Enerjisi ile Isıtma Sistemlerinin Çalışma Prensipleri.....	39
5.2. Güneş Enerjisinin Isıtmada Kullanılan Ana Elemanları.....	42
5.2.1. Güneş Enerjisi Toplayıcıları.....	42
5.2.1.1. Güneş Enerjisi Toplayıcısı Olarak Bina	42
5.2.1.2. Güneş Enerjisi Toplayıcısı Olarak Kollektörler	46
5.2.2. Güneş Enerjisi Depolayıcıları.....	67
5.2.2.1. Güneş Enerjisi Depolayıcısı Olarak Bina	67
5.2.2.2. Güneş Enerjisinden Elde Edilen Isının Bina İçinde veya Dışında Depolanması ...	68
5.3. Güneş Enerjisinden Isıtmada Yararlanan Sistemlerin Performansını Etkileyen Faktörler	76
5.4. Pasif Sistemler	77
5.4.1. Güneş Enerjisinden Isıtmada Kullanılan Pasif Sistemlerin Sınıflandırılması	78
5.4.1.1. Direkt Kazanç Sistemleri	78
5.4.1.2. Dolaylı Kazanç Sistemleri	79
6. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	87
6.1. Elazığ Bölgesinin İklim Şartları	87
6.2. Deney Seti	87
6.3. Deneyin Yapılışı	91
6.4. Deney Sonuçları	93
6.4.1. Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi ve Verim Hesabı	93

6.4.2. Deney Evinin Isı Kayıp Hesabı.....	95
7. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME.....	98
8. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	112
KAYNAKLAR.....	114
ÖZGEÇMİŞ.....	120
EKLER	



ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1. Güneşle Isıtılmalı (Solarwall) Federal Express Binası.....	11
Şekil 2.2. Solarwall ile Isıtılan Kanada Bombardier Hava Üssü.....	12
Şekil 4.1. Güneş Işınım Dağılımı	32
Şekil 4.2. Yansıyan Güneş Işını	32
Şekil 4.3. Dünyaya Ulaşan Güneş Işını	33
Şekil 4.4. Atmosferde Tutulan Güneş Işını	33
Şekil 4.5. Yeryüzüne Ulaşan Güneş Işınımının Dağılımı	33
Şekil 4.6. Yeryüzündeki Güneş Işınımı.....	33
Şekil 4.7. Dünyanın Güneş Çevresinde Dönüşü	34
Şekil 4.8. Deklinasyon Açısının Oluşumu	36
Şekil 4.9. Güneş Yükseklik ve Azimut Açıları	37
Şekil 5.1. Doğrudan Kazançlı Pasif Güneş Enerjisi Toplama Şeması	40
Şekil 5.2. Basit Hava Tipi Güneş Enerjisi Toplayıcısı.....	41
Şekil 5.3. Basit Sıvı Tipli Güneş Enerjisi Toplayıcısı.....	42
Şekil 5.4. 40° Enlemi için Kış ve Yaz Güneş Yükseklikleri	45
Şekil 5.5. Paralel ve Seri Kollektör Bağlantısı	49
Şekil 5.6. Tek Camlı Kollektörde Enerji Prosesleri	52
Şekil 5.7. Farklı Havalı Kollektör Tasarımları.....	54
Şekil 5.8. Havalı Toplayıcıların Yutucu Yüzey Şekilleri.....	55
Şekil 5.9. Hava Kollektörü Emici Plakası.....	56
Şekil 5.10. Düz Emici Plakalı, Seri Bağlı Hava Kollektörü (Çift Camlı)	56
Şekil 5.11. Zıt Yönlü, İki Akışlı Hava Kollektörü	57
Şekil 5.12. Aynı Yönlü, İki Akışlı Hava Kollektörü	57
Şekil 5.13. Üst Üste Emici Plakaları Cam Olan Hava Kollektörü	58
Şekil 5.14. Oluklu Plakalı Hava Kollektörü.....	58
Şekil 5.15. Emici Plaka Altındaki Kanatların Tertip Şekilleri	59
Şekil 5.16. Parlak Metal Üzerine Gelen Kızıl ötesi Işımları	60
Şekil 5.17. Seçici Yüzeyin Işığı Emmesi ve Neşretmesi.....	61
Şekil 5.18. Ağaç Kesitli Hava Kollektörü	64
Şekil 5.19. Metal Kasetli Hava Kollektörü ve Çerçeve Detayı	66
Şekil 5.20. Parabolik Oluk Kollektör	67
Şekil 5.21. Direkt Kazanç Sistemi.....	79
Şekil 5.22. Trombe Duvarı	80
Şekil 5.23. Trombe Duvar	81

Şekil 5.24. Su Duvarları	82
Şekil 5.25. Çatı Havuzları	83
Şekil 5.26. Kuzey İklimleri için Çatı Havuz Alternatifi.....	83
Şekil 5.27. İlave Güneş Odaları.....	84
Şekil 5.28. Termosifon Toplayıcılar.....	85
Şekil 5.29. U- Tüplü Termosifon Toplayıcılar	86
Şekil 6.1. Deneyde Kullanılan Yapının Önden Şematik Olarak Görünüşü.....	88
Şekil 6.2. Deneylerde Kullanılan I.Tip Kollektör	89
Şekil 6.3. Deneylerde Kullanılan II. Tip Kollektör	90
Şekil 6.4. Yapının Kollektör Monte Edilmiş Şekli.....	92
Şekil 6.5. Deney Evinin Duvar Yapısı	96
Şekil 7.1. I. Tip Kollektörlü Fanlı Sistemde Verim ve Sıcaklık Değişimleri.....	98
Şekil 7.2. I. Tip Kollektörlü Fanlı Sistemde Verim ve Sıcaklık Değişimleri.....	99
Şekil 7.3. I. Tip Kollektörlü Fanlı Sistemde Verim ve Sıcaklık Değişimleri.....	99
Şekil 7.4. I. Tip Kollektörlü Fanlı Sistemde Verim ve Sıcaklık Değişimleri.....	100
Şekil 7.5. I. Tip Kollektörlü Fanlı Sistemde Verim ve Sıcaklık Değişimleri.....	100
Şekil 7.6. I. Tip Kollektörlü Fansız Sistemde Verim ve Sıcaklık Değişimleri.....	101
Şekil 7.7. I. Tip Kollektörlü Fansız Sistemde Verim ve Sıcaklık Değişimleri.....	102
Şekil 7.8. I. Tip Kollektörlü Fansız Sistemde Verim ve Sıcaklık Değişimleri.....	102
Şekil 7.9. I. Tip Kollektörlü Fansız Sistemde Verim ve Sıcaklık Değişimleri.....	103
Şekil 7.10. I. Tip Kollektörlü Fansız Sistemde Verim ve Sıcaklık Değişimleri.....	103
Şekil 7.11. I. Tip Kollektörlü Fansız Sistemde Verim ve Sıcaklık Değişimleri.....	104
Şekil 7.12. II. Tip Kollektörlü Fanlı Sistemde Verim ve Sıcaklık Değişimleri.....	105
Şekil 7.13. II. Tip Kollektörlü Fanlı Sistemde Verim ve Sıcaklık Değişimleri.....	106
Şekil 7.14. II. Tip Kollektörlü Fanlı Sistemde Verim ve Sıcaklık Değişimleri.....	106
Şekil 7.15. II. Tip Kollektörlü Fanlı Sistemde Verim ve Sıcaklık Değişimleri.....	107
Şekil 7.16. II. Tip Kollektörlü Fanlı Sistemde Verim ve Sıcaklık Değişimleri.....	107
Şekil 7.17. II. Tip Kollektörlü Fansız Sistemde Verim ve Sıcaklık Değişimleri	108
Şekil 7.18. II. Tip Kollektörlü Fansız Sistemde Verim ve Sıcaklık Değişimleri	109
Şekil 7.19. II. Tip Kollektörlü Fansız Sistemde Verim ve Sıcaklık Değişimleri	109
Şekil 7.20. II. Tip Kollektörlü Fansız Sistemde Verim ve Sıcaklık Değişimleri	110
Şekil 7.21. II. Tip Kollektörlü Fansız Sistemde Verim ve Sıcaklık Değişimleri	110
Şekil 7.22. II. Tip Kollektörlü Fansız Sistemde Verim ve Sıcaklık Değişimleri	111

TABLÖLAR LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 4.1. Türkiye'nin Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Potansiyeli.....	38
Tablo 4.2. Türkiye'nin Yıllık Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgelere Göre Dağılımı	38
Tablo 5.1. Değişik Türdeki Camların Özellikleri	48
Tablo 5.2. Bazı Saydam Örtülerin Özellikleri	53
Tablo 5.3. Yutucu Tabakaların Özellikleri	60
Tablo 5.4. Bazı Yüzeylerin Güneş Işınımı Yutma (α), Isıl Işınım Neşretme (ϵ) Oranları.....	61
Tablo 5.5. Kollektörlerde Kullanılan Yalıtım Malzemeleri ve Özellikleri	62
Tablo 5.6. Değişik Malzemelerin Isıl Genleşme Yüzdeleri	65
Tablo 6.1. Muhtelif Akışkanlar için 'h' Isı Taşınım Katsayısı	95
Tablo 6.2. Yapıda Kullanılan Duvar Malzemelerinin Özellikleri.....	96



EKLER LİSTESİ

EK 1.

Deney Evinin Önden Görünüşü.....	121
Deney Evinin Sağdan İzometrik Görünüşü	121
Deney Evinin Soldan İzometrik Görünüşü.....	122
Deney Evinin Arkadan Görünüşü.....	122



SİMGELER LİSTESİ

A_F	: Fan Alanı [m^2]
A_K	: Kollektör Net Alanı [m^2]
C_p	: Sistemde Dolaşan Akışkanın Özgül Isısı [$J/kg.K$]
h	: Isı Taşınım Katsayısı [$W/m^2.K$]
I	: Kollektör yüzeyine Gelen Güneş Işınım 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 Dolaşan 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]
α	: Yüzeyin yutma oranı
ε	: Yüzeyin Yayma Oaranı
η_t	: Anlık Verim
ρ	: Akışkanın Yoğunluğu [kg/m^3]

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

GÜNEŞ ENERJİSİYLE ÇALIŞAN İKİ FARKLI GÜNEŞ DUVARININ (SOLARWALL) ELAZIĞ ŞARTLARINA UYGULANABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

İlker SUGÖZÜ

Fırat Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Eğitimi Anabilim Dalı

2005, Sayfa:120

Bu çalışma ile binaların ısıtılması amacıyla kullanılmak üzere güneş enerjili havalı toplayıcı tasarımları imal edilerek yapılmıştır. Tasarlanan bu yeni güneş enerjili havalı toplayıcılar çeşitli binalara uygulanması ile binaların ısı yükleri önemli ölçüde düştüğü görülmüştür. Sıcak su üretiminde etkin bir kullanım alanı bulan güneş enerjisi uygulamalarına yeni bir sayfa açılacaktır. Ülke ekonomisine katkısı da göz önüne alınırsa benzer çalışmaların ticari kimlik kazanması için desteklenmesi gereklidir.

Güneş enerjili ısıtma tekniklerinin uygulanması ile enerji tasarrufu yanında, temiz bir çevre oluşturulmasına da katkı sağlanacağı ve güneş enerjisi sistemleri üreticilerine yeni üretim alanları yaratılacağı düşünülmektedir.

Bu amaç çerçevesinde; (bu) çalışmada konuma uygun, mevcut veya yeni yapılacak binalarda dış cephelere uygulanacak, modüler pasif veya aktif ısıtma tekniklerini kullanan sistemlerin, değişik malzemeler kullanımı ile geliştirme çalışmaları yapılmıştır. Ayrıca bundan sonra inşa edilecek yapılarda, gerek mimari tasarım açısından, gerekse güneş enerjisi ısıtma tekniklerinin uygulanabileceği düzenlemelere gidilmesinde, ülkemiz enerji talebindeki artışların azaltılabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Güneş Enerjisi, Güneş Duvarı, Güneş Evi, Isıtma Sistemleri

ABSTRACT

Master Thesis

THE INVESTIGATION OF APPLICABILITY OF TWO DIFFERENT SOLARWALLS WITH USING SOLAR ENERGY IN ELAZIĞ'S CONDITION

İlker SUGÖZÜ

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

2005, Page:120

In this study, a new solarwall with supporting solar energy collector was designed and manufactured in order to heating buildings. Designed this new solarwall collector showed that a decreasing in heat load when using into buildings. A new port will be opened an application of having been known conventional water solar collectors. In addition this it is essentiall that this new solarwall system should be supported when considering having lower cost for country economy.

With application of solar energy heating systems it can be provide both lower energy consumption and clean environment and it contributes a new employment areas for producer.

In this aim, development studies have been conducted with using modular disable or enable heating techniques by supporting different materials in present or newly buildings. Moreover to be constructed buildings it has been considering a decreasing in energy consupction of our country with application of developed new solar energy heating systems in viewof architectonic design .

Keywords: Solar Energy, Solarwall, Solar House, Heating Systems

1. GİRİŞ

Günümüz dünyasında tüketilen enerjinin %80'ne yakını fosil kaynaklardan temin edilmektedir. Milyonlarca yıl boyunca, bitkilerin, dinazorların ve diğer hayvanların çürümesi ile fosil yakıtlar oluşmuştur. Bu fosil yakıtları yeryüzüne çıkarabilmenin yolu, ya delmek (sondaj) yada kazmaktır. Şu anda da yeraltında ısı ve basınçla bu yakıtlar oluşmaktadır. Ancak bu oluşumdan daha hızlı olarak da tüketilmektedir. Bu sebeple fosil yakıtlar kısa süreçte yenilenemeyen olarak düşünülürler, yani kullandığımızdan daha az bir bölümü yeniden oluşmaktadır. Özellikle de artan nüfus, şehirleşme ve endüstrileşme pek çok yıldır bu yakıtlarla karşılanan enerji gereksiniminin daha da fazlalaşmasına neden olmaktadır. Bu yakıtların tükenmesi ve fiyatlarının devamlı artmasının yanı sıra, yanmaları sonucu çevreye verdikleri zararlar ve insan sağlığı üzerindeki etkileri de büyüktür.

Fosil yakıtlar yüksek oranda C içerdiğinden çevrede zararlı birikimler yapıyorlar. Yanmaları sonucunda oluşan CO₂, CO, SO₂, NO_x gibi uçucu organik bileşikler, radyoaktif maddeler ve atıklar ortaya çıkmaktadır. Isınmada, sanayide ve termik santrallerde yakıt olarak kömür kullanıldığından, bilinen kirlilik etmenlerinin yanı sıra kül de açığa çıkar. Bu kül; Cd (kadmiyum), Hg (cıva), Pb (kurşun) ve As (arsenik) gibi ağır metaller içerdiğinden yüksek oranda kirlletici etkiye sahiptir. Büyük şehirlerdeki hava kirliliğinin sebebi de bu karbon kökenli yakıtların kullanılması sonucu atmosfere karışan bu gazlardan kaynaklanmaktadır.

İnsanlığın gelişimi ile beraber ihtiyaçlarda çeşitlenerek artmış ve bu durum beraberinde çeşitlenerek artan ihtiyaçların enerjiyle karşılanması mecburiyetini doğurmuştur. Enerji insanın varlığı ile beraber olan bir olgudur. İnsanoğlu dünyaya gelişinden itibaren enerjiden çeşitli şekillerde yararlanmıştır. Başlangıçta ilk enerji kaynağı olarak kendi gücünden istifade etmiş; daha sonraları hayvanlardan istifade etmiş ve ateşle birlikte ısınma sorununu halletmiştir. Isınmak, aydınlanmak, ulaşım ve bazı ev cihazlarından yararlanmak isteyenler için enerji bir son tüketim malı, genel olarak mal ve hizmet üretmek için üretim süreci boyunca kullanıldığında ise bir ara tüketimdir.

Günümüz dünyasında sosyal ve ekonomik hayatın vazgeçilmez unsurlarından olan enerjinin; insan ufkunun genişlemesine, teknolojilerin gelişmesine ve de dünyanın yapılanmasına olan katkıları inkar edilemez. Enerji bütün toplumlarda kalkınmayı hızlandırmış, daima gelişme sürecindeki hedeflerin kilidi konumunda olmuştur. Potansiyeli itibarıyla zengini olan ülkelerin refahı, fakiri olan ülkelerin ise problemi olmuştur.

Türkiye'de ve dünyada, sosyal ve ekonomik kalkınmanın en sağlıklı temel girdisi olan enerjiye gün geçtikçe daha fazla gereksinim duyulmaktadır. Ayrıca nüfusun giderek artması enerji ihtiyacının artmasına sebep olmaktadır. Ülkelerin kalkınmalarında enerjinin ve enerji

hammaddelerinin yeri çok önemlidir. Kişi başına tüketilen enerji miktarı toplumların gelişmişlik seviyelerini göstermektedir.

Ülkelerin, enerji kaynaklarından doğan sıkıntılar yaşadıklarını bilmekteyiz. 1973 yılında yaşanan petrol krizi; bu kaynağın ve mensup olduğu enerji ailesinin önemini gündeme getirmiştir. Krizin petrolde olduğu gibi diğer enerji kaynaklarında da yaşanabilirliği, dünyanın gelecekte daha nice enerji bunalımlarına maruz kalacağı endişesini doğurmaktadır.

Enerji insanoğlunun varoluşundan itibaren insan yaşamının vazgeçilmez bir unsuru olmuştur. Günümüzde bu önem daha da artmıştır. Enerjiye olan bağımlılığın giderek artmış olması, enerjiyi üzerinde tartışmaların yoğunlaştığı bir konu haline getirmiştir. Sorunun özü, enerji kaynaklarının yeryüzünde kısıtlı olarak bulunmasıdır. Kaynağın kıt ihtiyaçların ise sınırsız olması, ekonomik bir sorunu, “enerji sorununu” ortaya çıkarmıştır.

Bir ülkenin kalkınabilmesi için sanayileşmeye, sanayinin ise enerjiye ihtiyacı vardır. Bu nedenle sanayinin ihtiyacı olan enerjinin zamanında ve yeterli miktarda temini zorunludur.

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 kaynakları bakımından zengin olmak yeterli değildir. Bu kaynakların ekonomik ve etkin kullanılması ile enerji sorununa çözüm bulunabilecektir.

Atmosferde normal olarak bulunan sera gazları (CO_2 , NO_2 , CH_4 , ve CFC) ortam sıcaklığını ayarlayarak, güneşten gelen ışığı dengede tutar. Sera etkisi dünya üzerinde yaşamamızı olanaklı kılan doğal bir olaydır. H_2O ve CO_2 gibi sera gazları olmasaydı dünyanın ortalama sıcaklığı şimdikinden 33°C daha soğuk olurdu.

1999 yılında sera gazlarının oranının değişmesinden kaynaklanan zararlar hakkında görüşmek üzere Rio’da toplanan 167 ülke, endüstrileşmiş ülkelerin yaydıkları CO_2 miktarlarını 2000 yılında 1990 yılı seviyesinde sabitlemesi konusunda anlaşma imzaladılar. Fakat hala küresel CO_2 miktarı artmaya devam ediyor. Fosil yakıtların halen kullanılması, ormanların hızla yok oluyor olması bu artışı her geçen gün hızlandırıyor ve bu doğal dengeyi bozup küresel ısınma ve iklim değişikliklerine sebep oluyor. Bu yakıtların yanmasıyla, havanın içinde bulunan azot gazı yanıyor ve oluşan NO gazları ozon ile etkileşime girerek ozon miktarını azaltıyor. İnsanların yaptığı CFC’ler ozon tabakasına zarar veriyor ve böylece UV-B ışınları artıyor. Denizdeki besin zincirinin en altındaki mikroorganizmaların (planktonlar) yoğunluğu azalıyor, ormanlar yok olduğu için oksijen miktarı azalıyor ve yoğun sera gazı katılımıyla karbon çevrimi sekteye uğruyor, bu nedenle ozon tabakasındaki delik ve sera etkisi her geçen gün artıyor [1].

Güç santrallerinden ve taşıtlardan yayılan SO asit yağmurlarına yol açıyor, bitkilerin büyümesini etkiliyor ve ekosisteme zarar veriyor [1].

Termik santrallerde zararlı madde yayılımını biraz olsun azaltmak için arıtma tesisleri oluşturulmuştur. Fakat ülkemizde bu arıtma tesisleri henüz uygulanmamaktadır [1].

Science et'Ve'nin verilerine göre, yeni doğmuş bebeklerin kordonundaki CO düzeyi son iki yılda maksimum düzeye ulaştı. Böylece kandaki hemoglobinde oksijen yerine CO bağlanıyor ve karboksi hemoglobin oluşuyor. Kanın temizlenmesine engel olan bu bileşik birçok sağlık problemine neden oluyor [1].

Ayrıca enerji üretimi ve taşımacılık sektöründe kullanılan fosil yakıtların yarattığı kirlilik, azalan ormanlar ve insanların sebep olduğu sera gazlarının artışı son 1800 yılda 0.6°C arttı [1].

Fosil kaynaklar içerisinde en çok kullanılanı petroldür. Dünyadaki petrol rezervlerinin sınırlı olması ve petrolün kullanma hızının, petrolün oluşum hızından katlarca fazla olması da bugün elimizdeki petrol yataklarının yapılan tahminlere göre yakın gelecekte tükeneceğini gösteriyor. Fosil yakıtların zararlarını biliyor olmamıza rağmen, bu kaynaklardan enerji üretmeye devam ediyor olsak bile bu kaynaklar tükenecek ve endüstrisi bu kaynağa dayalı sektörler bir enerji krizi ile karşı karşıya kalacaktır.

Milyonlarca yılda oluşan fosil yakıtların sentetik olarak üretililebilmeleri, doğadaki oluşumunun hızlandırılması olanaksızdır. Buna karşılık, enerji tüketimi, dünyadaki nüfus artışına karşı sınır tanımaz bir şekilde artmaktadır. Tüketimdeki artış hızı ve teknolojik gelişmeler insanın rahata ve kolayca kaçma eğilimini de arttırdığından, petrol rezervlerinin tükenme süresi de hızlanıyor.

Enerji açığımızı kapatmak için yeni enerji tasarrufu mevzuatlarının hazırlanmasının yanı sıra fosil yakıtlara dayanmayan yani zararı ve tükenirliği az olan, yenilenebilen kaynakları bir an önce sisteme koymamız gerekiyor.

Isıl (termal), su gücü (hidroelektrik), yer içi ısı (jeotermal), çekirdek (nükleer), güneş ve rüzgar gibi kaynaklardan yararlanarak yeni enerji politikaları geliştirmemiz gerekiyor.

Enerji ihtiyacının arttığı günümüzde tükenebilir (fosil) kaynaklar yerine yeni ve yenilenebilir alternatif kaynak arayışı sürmektedir. Bu kaynaklardan yararlanma yolları araştırılmaktadır.

Türkiye'de son yıllarda gerek nüfus artışı gerekse sanayileşme ve kalkınma yolundaki hamleler enerjiye olan talebi gittikçe artırmıştır. Ancak enerji kaynakları bakımından zengin olmayan Türkiye'de, gerek yetersiz enerji kaynakları rezervi, gerekse mevcut kaynakların yeterince değerlendirilmemesi ve de enerjinin ekonomik olarak kullanılmaması sık sık enerji sorununu gündeme getirmektedir.

Türkiye linyit rezervleri bakımından zengin bir ülke olmasına rağmen mevcut linyitleri düşük kalitededir. Üretim bölgelerinde yıkama tesislerinin (lavvar) bulunmaması nedeniyle kalorilerinin düşük olması bu linyitlerin sanayide kullanılmamasına neden olmaktadır.

Hidrolik potansiyel bakımından; dünya hidrolik potansiyelinin %1'ne sahip olan Türkiye kurulu güç bakımından onaltıncı sırada yer almaktadır. Fakat mevcut santrallerin kapasitesinin altında çalıştırılması bu kaynağın da etkin bir şekilde kullanımını engellemektedir.

Dünya hidrolik enerji potansiyelinin sadece %3'ünden faydalanmaktadır [2]. Bunun sebebi ise, hidrolik santrallerin ilk tesis masraflarının fazla olması ve yapım için uzun süre geçmesidir. Nükleer enerjinin üretilen toplam enerjiye katkısı son yıllarda artmaya başlamıştır. Birim enerji maliyeti düşüktür. Ancak yakıtın temin edilebilme ve nükleer radyasyon problemleri vardır. Ayrıca hidrolik enerji potansiyeli her eyerde bulunmaz.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi, ülkelerdeki potansiyellere göre değişir. Gel-git enerjisinden, gel-git olayının sık rastlandığı Fransa, ABD, Kanada ve Avustralya gibi ülkelerde yararlanılırken, jeotermal enerjiden ise; İzlanda, Yeni Zelanda, ABD, Japonya ve Rusya yararlanmaktadır [3].

Türkiye'de rüzgar enerjisi bakımından fakir sayılmasına rağmen dünya rüzgar enerjisi kuşağının dışında kalmaktadır. Dalga enerjisinden çok az ülkelerde faydalanılmaktadır. Biyogaz enerjisi ise küçük çaptaki enerji ihtiyaçlarını karşılayabilmektedir. Gerek dalga enerjisi, gerekse biyogaz enerjisi için uygun bölgeler sınırlıdır. Kuşkusuz yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde en güncel olanı ve en çok uygulamam alanı bulunan güneş enerjisidir [3].

Türkiye coğrafi konumu itibarıyla güneş kuşağı içerisinde yer almakta olup, güneş enerjisinden yararlanma potansiyeli, Doğu Karadeniz Bölgesi dışında tüm bölgelerimiz için önemle ele alınması gereken bir büyüklüktedir. Güneş enerjisinden su ısıtma, konut ısıtma, pişirme, kurutma, soğutma gibi ısı amaçlarıyla yararlanılabileceği gibi, güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştürmek de olanaklıdır. Türkiye sahip olduğu yüksek güneş enerjisi potansiyelini, beyin gücü ve teknoloji geliştirmeye gereken önemi vererek değerlendirmeli ve yalnızca gelişmiş ülkelerin bir pazarı olmamalıdır. Bunun içinde güneş enerjisi uygulamalarının yaygınlaşıp gelişmesini sağlayacak kurumsal alt yapı oluşturulmalı ve gerekli yasal düzenlemeler yapılmalıdır. Uygulamaya yönelik verimli ve maliyet etkin çözümler geliştirilmesi için, araştırmalara kaynak ayrılmalı, ilgili firma ve kullanıcılar teşviklerle desteklenmelidir.

Enerji yatırımlarının çok büyük miktarda sermayeye ihtiyaç göstermesi, uzun dönemde kara geçmesi gibi nedenler özel sektörün bu alandaki yatırımlarını azaltmaktadır. Ayrıca son yıllarda özelleştirme uygulamaları ve kamu sektörü toplam yatırımlarındaki daralmaya paralel olarak, devletin bu alanda da yaptığı yatırımlar yetersiz kalmıştır.

Türkiye’de enerji sorunu doğru teşhis edilmiş fakat uygulamada bir takım eksikliklerin aksaklıkların olması, sektörde yapısal sorunları devam ettirmiştir. Bu nedenle enerji politikalarımız tekrar gözden geçirilerek ekonomik ve siyasi gelişmelere, değişen dünya konjonktürüne, çevre anlaşmalarına ve enerji fiyatlarına adapte olacak şekilde yeniden oluşturulmalıdır.

Elde ettiğimiz yaşam standartlarından vazgeçemiyorsak, teknolojik gelişim sürecine engel olunamayacağını biliyorsak yeni ve alternatif enerji kaynaklarının enerji açığımızı kapatmada önemli rol oynayacağını anlayabiliriz.

Enerji açığımızı kapatma süreci içinde; bizim için en verimli, en mantıklı ve geleceğe dönük çözümü bulma konusunda geç kalamayız. Geleceğimiz için en yararlı ve mantıklı çözümleri rasyonel temellere dayanmayan duygusal tepkilerle geri çeviremeyiz.

Bu sorunların aşılması yeni enerji kaynaklarının araştırılması ve mümkün olan sektörde kullanımını gündeme getirmektedir. Bu amaçla güneş, rüzgar, jeotermal, biyokütle gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının değişik sektörlerde uygulanabilmesi için araştırmalar sürdürülmelidir.

Ancak, yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları olarak isimlendirilen bu alternatif kaynaklardan yararlanılması, hidrolik enerji dışında, teknolojik gelişmelerinin yeniliği ve geleneksel kaynaklarla ekonomik açıdan rekabet edebilme güçlükleri nedeniyle, bugüne kadar arzulanan düzeye ulaşamamıştır. Bununla birlikte, jeotermal, pasif güneş, rüzgar ve modern biyokütle enerjisi teknolojileri, bugün dünya enerji pazarlarında yer almaya başlamıştır. Enerji bitkileri, foto-voltaik ve denizde rüzgar enerjisi teknolojilerindeki Ar-Ge çalışmaları devam etmektedir. Yeraltında ısı enerji depolanması, özellikle gelişmiş ülkelerde hızlı bir yaygınlaşma sürecine girerken, hidrojen enerjisi teknolojisinde yoğun araştırmaların sürdürüldüğü gözlenmektedir.

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.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMALARI

İnsanoğlunun güneş enerjisinden teknolojik olarak yararlanması, yani güneş enerjisinin kendi geliştirdiği yollarla başka enerjilere dönüştürmesi, hayli eskilere dayanır. Fakat güneş ışıınımı asırlardan beri yeryüzüne geldiği halde bilinçli faydalanmaya başlanması oldukça yenidir.

Güneş enerjisinden yararlanma ilk defa Archimedes'in (M.Ö. 214) odakları yüzlerce metre mesafede olan iç bükey aynalar ile Romalı komutan Marcellus'un Sirokuzayı iki yıl kuşatma altında tutan gemilerini yakması olmuştur. Socrates (M.Ö.400) konutların ısı dengesi hakkında öneri sunan ilk filozoftur. Xenophon's Memorable adlı eserden alınan ana prensip şöyledir; "Binaların güney duvarlarının, kış güneşi alacak şekilde daha yüksek, kuzey duvarlarının da soğuk rüzgarlara maruz kalmaması için daha alçak yapılması gerkerir" [2].

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 [2].

Fransız bilim adamı Mouchot 1860'da parabolik aynalar yardımıyla güneş ışıınımını odaklamış ve küçük bir buhar makinesi yapmıştır. Ayrıca güneş ışıınları ve güneş ocakları üzerinde deneyler yapmıştır. 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 [2].

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 [4].

Eğrican ve Onbaşıoğlu çalışmalarında, homojen yapıdaki bir duvarın ısı depolama kapasitesini incelemişlerdir. Duvar yüzeyine gelen güneş ışıınımının 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 [5].

Asan ve Sancaktar çalışmalarında, yapı elemanlarında faz kayması ve sönüm oranı üzerine termofiziksel özelliklerin ve kalınlığın etkilerini araştırmışlardır. İncelenen duvar, bir boyutlu ve zamana bağlı ısı iletim denklemini taşınım sınır koşulları etkisinde

çözümlemişlerdir. Farklı malzemeler için elde edilen sonuçlar yorumlanmıştır [6].

Givoni, bilinen güneş enerjili ısıma 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 [7].

Athanassouli, deneysel olarak gerçekleştirdiği çalışmasında, dış yüzeyi güneş ışımasını etkisindeki bir duvarda zamana bağlı ısı geçişini incelemiştir. Araştırmacı duvarı oluşturan malzeme özelliklerinin fonksiyonu olarak zamana bağlı ısı geçiş sürecinde sistemi tanımlayan analitik ifadeleri türetmiştir [8].

Asan, 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 belirtmiştir [9].

Hottel ve Woertz, düz plakalı hava ısıtmalı güneş kolektörlerinin performansı ile ilgili ayrıntılı ilk çalışmaları yapmıştır. Bu çalışmalar, deneysel olarak güneş enerjisi ile ısıtılmış konutlarda denenmiştir [10].

Yeh ve Ting, hava ısıtmalı güneş kolektörlerine kanatlar ilave ederek, kolektör verimini arttırmayı hedeflemişlerdir. Kanat sayısının artışıyla kolektör veriminin %12 oranında arttığı sonucuna varmışlardır [11].

Yeh ve Ting, çalışmalarında, yutucu plaka ile cam kapak 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 [12].

Yeh ve Lin, düz plakalı hava ısıtmalı güneş kolektörlerinin kolektör verimleri üzerinde birbirlerine paralel olan engellerin etkisini deneysel ve teorik olarak incelemişlerdir. Engelleri üniform 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 [13].

Yeh ve Lin, 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 göstermişlerdir [14].

Tabor, 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 [15].

Parker ve arkadaşları, 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 [16].

Binark ve Deliçay; 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 varılmıştır [17].

Ertekin ve Bilgili, 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 [18].

Mohammed, kollektörün üst yüzeyinden olan ısı kaybını azaltmak ve yutucu plakadan sağlanan ısı kazancını maksimum yapmak için, ters-akışlı ısı değiştiricisi şeklinde, ilave bir örtünün kullanıldığı bir kollektör imal ederek, bunun ısı analizini yapmıştır. Ters-akışlı hava kanalına sahip kollektörün veriminin, çift saydam örtülü ve hava akışı siyah yüzeyin yukarısında olan kollektöre göre %18 ve bir saydam örtülü kolektöre göre %25 daha yüksek olduğu belirlenmiştir [19].

Garg ve Datta, kanatlı tip bir hava ısıtmalı güneş kolektörünü deneysel olarak ve teorik olarak incelemişlerdir. Üstteki plakanın sıcaklığı alttaki plakanın sıcaklığından yüksek olacağından, üstteki plakaya eklenen kanatlarla daha yüksek verim sağlandığı görülmüştür. Sıcaklığın, üstte ve alttaki plakaların her ikisine kanatlar eklendiğinde en yüksek ve yalnız alttaki plakaya ilave edildiğinde ise en düşük olduğu sonucuna varılmıştır [20].

Altıntop ve arkadaşları, alt kısımdaki bakır levha üzerine siyah mat boyalı emici yüzey ve üzerine değmeyecek şekilde çapraz biçimde iki katlı yerleştirilmiş, yatayla 60°'lik açıya sahip V- biçiminde bükülerek oluşturulan siyah mat boyalı sinek telinden ikinci bir emici yüzey bulunan matris tip havalı güneş kollektörünü analitik olarak incelemişlerdir [21].

Tiris ve Ture, güneş kollektör verimi ve malzeme maliyeti üzerinde değişik kanat

biçimlerinin etkilerini araştırmışlardır. Alüminyum düz plakalı bir güneş kolektöründe kullanılan kanatların ısı transfer analizini yapmışlardır. Isı akılarını kanatların tek yüzü için düşünmüşlerdir. Kanat ve kolektör verimleri, kanat tipi ısı kaybı parametresi ve kanat uzunluğunu hesaplayarak ekonomik bir hesap metodunu vermişlerdir [22].

Yildiz ve diğ., konveksiyon etkisi artırılmış güneş kolektörünün termal verimini araştırmışlardır. Bu kolektör de iki toplayıcı kullanılmıştır. Birinci toplayıcı, en altta siyaha boyanmış oluklu saç yerleştirilmiştir. İkinci toplayıcı ise kolektöre köşegenleri boyunca yerleştirilmiş olan siyaha boyanmış, aralıklı olarak delinmiş olan bakır levhadan oluşturulmuştur. Hava bu iki toplayıcı arasında geçerek ısınmaktadır. Böylelikle yüksek sıcaklıklar ve yüksek verim elde edilmiştir [23].

Acar ve arkadaşları, serpantin akış formu uygulanmış bir absorbe üzerinde ısı analiz yapmışlar. Ele alınan tipik bir absorbe panel kesiti için, boyutsuz ısı iletimi bağıntıları türetilmiş ve değişik akış-kanallı geometrilere uygun şekil faktörleri vermişler. İncelenen tipik panel için etkinlik- NTU bağıntıları yardımıyla analitik bir çözüm elde etmişler. Bu bağıntılar, çok sayıda paralel veya serpantin akışlı absorberler için, absorblayıcı düzlemin bütün yüzeyinde Etkinlik-NTU ifadesinin geçerli olduğunu göstermişlerdir. Paralel akışlı absorbe ile serpantin akışlı absorbenin performanslarının doğrudan doğruya karşılaştırılmasına olanak veren bir serpantin bağıl performans faktörü tanımlamışlar. Aynı birim geçiş sayısı için paralel absorbeye göre, serpantin akışlı absorbenin ısı performansına daha üstün olduğunu göstermişlerdir [24].

Derbentli ve arkadaşları, Türkiye’de yaygın olarak kullanılan türden bir güneş toplayıcısının, İstanbul iklim koşullarında toplayabildiği enerjiyi hesaplamışlar. Hesaplarda Liu ve Jordan’ın öne sürdüğü yöntemleri izlemiş, sonuçları Kasım-Nisan ayları için şekillerle vermişlerdir. Bu hesaplardan yararlanarak, güneş toplayıcılı basit bir ısıtma sisteminin simülasyonunu yapmışlar, Kasım ve Ocak aylarında ısıtma yükünün hangi oranda güneş enerjisi ile sağlanabileceğini hesaplamışlar. Daha sonra bu hesaplardan yararlanarak bir ısıtma sisteminin simülasyonunu yapmışlar, ısıtma yükünün Kasım ayında ortalama % 70’inin, Ocak ayında ortalama % 20’sinin bu tür bir sistemle güneş enerjisinden sağlanabileceğini bulmuşlardır [25].

Özbalta ve Güngör, güneş enerjisi toplayıcılarında kullanılan çalışma akışkanları ve özellikleri hakkında bilgiler vermişler. Güneş enerjisi toplayıcılarında kullanılacak çalışma akışkanlarının seçiminde, iklim özellikleri, malzeme özellikleri, kullanım biçimi, yeri, temin edebilme vb. durumların göz önünde bulundurulması gerektiğini ve her şeyden önce kurulan sistemde seçilen çalışma akışkanı ne olursa olsun, istemin çok iyi tanınması, her bileşenin kullanılan akışkan özelliklerine uygun tasarımı ve kullanıcıya işletme özellikleriyle ilgili bütün bilgilerin aktarılması gerektiğini belirtmişlerdir [26].

Prapas ve arkadaşları, tabii sirkülasyonlu endirekt ısıtılmalı bir sistem ve birbirine seri bağlanmış aynı özelliklere sahip iki tane endirekt ısıtılmalı sistemle bazı deneyler yapmışlar. Bu deneyler sonucunda yalnız çalışan endirekt ısıtılmalı devrenin verimini de %45,5 olarak bulmuşlardır [27].

O'Brien-Bernini ve McGowan, metalik olmayan güneş kolektörlerinin karakteristiğini incelemek için bir analitik model geliştirmişler ve metalik olmayan kolektörlerin çevre yayılma alanı sıcaklığı düşük kullanıldığında metalik kolektör tipleri ile rekabet edebileceğini bulmuşlardır [28].

Madson ve Goss, metalik olmayan toplayıcı yüzeyler ile aralarında ilişki kurulan zorluk problemleri, iyi şekil tasarımı ve uygun malzeme tayinleri arasında çözümsel ilişki kurulabileceğini ileri sürmüşlerdir [29].

Wilhelm, güneş kolektörlerinde düşük maliyet ama yüksek sıcaklık için farklı malzemeler incelemiştir. Klorlanmış polivinil klorür, polisülfan, floroplastikler ve silikon malzemeleri incelemiştir. Aynı zamanda kış güneş şartları için hesaplanan bir eğim açısı ile kolektör kurarak durgunluk etkilerini azaltmayı niyet etmiştir [30].

Russel ve Guven, yüksek durgunluk sıcaklığının en çok plastikler için önemli problemler arz ettiğini bulmuşlardır. Ancak böyle bir problem toplayıcı yüzey ve örtü arasındaki geçişi dışarıya salıvererek azaltılabileceğini belirtmişlerdir [31].

Olesen, dinamik şartlar altında yerden ısıtma sistemleriyle duvardan paralel ısıtma sisteminin performanslarını yaptığı deneysel bir çalışma ile karşılaştırmıştır. Sonuçta, hem duvardan panel ısıtma sistemleri hem de yerden ısıtma sistemlerinin konforlu bir ısı çevre yarattığını ve sistemlerin yine benzer enerji tüketim seviyesi gösterdiklerini belirlemiştir [32].

Watson ve Chapman, ısı konfor dağılımını ve ısıtma yada konveksiyonla ısıtılan yada soğutulan bir odadaki hava sıcaklığını tahmin eden bir tasarlama programı geliştirmişlerdir [33].

Udagawa, bir odanın ısı çevresinin ve ısıtma ile soğutma sistemlerinin enerji verimliliğinin hesaplanması için detaylı ve genelleştirilmiş bir simülasyon algoritması tanıtmıştır. Simülasyon algoritması için elde edilen ısı denklemlerini kullanarak, oda sıcaklığı ve ortalama yüzey sıcaklığı arasındaki bağıntıyı irdelemiş ve ısıtma ile soğutma yada ısıtma sistemleri olan odalar için, oda sıcaklığının ortalama oda yüzey sıcaklığıyla hemen hemen eşit olduğunu teorik olarak göstermiştir [34].

Khudhair ve Farid, derleme makalelerinde, bina duvar, tavan ve döşemelerinde güneş enerjisini ve ısıtma enerjisini faz değiştiren maddelerle depolamak ve böylece enerji tasarrufu ve daha iyi ısı konfor sağlamak amacıyla yapılan teorik ve deneysel çalışmaları özetlemiş ve bulunan sonuçları irdelemişlerdir [35].

Peippo ve arkadaşları, FDM'li duvarlarda güneş enerjisinden en iyi şekilde yararlanmak

üzere bir çalışma yapmışlardır. Odanın duvarlarına düzenli olarak FDM'yi yerleştirdikten sonra pencereden güneş ışınlarının içeri girmesiyle ısının FDM'de depolandığını ve daha sonra bu ısının odaya salınması ile ısı konforunun arttığını belirtmişlerdir [36].

Scalet ve arkadaşları, duvarda gizli ısı depolama üzerine çalışmışlardır. Isıtma ve soğutma modellerinin her ikisinin de FDM'nin odadaki hava kalitesini arttırdığını belirtmişlerdir [37].

Paris ve arkadaşları, derleme makalelerinde, binalarda enerji dönüşümlerinin etkin bir yöntemi olan gizli ısı şeklinde ısı depolama üzerine yapılmış çalışmalardan bahsetmişlerdir. Çalışmalarında bu konudaki uygulamaya yönelik gelişmelerin, teknik olarak kullanılabilir depolama maddelerinin eksikliği yüzünden yetersiz kaldığını ve gizli ısı depolamanın özellikle elektrik enerjisinin talebin ve fiyatının düşük olduğu zamanlarda depolanmasında ve tüketiminin dolayısıyla fiyatının yüksek olduğu sürelerde sarf edilmesinde çok kullanışlı olduğunu belirtmişlerdir [38].

Badran ve Hamdan, aynı yerel şartlar altında ısı kaynağı olarak güneş kolektörleri ve güneş havuzları kullanan ısıtma için teorik ve deneysel bir çalışma yapmışlar. Sonuçta, güneş kolektörlü sistemin güneş havuzlu sisteme göre %7 daha verimli olduğunu ve daha az bakım gerektirdiğini bulmuşlardır [39].

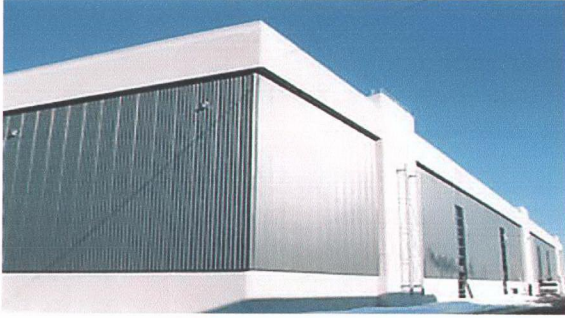
1920 ve 1930'lu yıllarda güneş enerjili sıcak sulu sistemlerin bir uygulaması yapıldı. Benzer uygulamalar Amerika'da yapılan güneş enerjisiyle ısıtılan binalarda kullanıldı.

Amerika'da, Colorado eyaletindeki Federal Express dağıtım merkezi (Şekil 2.1.), bu sistem sayesinde ısıtma sistemi işletim maliyetlerinde, yılda 7000\$ kar etmiştir. Ayrıca, ısıtma amacıyla kullanılan yakıttan dolayı, her yıl atmosfere salınan, ortalama 115 ton CO₂ yayımı ortadan kalkmıştır [40].

Güneş enerjisiyle suyun ısıtılması ve bununla bir evin ısıtılmasında kullanılması 1938'de Massachusetts Enstitüsünde inşa edilen bir evde gerçekleştirilmiştir [40].



Şekil 2.1. Güneşle Isıtmalı (Solarwall) Federal Express Binası [39]



Şekil 2.2. Solarwall ile Isıtılan Kanada Bombardier Hava Üssü [39]

Yeh, tarafından hava ısıtmalı güneş enerjisi sistemleri için akış şartlarında türbülans yaratmak ve daha fazla ısı aktarım alanı oluşturmak için kanal içine çeşitli kanatlar ve şaşırtma perdelerinin konulması gereği savunulmuştur. Bu tür eklemelerin olduğu durumlar için teorik yaklaşımlara gidilerek yeni verim ifadeleri geliştirilmiş ve sonuçta toplayıcı verimliliğinin, havanın kütesel akış hızının ve güneş ısınımının artması ile ve de ısı kayıplarının azalması ile arttığı, aynı zamanda yine toplayıcı verimliliğinin şaşırtma perdelerinin sayısının artması ile artış gösterdiği gözlenmiştir [41].

Das ve Chakraverty çalışmalarında, toplayıcı üzerine kullanılan üç ayrı tip örtü malzemesi kullanarak bunların karşılaştırmasını yapmışlardır. Bunlar DG ile gösterilen çift camlı örtü, SG ile gösterilen tek katlı cam örtü ve PMMA ile gösterilen polimetilmetakrilat malzemesidir. Bu malzemelerin soğurganlık ve geçirgenlik katsayıları ile kullanışlığı ve özellikle PMMA'nın uzun süre dış hava şartlarına dayanabilirliği karşılaştırılmış ve araştırılmıştır. Buna göre, PMMA diğerlerine göre soğurganlığı en düşük ve geçirgenliği en yüksek, dolayısıyla bu açıdan en uygun malzeme olarak görülmektedir. Plaka sıcaklıklarına göre karşılaştırma yapıldığında, DG'nin en yüksek sonra SG'nin ve en son sırada ise PMMA'nın geldiği görülmüştür [42].

Das ve Chakraverty, çalışmalarında, günde 500 kg tahıl kurutmak amacı ile 20 m^2 'lik birleştirilmiş plaka yüzey alanına sahip bir güneş enerjili hava ısıtıcısı tasarlayıp, teorik yaklaşımlar sunmuştur. Çalışmanın sonunda toplayıcıdan çıkan hava sıcaklık artışı ve verimlilik değişimleri elde edilerek hava akış hızının ve toplayıcı yüzey alanının etkileri incelenmiştir. Ayrıca çalışmada deneysel ve teorik sonuçların karşılaştırılması da verilmiştir [43].

Das ve Chakraverty, bu çalışmalarında, havanın ısı iletkenliğinin suya göre düşük olması nedeni ile sonuçların sıvılı sistemler kadar verimli olabilmesi için daha fazla soğurgan yüzey kullanılması gerektiğini belirtmekte, bunun için de her biri 2 m^2 yüzey alanına sahip

(2x5) dizilişinde toplam 10 tane toplayıcı kullanılması gerektiğini önermektedir [44].

Giorgi ve diğ. tarafından yapılan araştırmada hava ısıtılmalı güneş enerjisi sistemlerinin uygulaması olarak bir yerin ısıtılması üzerine çalışılmıştır. Verimin daha da artırılması için tasarımı yapılan güneş enerjisi sistemine ek olarak elde edilen ısıyı depolayacak sistemin tasarımı da yapılmıştır. Tasarımın temellerini, ısıtılacak yerin yapı tasarımını yapan mimarlar, enerjiyi kullanan termodinamikçiler ve güneşten faydalanan güneş enerjisi araştırmacıları oluşturmuştur [45].

Parker ve diğ. tarafından yapılan çalışmada, V şeklinde oluklu toplayıcı plakadan oluşan güneş enerjili hava ısıtıcısının ısısal çalışma verimliliği test sonuçları ile ısısal analizleri sunulmaktadır. Bu amaçla üç ayrı tip için altı ayrı toplayıcı kullanılmıştır. Bu üç tip şunlardır;

- Toplayıcı üstünden akış,
- Toplayıcının hem üstünden hem de altından akış,
- Toplayıcının altından akış

Test sırasında çevre verileri ile sıcaklıklar kullanılarak önceden hesaplanan toplayıcı çalışma verimleri ile ölçümlerle bulunan toplayıcı çalışma verimlerinin tutarlı olduğu görülmüştür [46].

Selçuk tarafından yapılan kaynak taramasında, güneş enerjili hava ısıtıcılarının uygulamalarına yönelik örnekler verilmektedir. Selçuk'a göre, sıcak havayı direkt güneş enerjisi toplayıcısında elde etmekte, diğer aracı akışkanların ortadan kalkması, dolayısı ile termodinamik dönüşümlerden gelebilecek enerji kayıplarının azalması, sistem verimlerini daha da arttıracaktır ve sıcak hava eldesin de en mantıklı yöntem bu olmalıdır. Güneş enerjili hava ısıtıcılarından elde edilen sıcak havanın, uygun şartlar sağlandığında ve kontrollü bir şekilde kullanıldığında kurutma işlemlerinde yüksek verimlilikle çalışılabileceği belirtilmiştir. Ayrıca toplayıcıda kullanılacak soğurganlar için çeşitli yüzeyler önerilmiştir. Çok küçük gözenekli tel kafesten yapılmış toplayıcı yüzeyler, bal peteği modelinde yüzeyler, çeşitli gözenekli yapıya sahip malzemeler ve hatta siyah ağaçtan yapılmış yüzeyler sayılabilir. Ayrıca toplayıcıya basamak biçiminde yerleştirilen ve üzerleri siyaha boyanmış eş uzunluklu cam parçalardan oluşmuş soğurgan yüzeyler bile önerilmiştir [47].

Audi, çalışmasında, kurduğu güneş enerjili hava ile ısıtma sisteminde Ürdün'de bulunan yerel kayaları ısı depolama ünitesi olarak kullanmıştır. Bu kayaların iyi bir depolama malzemesi olabileceğini göstermiştir [48].

Stahl ve diğ. çalışmalarında, Freiburg'da yaptıkları güneş evi ile bir evin kendi kendine yetebileceğini göstermişlerdir. Bu evde sadece ısıtma değil aynı zamanda havalandırma, pişirme ve elektrik enerjisi elde edilmesinde enerji kaynağı olarak güneş kullanılmıştır [49].

Halen İspanya'da 1983'te yapılan, 330m² alanda faaliyet gösteren Los Molinos projesi,

İtalya'da 45. enlemde 40 dairesel bir toplu konut örneği olan Orbassano projesi, Fransa'da 48. paralelde 19 blok, 593 konutun enerji, ihtiyacını gideren Lievre D'or projesi, Hollanda'da 52. paralelde, 1985-1987 yıllarında yapılmış ve 275 dubleks ev için tasarlanan Overbos 8 projesi, İrlanda da 52.3 paralelde, 22 tane güneş evini içeren Clombel projesi, dünya üzerinde güneş enerjisinden faydalanarak konutların ısıtma ve sıcak su ihtiyacını temin eden projelere somut birer örnek olarak gösterilebilir [50].

Türkiye'de güneş enerjisi ile ilgili çalışmalar, 1973 yılından sonra başlamış ve gitgide hızlanmıştır. 1975 yılından itibaren güneş enerjisi ile sıcak su temin eden sistemler yaygınlaşmıştır. Güney ve Batı sahillerinde çok sayıda güneş enerjili sıcak su sistemi mevcuttur. Ancak son zamanlarda hava ısıtmalı güneş kolektörleri bir çok ülkede konut ve ticari binaların ısıtılmasında ve çeşitli ürünlerin kurutma işlemlerinde kullanılmaya başlanmıştır [17].

Kayseri Erciyes Üniversitesinde 8,5 m yüksekliğinde 1500 m²'lik spor salonu 320 m²'lik havalı kolektör ile yeterli seviye ısıtılmaktadır. Yine Erciyes Üniversitesinde 1996 yılında işletmeye alınan ve halen çalışmakta olan iki katlı, havalı güneş kolektörleri ile ısıtılan ve laboratuvar olarak kullanılan bir güneş evi daha vardır. 1996-1997 kış sezonunda yapılan performans ölçümlerinde binanın %84,5 oranında güneş enerjisinden ısındığı belirlenmiştir. Yine bu bina içerisinde aynı zamanda 30 m²'lik bir birim sulu güneş kolektörleri kullanılarak döşemeden ısıtılmaktadır [51].

3.ENERJİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER

3.1. Enerjinin Tanımı

Enerji Yunanca kökenli bir sözcük olup ‘en’ iç, ‘ergon’ iş kelimelerinden oluşmuştur. Dolayısıyla enerji, içeride oluşan bir ‘iç iş’ tir. Sözcük daha sonraları sosyal bir nitelik kazanmış, iş üretme becerisi, dinamizm, kuvvet, kudret, etkinlikle eş anlamda kullanılmaya başlanmıştır [52]. Bir başka tanımlamaya göre ise enerji; madde ve maddeler sisteminin iş yapabilme yeteneğidir. Enerji hareket sağlayan güç anlamındadır. Geçmişten günümüze bütün üretim faaliyetlerinde belli bir enerji kaynağının kullanılması zorunluluğu vardır. Bu enerji insan emeği olabileceği gibi, başka kaynaklarda olabilir [53].

Asırlar boyunca insan emeği en fazla önem taşıyan güç kaynağı olmuştur. Günümüzde mal üretiminde insan gücünden ziyade diğer enerji türlerinin önem kazandığı, insan gücünün fikir ve hizmet üretiminde daha çok kullanıldığı, önem arz ettiği bir gerçektir [54].

3.2. Enerjinin Önemi

Enerji insan yaşamının vazgeçilmezi olup, geçmişte olduğu gibi günümüzde de dünya ve Türkiye gündeminde tartışılan konuların başında gelmektedir.

Gelişen sanayiinin ihtiyacı olan makinelerin gerek yapımında gerekse kullanımında insan gücünün üstünde bir enerjiye ihtiyaç vardır [55]. Modern sanayi faaliyetleri çok miktarda hammadde ve enerji tüketmektedir. Enerjinin olmadığı bir üretim faaliyeti düşünmek mümkün değildir. Enerji sadece sanayi sektöründe değil, tarım, ulaştırma ve konut olmak üzere diğer sektörlerde de vazgeçilmez bir kaynaktır [56]. Bir milletin varlığını devam ettirmesi, güçlenmesi, gelişmesi ve kalkınabilmesi için sanayie, sanayiinin ise enerjiye ihtiyacı vardır.

Her canlının normal yaşamını devam ettirebilmesi için, yeterli bir iç enerjiye ihtiyacı vardır. Ülkelerde böyledir. Enerjisi az olan ülkelerin dinamizmi ve gücü yoktur.

Kendi ihtiyaç duydukları enerjilerini temin edemeyen ülkeler, enerjiyi ithal etmek zorundadır. Bu durum serumla bağlanmış hasta gibidir. Artık onun yaşamı, kendi kontrolünde değil dış faktörlere bağlanmıştır [57].

1973-1974 yıllarındaki petrol krizine kadar ülkeler enerjinin, bir ulusun kalkınması için gerekli bir faktör olduğunu göz ardı etmişlerdir. Ne var ki petrol kriziyle petrol fiyatlarının ani artışı, enerji kaynaklarının tükenebileceği ve ucuz bir kaynak olmadığının anlaşılmasını sağlamıştır. Böylece enerjiye verilen önem daha da artmıştır [58].

Artan üretimle birlikte girdi olarak kullanılan enerji, refah seviyesinin yükselmesine paralel olarak daha fazla tüketilmektedir. Sanayileşmiş ve kalkınmış ülkelere enerji tüketimi, kalkınmakta olan ülkelere göre daha yüksektir. Diğer ülkelere olduğu gibi Türkiye’de enerji,

ekonominin bütün sektörleri tarafından talep edilmekte; enerji tüketimi ise ekonomik gelişmeye paralel olarak yıldan yıla artış göstermektedir. Avrupa Topluluğu'na tam üyelik sürecinde bulunduğumuz bu dönemde, üyeliğimiz ister kabul edilsin, isterse edilmesin, Türk sanayinin topluluk üyesi diğer ülke sanayileri ile rekabete girebilmesi için girdi maliyetlerinin düşürülmesi, alınacak tedbirlerden birisi olmalıdır. Ürün maliyetlerini önemli ölçüde belirleyen unsurlardan birisi de enerji girdi maliyetidir. Türkiye ekonomisinin dış rekabet şartlarına hazırlanabilmesi için yurt içi enerji kaynaklarının geliştirilmesi ve çeşitlendirilmesi ile birlikte enerji tüketiminde tasarruf ve verimlilik ilkelerine uyulması gerekmektedir [59].

Sanayileşme ve toplumsal kalkınmanın insan yaşamının vazgeçilmez bir parçası haline gelmesi enerjinin önemini açıkça ortaya koymaktadır. Enerjinin, sanayileşmenin temel faktörlerinden birisi olması, ihtiyaç duyulan enerjinin zamanında, bol ve yeterli miktarda teminini gerekli kılmaktadır.

Günümüzde ülkelerin gelişmişlik seviyesi kişi başına düşen enerji miktarı ile belirlenmektedir [60].

Modern dünyada bir çok mal ve hizmetin yeni teknolojilerle üretiliyor olması daha fazla enerji tüketimine neden olmaktadır. Bu durum ülkelerin enerji konusunda daha titiz davranmalarını ve enerji sorununa acil çözümler getirmelerini gerektirmektedir.

3.3. Dünyada Enerji Verimliliğinin Oluşumu ve Gelişimi

Petrol krizi tüm dünyada ekonomik krizin ve enerji darboğazının ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Ülkeler, bu enerji krizinin ekonomileri üzerinde olumsuz etkileri gidermek amacıyla, enerjinin verimli kullanılması ve yeni enerji kaynaklarının araştırılması, geliştirilmesi konularına önem vermeye başlamışlardır. Sanayileşmiş ülkeler, 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 diğer yandan mamul madde imalatı yapan sanayileşmiş ülkelere giderek daha fazla ödemek zorunda kalmışlardır. Ülkeler maruz kaldıkları bunalımdan çıkabilmek için, ihracatın ve diğer döviz girdilerinin artırılmasının teşviki, her kesimde üretimin mümkün olan en yüksek düzeyde gerçekleştirilmesi, tüketimin azaltılması, yatırımların artırılması, enflasyon hızını yavaşlatıcı para, kredi ve bütçe politikalarının tatbik edilmesine yönelik ekonomik ve mali tedbirleri uygulamaya koydukları gözlenmiştir. Öte yandan, konvansiyonel fosil kaynakların 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 verimliliği teşvik edici unsurlar uygulamaya hızla konulmuştur.

3.4. Türkiye’de Enerji Verimliliğinin Oluşumu ve Gelişimi

Türkiye’de konvansiyonel enerji kaynaklarının hemen hepsinin olmasına rağmen, tüketilen birincil enerjinin ancak yarısı yerli üretimle karşılanmaktadır. Geri kalanı ise ithal dilmektedir. Enerjinin darboğaza girdiği 70’li yıllarda, ülkemizde enerji tasarrufu olmadığı, kesinti yapılmadan, enerjinin rasyonel kullanımı yani enerji talebini kısmadan 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 (Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Araştırma Enstitüsü, Muğla Üniversitesi, Fırat Üniversitesi) çalışmalar yapmaktadır.

Güneş enerji verilerinin ölçülmesi konusunda Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü faaliyet göstermektedir. EİEİ’de 1991 yılından itibaren kendi güneş enerjisi gözlem istasyonları kurmaktadır [61].

3.5. Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması

Enerji kaynaklarını çeşitli kriterlere göre sınıflandırmak mümkündür. Bu sınıflandırma şekli aşağıdaki gibidir [62].

- Yer altı ve yerüstü kaynakları olup olmayışına göre
- Kullanışlarının yeni ve eski oluşuna göre

3.5.1. Yer Altı ve Yerüstü Kaynakları Olup Olmayışına Göre

Yer Altı Enerji Kaynakları: Yer altı enerji kaynakları “fosil” yakıtlar olarak da adlandırılmaktadır. Fosil yakıtlar; petrol, doğalgaz, kömür ve şistler 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 atıkları yerüstü kaynakları olarak ifade edilmektedir.

3.5.2. Kullanışlarının Yeni ve Eski Oluşuna Göre

Konvansiyonel Kaynaklar: Konvansiyonel enerji kaynakları birincil enerji kaynakları, primer

enerji kaynakları yada yenilenemez kaynaklar olarak ta adlandırılmaktadır. Adından da anlaşılacağı üzere bu kaynaklar bir kez kullanılmakta, yenilenememektedir.

Birincil enerji kaynakları fosil kaynaklar olarak adlandırdığımız petrol, kömürler, doğalgaz, bitümlü şişter ile nükleer kaynaklardan (uranyum, toryum) oluşmaktadır.

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

Bu durumda enerji kaynakları şu şekilde ifade edilebilir [63]:

- Birincil Enerji Kaynakları
 - Petrol
 - Taşkömürü
 - Linyit Kömürü
 - Elektrik
 - Kok- Briket
 - Havagazı (Şehir gazı)
 - Doğalgaz
 - Odun
 - Tezek
 - Sıvılaştırılmış Petrol Gazı (LPG)
- İkincil (Sekonder) Enerji Kaynakları
 - Hidrolik Enerji
 - Nükleer Enerji
 - Jeotermal Enerji
 - Güneş Enerjisi
 - Rüzgar Enerjisi
 - Biogaz
 - Denizden Elde Edilen Enerji (Gel-Git)

3.6. Enerji Kaynakları ve Dünya Enerji Görünümü

Çalışmamızın bu kısmında enerji kaynaklarının dünyadaki durumları incelenmeye çalışılacaktır.

3.6.1. Petrol

Bugün dünyanın en önemli enerji ve sanayi hammaddelerinden biri olan petrol, milyarlarca yıl önce yaşamış hayvan ve bitkilerin kalıntılarından ayrışmasından türemiş, değişik karbon ve hidrojen bileşiklerinden meydana gelmiştir. Organik (fosil) enerji hammaddeleri arasındadır. Üretim maliyetlerinin düşüklüğü, enerji/ağırlığı oranının büyüklüğü, yanmadan sonra katı artık bırakmaması, sıvı oluşunun ulaşım kolaylığı sağlaması, gibi nedenler endüstri ve enerji yakıtı olarak değerini süratle artırmıştır [63].

Petrolde birçok petrol ürünleri elde edilmektedir. Pet-kim adı verilen sanayi kolu petrolü ayırtırmakta bu işlem sonucunda benzin, mazot, gazyağı, çeşitli makine motor yağları,

sentetik lifler, jet yakıtı, metan, bütan ve propan başta olmak üzere çeşitli petrol ürünleri elde edilmektedir [62].

Petrolün ilk bulunuşu ve üretime geçişi 1859 yılında olmuştur. Bu tarihte batı Pennsylvania'da ilk petrol kuyusu bulunmuştur. Böylece petrol aydınlatmada kullanılmaya başlanmış, aynı zamanda sanayi faaliyetlerinin temel unsuru haline gelmiştir. Petrolün bulunmasıyla birlikte sanayi tesislerinin kuruluş yerleri de önem kazanmıştır [55].

Ne var ki petrolün ilk bulunuş yılı olan 1859'dan itibaren günümüze kadar daha da önem kazandığı ve özellikle ulaşım sektörünün vazgeçilmez bir kaynağı haline geldiği görülmektedir. Petrol, motorlu taşıtların vazgeçilmez bir güç kaynağıdır. 1890'da benzinli motorlar, 1910'da dizel motorlar, 1930'da uçak motoru ve 1937'de jet-uçak motorunun icat edilmesiyle petrol büyük önem kazanmış ve artık günümüzde stratejik önemi olan enerji kaynağı haline gelmiştir [64].

3.6.2. Kömür

Kömürün enerji kaynağı olarak kullanılışı çok eski tarihlere rastlamaktadır. İlk olarak 9.yy.'da İngiltere'de konutların ısıtılması amacıyla kullanıldığı sanılmaktadır [62].

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 ta insan ve hayvan gücünden yararlanmıştır. Kömür kullanılmaya başlandığı tarihten itibaren 19.yy.'ın sonlarına kadar büyük sanayinin temeli olarak kalmıştır [63].

Kömür, işletme ve işçilik masraflarının yüksek olması yanında çevre kirliliğine neden olması, dolayısıyla gelişmiş ülkelerde üretimin azalmasına neden olurken, gelişmekte olan ülkelerde halen artarak enerji kaynağı olma özelliğini sürdürmektedir. Avrupa ülkelerinden gelişmiş ülke konumundaki Almanya ve İngiltere üretimlerini azaltırken, gelişmekte olan ülke statüsündeki Endonezya ve Kolombiya'nın üretimlerini arttırdıkları bilinmektedir [65].

Günümüzde kırk civarında ülkede ekonomik anlamda kömür üretilmekte, altmış dolayında ülkede ise linyit veya taşkömürü çıkarılmakta ve işlenmektedir [62].

3.6.3. Doğalgaz

Enerjinin temel istihsal girdisi olması buna karşılık enerji kaynaklarının sınırlı oluşu ve enerji ihtiyacının giderek artması, verimli ve alternatif enerji kaynakları arayışına neden olmuştur.

İşte bu alternatif enerji kaynakları arayışı doğalgazın da enerji kaynakları arasına girmesini sağlamıştır.

Doğalgaz yer altında gaz veya sıvı petrol içinde çözülmüş biçimde veya petrol üzerinde gaz tabakası durumunda bulunur [63].

Son yıllarda, enerji tüketiminin artırılması yanında çevrenin korunması bilincinin oluşması ve yaygınlaşması doğalgaz gibi temiz ve verimli bir enerji kaynağının daha da önem kazanmasına neden olmuştur.

3.6.4. Hidrolik Enerji

“Su gücünü” ifade eder. Bu güçten elde edilen elektrik enerjisine, hidroelektrik (su gücü elektriği) veya hidrolik enerji denir.

Suyun, yüksekte (ırmak yatakları boyunca bir eğim kesintisinden) düşmesi veya düşürülmesi (baraj) halinde, madde olarak bünyesindeki potansiyel enerji kinetik enerji şekline dönüşerek bundan elektrik enerjisi elde edilir. Bu gücün elektrik enerjisine dönüştürülmesi, 1873'te Fransız Gramme (Gram) tarafından dinamonun icadı sayesinde mümkün olmuştur [62].

Dünyada var olan en doğal kaynaklardan biri de sudur. Dünyanın dörtte üçü sularla kaplıdır. İnsanoğlu hidrolik enerjiden yararlanmadan önce ondan çeşitli ihtiyaçlarını karşılamak için faydalanmıştır. Bu niteliğiyle üstünlüğü ve alternatifsizliği tartışılmayacak kadar kesindir. Su, insan hayatının vazgeçilmez bir parçasıdır.

Günümüzde insanoğlu, yeni enerji kaynakları bulma yönünde çaba göstermiş ve “su” dan da değişik şekillerde faydalanmıştır. Önceleri, sudan elde edilen buharı dayalı Buhar Türbinleri vasıtasıyla elektrik üretimi gerçekleştirilmiş, daha sonraları direkt suyun kendi gücünden faydalanılmıştır.

Hidrolik enerjinin yenilenebilir bir enerji kaynağı olması nedeniyle, yatırım harcamalarının (tesis kurma) dışında, hammadde nakli ve buna benzer harcamalar söz konusu değildir. Yani harcama sadece başta yapılmakta üretim sürekli tekrarlanabilmektedir. Ancak bununla beraber hidrolik enerjinin bir dezavantajı da vardır. Buda üretilen elektriğin 2000-2500 km mesafeden daha uzağa götürülmesi halinde bir enerji kaybının ortaya çıkacağıdır. Bu kayıplar izolasyon tedbirleriyle azaltılsa bile tamamen önlenememektedir.

3.6.5. Nükleer Enerji

Fosil kaynakların hızla tükenmekte olduğu günümüzde, nükleer enerjiye dayalı santrallerin daha da gündeme geldiği görülmektedir. Nükleer enerji, kullanılan yakıt maddesinden dolayı diğer enerji yakıtlarından farklılık göstermektedir. Nükleer enerji hammaddeleri uranyum ve toryum'dur. Ancak günümüzde mevcut santrallerde uranyum madeni kullanılmaktadır. Uranyum madenindeki çekirdeğin parçalanmasıyla bir ısı açığa çıkmakta ve santraller bu parçalanma sonucu ortaya çıkan enerji ile çalışmaktadır. Atom

çekirdeğinin parçalanmasıyla oluşan bu enerjiye “nükleer enerji” denilmektedir. Nükleer enerjinin olumlu nitelikleri arasında, uranyumun sağladığı enerjinin, çok daha büyük miktarlardaki fosil kaynaklardan elde edilebilmesi, yüksek ısı ve verim sağlaması vs. ifade edilebilir. Dezavantajları ise reaktörlerde meydana gelebilecek arızalar, sızıntılar ve bunların çevre ve canlılar üzerindeki telafisi mümkün olmayan etkileridir. Örneğin 1986 yılındaki Çernobil patlaması hala hafızalardadır ve çevre üzerindeki etkileri hala devam etmektedir. Çernobil faciasının üzerinden geçen 19 yıl boyunca uzmanlar araştırmalarını sürdürmüşler kaza ve sonuçlarının daha gerçekçi olarak değerlendirilmesini sağlamışlardır. Rusya’daki çoğu tesislerde olduğu gibi Çernobil nükleer santrallerinde de, eski teknolojilerin kullanılmış olması ihtimali, böyle bir facianın nedenini açıkça ortaya koymaktadır. Batı ülkelerindeki geliştirilmiş nükleer santrallerde ise, fiziksel nedenlerle böyle bir kazanın mümkün olmadığı, bir kaza halinde ise reaktör koruyucu binasının radyoaktif maddelerden çevreye yayılmasını büyük ölçüde önleyecek yapıda olduğu uzmanlarca tespit edilmiştir. Sonuç olarak, uzmanlar tarafından gerekli önlemler alındığı sürece, nükleer santrallerin çok büyük tehlikeler ihtiva etmediği söylenebilir. Ancak unutulmamalıdır ki tedbirsiz yapılan her nükleer santral patlamaya hazır bir bomba gibidir.

Sektörde faaliyet gösteren, dünya çapındaki en büyük organizasyon, merkezi Viyana’da olan Uluslararası Atom Enerji Ajansı (IAEA, International Atomic Energy Agency)’dır [58].

3.6.6. Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji; yer kabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş, ısı etkisiyle sıcaklığı 20°C ’den fazla olan ve çevresindeki normal yer altı ve yerüstü sularına oranla daha fazla erimiş mineral, çeşitli tuzlar ve gazlar içerebilen, sıcak su ve buhar olarak tanımlanmaktadır. Düşük ($20-70^{\circ}\text{C}$), orta ($70-150^{\circ}\text{C}$) ve yüksek (150°C ’den yüksek) entalpili (sıcaklıklı) olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır. Yüksek entalpili akışkandan elektrik üretiminde, düşük ve orta entalpili akışkandan ise ısıtmacılıkta yararlanılmaktadır [66].

Enerji ihtiyacının arttığı ve bu nedenle alternatif enerji kaynaklarının arandığı dünyada, yeni ve yenilenebilir bir enerji kaynağı olan jeotermal enerji giderek önem kazanmaktadır. Fosil kaynaklardan kömürün yaklaşık 200 yıl, Doğalgazın 64 yıl ve petrolün 43 yıl ömrünün olduğu düşünülürse bu kaynakların üretime kazandırılması bir zorunluluk olmaktadır [66].

Dünyada ilk jeotermal elektrik üretimi 1904 yılında İtalya’da gerçekleştirilmiştir. Günümüzde ise İtalya, Amerika, Japonya ve Yeni Zelanda gibi ülkeler başta olmak üzere 18 ülkede jeotermal elektrik enerjisi üretilmektedir. Jeotermal enerjinin üretim maliyeti, diğer enerji türlerine göre daha düşüktür [66].

3.6.7. Güneş Enerjisi

Güneş enerjisi; (H_2) hidrojeninin füzyon yoluyla (He) helyuma dönüştürülmesidir [63]. Bütün enerjilerin temel kaynağı güneştir. Daha önce açıkladığımız fosil kaynaklar ve yenilenebilir kaynaklar enerjilerini güneşten alırlar. Güneş enerjisinden, insanlığın enerjiye ihtiyacı olduğu gibi eski çağlardan günümüze kadar dolaylı yollardan istifade yoluna gidilmiştir. Güneş enerjisinden doğrudan yararlanma yolları araştırılmaktadır. Bu konuda epey mesafe de katedilmiştir [63].

Günümüzde güneş enerjisinden daha çok elektrik elde etme ve ısınma amacıyla çalışmalar sürdürülmektedir. Güneş enerjisi hakkında daha detaylı bilgi 4. bölümde verilecektir.

3.6.8. Rüzgar Enerjisi

Rüzgar gücü bilindiği üzere güneş enerjisinin dolaylı bir şeklidir. Bu güç yeryüzünün her bölgesinin eşit bir şekilde ısınması ve buna bağlı olarak oluşan alçak ve yüksek basınç merkezlerinin karşılıklı ilişkisinden doğar [67].

Mısırlılar M.Ö.1700 yıllarında rüzgar kuvvetinden yararlanarak büyük yelkenli gemileri kürekle beraber işletiyorlardı. Daha sonraları da (M.S.700) İranlıların, rüzgar gücünden yararlanarak ilk yel değirmenlerini kurduklarını aynı kaynaklardan öğrenmekteyiz [68]. Dünya yüzeyinde çok büyük bir rüzgar enerjisi potansiyelinin varlığı öteden beri bilinmektedir. Öyle ki bu potansiyelin, dünya elektrik enerjisi üretme potansiyelinin yaklaşık 2000 katı olduğu konuyla ilgili uzmanlar tarafından belirlenmiştir. Diğer taraftan bahsedilen dünya rüzgar enerjisinin yaklaşık %60'ının elektrik üretimine yönelik potansiyel olduğu da aynı açıklamada belirtilmiştir [68].

Rüzgar enerjisinin temiz ve tükenmez bir kaynak olması, son yıllarda bu kaynağa olan ilgiyi arttırmış, kullanımı en hızlı artan enerji kaynağı ve teknolojisi rüzgar enerjisi dönüşüm sistemleri olmuştur. Fakat bu kaynağa olan ilginin asıl nedeni, maliyetlerinin yeni fosil yakıtlı güç santralleriyle rekabet edecek düzeye inmiş olmasıdır. Bunu sağlayan etken ise, dünyada yaşanan petrol krizleri neticesinde, yeni ve yenilenebilir kaynaklar üzerinde yapılan araştırma-geliştirme çalışmalarıdır [69]. Günümüzde rüzgar enerjisi teknik yönden en hızlı gelişimi gösteren yeni ve yenilenebilir bir kaynaktır. Dünyanın bir çok yerinde rüzgar değirmenleri yoluyla enerji sağlanması yoluna gidilmekte ve 4000MW'ın üzerinde enerji elde edilmektedir [70].

Rüzgar santralleri, rüzgarın bol olduğu bölgelerde kurulmuştur. Ancak bu durumda santrallerin kurulması ekonomik olmaktadır. ABD, İngiltere, Rusya, Japonya, Yeni Zelanda, Güney Şili ve Danimarka rüzgarı bol olan ülkeler arasındadır. Rüzgar değirmenleri, pervaneleri hafif metalden yapıp ve hafif bir esinti ile dönmeye başlayıp, hızlanarak dinamoyu döndürüp

enerji oluşturan sistemlerdir.

Danimarkalılar, rüzgar enerjisinden elektrik üreten ilk ülkedir. Daha 1890'larda Danimarkalılar bu güçten yararlanma yoluna gitmişler ve 1988 yılında 20-35 kW'lık türbinlerle 120 kırsal kesimin elektrifikasyonunu sağlayacak bir program hazırlamışlardır. Rusya ise rüzgar gücünü 1931 yılında 100 kW'lık elektrik sağlayacak rüzgar türbinini kurarak kullanmaya başlamıştır. 1941 yılında ABD'de, 1250 kW güce sahip Putnam rüzgar türbini Vermont, Rutland yakınlarında kurulmuş ve dönemin en büyük rüzgar kuvvet makinesi olmuştur [71].

Günümüzde; Avrupa ve ABD'de rüzgar enerjisi endüstrisi büyük bir gelişme içerisinde. Hatta ABD'deki rüzgar enerjisi endüstrisi büyük bir güç haline gelmiştir.

Rüzgar enerjisi fosil kaynakların yerini tam anlamıyla alacak bir kaynak olmasa da, enerjide çeşitlilik sağlayacak alternatif, temiz ve güvenli bir enerji kaynağıdır. Ancak, pek çok avantajlarının yanı sıra, rüzgar enerjisinden yararlanmada da pek çok sorun ortaya çıkmaktadır. Bunlardan bazılarını şöyle sıralamak mümkündür. Rüzgardan enerji elde etmek amacıyla kurulacak olan rüzgar türbinlerinin ve rüzgar tarlalarının, görsel ve estetik olarak insanları ve doğayı etkilemesi, gürültü oluşturmaları, kuşların ölümüne neden olması, haberleşmede parazitlere neden olması, sermaye bulma gibi güçlükleri vardır [72].

3.6.9. Denizlerden Elde Edilen Enerji

Denizlerden enerji elde edilmesinde üç farklı yöntemden yararlanılmaktadır. Bunlardan ilki denizin yükselip alçalması olarak tabir edilen gel-git olaylarıdır. Diğerleri ise dalgaların kuvveti ve denizdeki ısı farklılıklarıdır [63].

Yapılan araştırmalar sonucunda, denizdeki dalgaların kuvvetinden, özellikle okyanus dalgalarından yılda 30 milyon MW enerji elde edilebileceği tahmin edilmektedir. Ancak elektrik üretimin de kullanılacak güç, gel-git dalgalarının gücüdür. Dünya gel-git güç santrallerine, Fransa'daki toplam kurulu gücü 240 MW olan ve 24 su türbininden oluşan, yıllık üretimi 500-550 milyon kWh olan gel-git santrali ile ABD'de 25 milyon kWh elektrik enerjisi üreten santraller örnek verilebilir [67].

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.

3.6.10. Odun Enerjisi

Odun ticari olmayan enerji kaynaklarından biri olmakla beraber, en çok yakacak olarak kullanılmaktadır. Enerji değeri yüksek ve depolama sorunu olmayan bir kaynaktır. Enerji

kaynakları tüketimi içinde önemli bir paya sahip olan odunun, sanayileşmiş ülkelerde yakacak olarak kullanılan kısmı çok az iken (ABD’de yıllık üretimin %10’dan azı, Batı Avrupa’da ise %5’i) Güney Amerika, Afrika ve Muson Asya’sı ülkelerinde üretimin %50’den fazlası yakacak olarak kullanılmaktadır [67].

3.6.11. Hayvan ve Bitki Artıkları

Odun gibi, ticari olmayan enerji kaynakları arasında yer almaktadır. Biyogaz adı verilen bu enerji kaynağı, gübre, bitkisel atık ve benzeri 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 [73].

Yapılan bir araştırmaya göre beş kişilik bir ailenin pişirme ve aydınlatma ihtiyacını gidermek için günde 3-4 m³ biyogaza ihtiyaç olduğu tespit edilmiştir. Bunun için ise günde 3-5 büyükbaş hayvanın gübresi yeterli olacaktır [63].

Dünya enerji ihtiyacının %12’sinin, çöp bileşiminin bio-kimyasal bozulması sonucu oluşan atık gazdan elektrik elde edilmesiyle karşılandığı bilinmektedir. Özellikle Çin, Hindistan ve Nepal’de 50 milyon konutta pişirme ve aydınlatmanın biyogaz ile sağlandığı bilinmektedir. Türkiye gibi Akdeniz ülkelerinde taze sebze ve meyve tüketiminin fazla olması sayesinde taze yeşil atıklar da fazla olmaktadır. Çöp içindeki ayrışabilir bio çöpler, metan gazı oluşmasına neden olmakta ve metan gazından enerji üretiminde yararlanılmaktadır [70].

3.6.12. Elektrik Enerjisi

Elektrik enerjisi, ikincil enerji kaynakları arasında yer almaktadır. Birincil enerji kaynaklarının, santrallerdeki çevrim işlemi sonucunda elektrik enerjisi ortaya çıkmaktadır.

Elektrik enerjisi sanayinin temel girdisi olması yanında, diğer sektörler içinde çok büyük bir önem arz etmektedir. Aydınlatma başta olmak üzere, birçok teknolojik aletin kullanılması elektrik sayesinde olmaktadır ve elektrik artık insan yaşamının vazgeçilmez bir parçası haline gelmiştir. Bu duruma, evlerimizdeki bir çok cihazın elektrik enerjisiyle çalışmasını dayanak gösterebiliriz.

Elektriğin ilk kullanımı 1890’lara rastlamakla beraber yaygın olarak, sanayide kullanılması 1930’lu yıllarda olmuştur. Akarsulardan yararlanma düşüncesi de ilk olarak elektrik elde edilme fikriyle ortaya çıkmıştır. 1830’lu yıllara doğru türbinin, 1870’de ise dinamomonun icadı elektriğin yaygın olarak kullanılmasına neden olmuştur. Böylece elektrik elde edildiği yerden daha uzaklara nakledilebilecektir. 1880 yılında Edison’un Newyork’ ta kurduğu elektrik santrali, elektriği ancak 1,5 km mesafeye nakledebilmiştir. Daha sonraları mesafe

uzatılmış ancak bu defada kayıplar ortaya çıkmıştır. Ancak günümüzde 2000 km mesafeye kadar elektriğin çok az kayıpla nakli söz konusudur [74].

Elektrik enerjisinin üretim ve tüketim miktarları, bir ülkenin en önemli kalkınmışlık göstergelerinden biridir. 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 [75].

Elektrik enerjisi sisteminde bulunan tüketicilerin gereksinim duyacakları elektrik enerjisinin, kaliteli, sürekli, yeterli, güvenilir ve ekonomik bir şekilde sağlanmasının sosyal ve ekonomik yaşam üzerindeki büyük etkileri nedeniyle, tüm ülkelerde ulusal yatırımların bir bölümünün elektrik enerjisi sektörüne ayrılması zorunlu olmakta ve yatırımların finansmanında gittikçe artan oranlarda dış kaynaklardan yani borçlardan yararlanılmaktadır [76].

3.6.13. Diğer Enerji Kaynakları

Artan nüfus, sanayileşme, kentleşme ve daha birçok faktör enerjiye olan ihtiyacı ve talebi daha da arttırmakta, tükenen fosil kaynaklar karşısında yeni enerji kaynaklarının bulunması ve geliştirilmesi zorunluluk haline gelmektedir.

Yeni enerji kaynaklarının bulunması yolunda bilim adamlarının yapmış oldukları çalışmalar sonucunda, mınatıslardan ve çöplerin yakılmasından da enerji sağlanabileceği ortaya çıkmıştır. Özellikle de çöplerin yüksek kalorili petrol ihtiva ettikleri ve bir ton çöpten yaklaşık yarım ton petrol elde edilebileceği Manchester Üniversitesi ve Teknoloji Enstitüsü tarafından öne sürülmektedir [63]. Yine kent lağımlarının metan gazı üretilmesi yoluyla da enerji üretiminde bulunulabilir.

4. GÜNEŞ ENERJİSİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Güneş manyetik bir alana sahip olan, dönen ve çekirdeğinde enerji üreten bir gök cisimidir. Güneş enerjisi, 15 milyon K (Kelvin) sıcaklıktaki ve yeryüzü atmosfer basıncından milyarlarca kez fazla olan çekirdeğindeki, hidrojenin helyuma dönüşmesinden kaynaklanır. Çekirdek tepkimeleri sonucu serbest kalan enerji, yüze gelir ve buradan uzaya yayılır. Bu enerjinin sadece 2.2 milyarda biri yeryüzü tarafından soğurulur ve yaşam için gerekli koşulların oluşmasını sağlar. Güneşten, X-ışınlarından radyo dalgalarına kadar her dalga boyunda enerji yayılır. Güneşte ısıtım kuvveti ile çekme kuvveti denge halinde bulunur. 700.000 km çapa göre çekirdekte oluşan ışığın hızı da göz önüne alındığında yüze yaklaşık iki saniyede gelmesi gerekirken, aşırı hidrojen yoğunluğuna bağlı olarak bu süre 1 milyon yıldır. Aslında biz dakikadan da öte güneşin 10 milyon yıl önce oluşturduğu ışığı görüyoruz [77].

Güneş; Samanyolu'nda bulunan ve adedi 1 milyonu aşan yıldızlardan sadece bir tanesidir.

Güneşin çapı	: 1.392.700 km
Dünyanın çapı	: 12.660 km
Dünya ile güneş arasındaki mesafe	: 149.500.000 km
Işık hızı	: 300.000 km/s
Ses hızı	: 340 m/s
Güneş ışığının dünyaya geliş süresi	: 8 dak
Güneş yüzeyi sıcaklığı	: 6000°C
Güneşten dünyaya gelen enerji miktarı	: $15 \cdot 10^{17}$ kWh/yıl
Dünyamızın bugünkü enerji ihtiyacı	: $30 \cdot 10^{13}$ kWh/yıl
Atmosfer dışı güneş ısıtım şiddeti	: 1360 W/m ²
Yeryüzüne gelen ısıma	: 1000 W/m ²

Dünyamızın güneşten aldığı enerjinin değeri hakkında bilgi vermek amacıyla şu örnekler gösterilebilir.

- Güneşin 40 günde dünyamıza bıraktığı enerjiyi depolama imkanımız olsaydı tam bir yüzyıl yeterli olacaktı.
- Yurdumuza düşen güneş enerjisinin günlük ortalaması, tüm günlük enerji ihtiyacımızın 600 katıdır.
- Bir yapının çatısına düşen güneş enerjisi o yapının ısıtılması için gerekli olan enerjinin 2-10 katıdır.

Çapı 110, kütlesi 334.320, yer yüzey alanının 12.000, yer hacminin ise 1.306.000 katı dünyamızdan büyük olan güneşte hidrojenin helyuma dönüşmesi ile 1 kg He başına $1,39 \cdot 10^{11}$ kJ'lık enerji açığa çıkar [77].

Güneşin kütlesi yaklaşık olarak $1,989 \cdot 10^{30}$ kg olup, bunun yaklaşık %75'i Hidrojen, %24,25'i Helyum ve %0,71'i de ağır elementlerden oluşmuştur. Ancak güneşin ağır kütlesi fisyon olayı nedeniyle değişmez bir oranla $3,8 \cdot 10^{20}$ MW'lık bir enerji yaydığını ve bunun neticesinde güneş kütlesinde saniyede 4 milyon ton eksildiği bir gerçektir. Enerjinin yok

olmayacağı ilkesi ile yola çıkarak, eksilen bu kütlenin enerjiye dönüştüğü göz önüne alınırsa güneşin ne denli önemli bir enerji kaynağı olduğu ortaya çıkar [77].

Güneş enerjisinin yeryüzünün çeşitli yörelerinde, güneşli gün sayısı ve radyasyon yoğunluğundaki değişken karakteri, bu enerjiden devamlı ve standart bir şekilde yararlanma imkanlarını maalesef kısıtlar. Ayrıca, gece ile gündüz, kış ve yaz arasındaki farklılıklar ile, bu enerjinin sadece güneşli günlerde mevcut olması dezavantajdır.

Dış hava soğukunda binalar; duvar, pencere ve tavandan ısı kaybeder. Kapı ve pencere aralıklarından içeriye giren soğuk hava da ısı kaybına neden olmaktadır. Binalarda oluşan ısı kayıplarını azaltmak için bazı tedbirler almak gerekir. Bunların en önemlisi pencerelerin evin güneyine bakan duvarlarında ve çift camlı yapılmasıdır. Böylece eve bol güneş girerek geleneksel ısıtma sistemlerine olan ihtiyaç azalır. Güneş ışınlarının bu şekilde direkt olarak kullanımına “pasif sistem” adı verilir [77].

Her yıldız gibi güneşte kendisini oluşturan maddelerin, kütle çekimi (Adhezyon: Bir maddenin diğer bir maddeyi çekme kuvveti) ile birbirlerini çekme sonucu oluşan yoğunlaşma ile birbirine doğru yaklaşan ve yaklaşırken de hızlanan parçacıklar, kütle çekim enerjisini hız enerjisine dönüştürerek güneşin içinin çok sıcak olmasına yol açmıştır. Bu sıcaklıklarda ortaya çıkan çekirdekse tepkimeler sonucu oluşan ısıyımların ortaya çıkardığı basınç, güneşin daha fazla yoğunlaşarak çökmesini engellemiş ve güneş, bugünkü boyutlarını böylece oluşturmuştur.

Güneşin merkezinde ortaya çıkan çekirdekse tepkimeler, temelde hidrojen çekirdeklerinin kaynaşmasıdır. Güneşin korunda hidrojen çekirdekleri kaynaşarak helyum çekirdekleri oluşmakta ve bu tepkimeler sonucu büyük bir enerji ortaya çıkmaktadır. Yani, güneşin yakıtı hidrojendir. Ancak bu yakıt yanma şeklinde değil de, bir atom çekirdeklerinin kaynaştıkları daha büyük atom çekirdekleri elde edilmesi şeklinde oluşur. Güneşin toplam ısıması saniyede 3.8×10^{26} Joule'dur. Güneşte bir saniyede yaklaşık 600 milyon proton, yani hidrojen tüketilmektedir. Bu sayı ilk başta ürkütücü gibi gelse de güneşin kütlesi ve bu kütlenin yaklaşık %90'a yakın bir kısmının proton olduğu düşünülürse, Güneş'teki hidrojen yakıtının tüketilmesi için daha 5 milyar yıllık bir süreye ihtiyaç vardır [1].

Güneş de hidrojen çekirdeklerinin kaynaştığı bölge, güneşin merkezinde ve yaklaşık 15-16 milyon derecede olan ve güneş yarıçapının %23'nü kaplayan bölgedir. Bugünkü bilgiler çerçevesinde bu bölge güneş kütlesinin %40'nın toplandığı ve toplam enerji üretiminin %90'nının bulunduğu bölgedir. Bu bölgeye güneşin “Kor”u denir. Korda üretilen enerji yavaş bir şekilde yüzeye doğru ısıyımlar şeklinde yayılır. ısıyımlarla enerjinin taşındığı bölgeye ısıyım bölgesi denir. Bu bölgenin sonunda 150.000 km kalınlığındaki “Taşınım Bölgesi” gelir. Bu bölgeye gelen ısıyımlar çevrelerini saran gazı ısıtırlar. Buradaki gazlar ısındıkça yükselirler. Güneş konusunda çalışan bilim adamlarına göre, taşınım bölgesinde dev hücreler şeklinde yavaş

dönen gaz akımları, ısı enerjisini, sıcaklığı 2.000.000 K olan bölgenin alt kısmından 20.000 K olan üst kısmına doğru taşır. Yükselen gaz, bölgenin üstüne yaklaştıkça genleşir ve soğur. Soğuyan gaz alt kısma doğru yaklaşırken yeniden ısınır ve yüzeye enerji taşımak amacıyla tekrar yükselir. Böylece, bir ısı taşınımının yapıldığı bu bölgeye “Taşınım Bölgesi” denir. Yüzeyden 20.000 km içeriye düşen sıcaklık sonucu atomların, yani atom çekirdeklerinin artık çıplak olmayıp elektronlara bağ yaptıkları duruma ulaşırlar [1].

Dünyaya ulaşan güneş enerjisi, güneşin daha serin ve birkaç yüz km’lik dar bir bölgesinden, güneş yüzeyine yakın ışık küre’den gelmektedir. Bu bölge, düşük yoğunlukta iyonlaşmış gazlardan oluşur ve görünür ışığı pek geçirmeyen bölgedir. Bu bölgedeki atomlar, sıcaklıklarıyla orantılı olarak ışıma yaparlar ve böylece bu bölgenin ısımasına yol açarlar.

Kordan çıkan enerji, güneş yüzeyine ulaşması için yaklaşık bir milyon yıl geçer. Yani, bu gün güneşinin çevresine verdiği enerji, bir milyon yıl önce korda üretilen enerjidir [1].

Güneş kendi eksenini etrafında diferansiyel dönme hareketi yapar, yani kutuplar ve ekvator farklı hızlarda döner. Ekvatorial bölgenin dönme hızı kutupların dönme hızından fazladır. Yaklaşık 400 km kalınlığında olan ve Işıkküre (fotosfer) denilen güneşin gözle görülen parlak yüzeyi teleskopla incelendiğinde granüller (bulgurcuk) yapıya sahip olduğu görülür. Her biri sıcak bir gaz kütesinin tepesi olan bu granüllerin sayısı yaklaşık 4 milyon kadardır ve tüm güneşin yüzeyini kapsar. Ortalama ömürleri 7-10 dak arasında olan bu granüllerin boyutu 300-1450 km arasındadır ve bu gazlar saatte 0.5 km hızla yükselirler. Enerjilerini kaybedince soğuyarak yüzeye doğru düşerler ve granüller arası karanlık çizgileri oluştururlar [77].

Güneşin kenarı, merkezinden daha karanlık görünür. Bunun nedeni, güneşin merkezine bakıldığında ışık kürenin derin ve sıcak katmanları, kenar kısmına bakıldığında ise daha az sıcak katmanlarını görüyor olmamızdır. Işıkkürenin üzerinde, yaklaşık 5.000K kalınlığında ve “Renkküre” (kromosfer) adını alan bir iç atmosfer vardır. Yapılan araştırmalar, renkkürenin kenarlardaki katmanlarının bir çayır yangını görünümünde olduğunu, birbiri üzerine binişen pek çok fışkırtı bulunduğunu belirledi ve bunlara “İğnecik” (spikül) adı verildi. Bu iğnecikler bulundukları yüzeyden 8.000 km kadar yüksekliğe çıkabilmektedir. Renkkürenin de üzerinde son derece yüksek sıcaklıklı “Güneş Tacı” (korona) bulunur. Güneş tacı, birkaç güneş yarıçapı uzaklıkta, yaklaşık 2 milyon K’ lik bir kinetik sıcaklığa sahiptir. Güneş tacının bu kadar sıcak oluşu, ışık kürede ve renkkürede bulunan bulgurcuk (granül) ve iğneciklerdeki (spikül) kütle hareketleri olduğu sanılmaktadır. Güneş tacının bu yüksek sıcaklık nedeniyle, dışarıya doğru yayılan ve dünyanın ötesine kadar uzanan elektrik yüklü bir tanecik akımı (nötrino) oluşudur. Bu akım, “Güneş Rüzgarı” olarak adlandırılır [77].

Güneş lekeleri ışık küredeki önemli, değişken, kalıcı olmayan, güneş yüzeyine oranla fazla yer kaplamayan ve çok şiddetli manyetik alana sahip oluşumlardır. Bu alan 500 gauss’dan

başlayıp 4.000 gauss' kadar çıkabilir, bir karşılaştırma yapmak gerekirse; dünyanın manyetik alan şiddeti 1 gauss'dan küçüktür ayrıca güneşin manyetik alan şiddetinin de birkaç gauss olduğu düşünülmektedir [77].

Güneşin merkezinde açığa çıkan enerji radyatif iken yüzeye doğru gittikçe maddesel taşınma (konveksiyon) meydana gelir. İşte bu maddesel taşıma ile güneşin diferansiyel dönmesi etkileştiğinde kara leke meydana gelmektedir. Ortaya çıkan leke grubu hızla büyüyerek birbirinden ayrılır ve güneşin dönme yönünde en öndeki leke genellikle en büyük lekedir ve baş leke adını alır. Lekeler maksimum büyüklüklerine ulaştıktan sonra genellikle birkaç hafta içinde kaybolurlar, yalnız kalan baş leke de giderek küçülerek o da birkaç hafta içinde kaybolur. Ortalama büyüklükteki bir lekenin gölge çapı 30.000 ~ 50.000 km arasındadır, nadiren de 140.000 km'ye kadar çıkabilir. Güneş yüzeyinde gözlenen leke sayısı sürekli olarak değişir. Leke etkinliğinin maksimum olduğu iki çevrim arasındaki süre 11 yıldır, buna ilaveten 80 yıllık bir çevrim daha olduğu bilinir [77].

Genelde renkküre beneklerinde zaman zaman ortaya çıkan ani parlamalara “püskürme” denir. Küçük püskürmeler birkaç dakika, büyükleri ise birkaç saat sürer. Fıskırmalar, görünüşü çok güzel olan güneş olaylarından biridir. Bunlar güneş yüzeyinde 200.000 km uzunlukta, 40.000 km yükseklikte ve 6.000 km kalınlıkta olabilen şerit biçimli gaz akımlarıdır.

15 milyon K iç sıcaklığa sahip olan güneş, yaydığı enerji (3.86×10^{27} W) göz önüne alındığında saniyede 4.7 milyon ton kütle kaybetmektedir. Başka bir ifadeyle güneş yılda kütesinin 100 milyarda birini kaybetmektedir. Güneşin kütesinde ve yaydığı enerjide sezilebilir bir değişme ancak 6 milyar yılda ortaya çıkabilir. Dünyanın 4.5 milyar yaşında olduğu düşünülürse, bu da demektir ki güneş, yeryüzü var olduğundan beri hiç değişmemiştir. %60'ı hidrojenlerden oluşan güneşin bu kadar güçlü enerji açığa çıkarması ancak çekirdek tepkimeleri sonucunda oluşabilir. Bu tepkimeler içerisinde en önemlisi proton-proton tepkimesi olarak adlandırılan çekirdek kaynaşması (füzyon) zinciridir. Açığa çıkan enerjinin küçük bir bölümü de tepkimelerde oluşan nötronlar tarafından taşınmaktadır [77].

Güneşin bundan sonraki evriminin öteki yıldızların evrimine benzeyeceği söylenebilir. Bütün hidrojen tükendiğinde helyum ile daha ağır atomlar arasında oluşacak tepkimeler başlayacak, böylece güneş, boyutları büyüyüp parlaklığı artarak, bir kırmızı dev yıldız dönüşecektir. Sonunda bütün nükleer enerji kaynakları tükenince, dış katmalarını boşluğa fırlatacak ve gezegenimsi bulutsu oluşacaktır. Gezegenimsi bulutsular ise daha sonra yeni yıldızların oluşması için ortam hazırlayacaklardır. Gezegenimsi bulutsu oluşturduktan sonra beyaz cüceye dönecek olan güneş, şu anki çapının 1/100'üne kadar küçülecek [77].

Dünya güneşten yaklaşık 150 milyon km uzaklıkta bulunmaktadır. Dünya hem kendi çevresinde dönmekte, hem de güneş çevresinde eliptik bir yörüngede dönmektedir. Bu yönüyle,

dünyaya güneşten gelen enerji günlük olarak değişmekte, hem de yıl boyunca değişmektedir.

Dünyanın kendi çevresinde dönüşünden kaynaklanan güneş enerjisi değişimi gece gündüzü oluştururken, dünyanın güneş çevresinde dönüşümünden kaynaklanan güneş enerjisi değişimi de, mevsimleri oluşturmaktadır. Dünyanın kendi çevresindeki dönüş eksen, güneş çevresindeki dolanma yörüngesi düzlemleriyle $23,50^\circ$ lik bir açı yaptığından, yer yüzüne düşen güneş şiddeti yörünge boyunca değişmekte ve mevsimlerde böylece oluşmaktadır. Ayrıca, bu eğrilik, yıl boyunca gündüz gece uzunluğunu da değiştirmektedir.

Dünyaya güneşten saniyede, yaklaşık 1.7×10^{17} J enerji (170 milyar MW) ışınlımlar gelmektedir. Güneşin saldığı toplam enerji göz önüne alındığında, bu çok küçük bir kesirdir. Ancak bu tutar, dünyada insanoğlunun bugün için kullandığı toplam enerjinin 15-16 bin katıdır. Dünyaya gelen güneş enerjisi çeşitli dalga boylarındaki ışınlımlardan oluşur ve güneş-dünya arasını yaklaşık 8 dakikada aşarak dünyaya ulaşır. Dünyanın (hava kürenin) dışına, güneş ışınlımlarına dik, bir metre kare alana, bir saniyede gelen güneş enerjisi, 1357 J dır. Bu değeri, tanım gereği, yıl boyunca değışmez varsayılabilir. Bu sayı güneş değışmezi olarak bilinir [1].

Hava küre dışına gelen güneş ışınlımlarının dalga boyları, içinde görünür bölgeyi de içerecek şekilde, morötesinden kırmızı altına dek uzanmaktadır. Başka bir ifadeyle, güneş ışınlımlarının dalga boyları $0.1 \sim 3 \mu\text{m}$ (mikro metre) arasındadır. Her dalga boyunun şiddeti aynı değildir. Güneşten gelen ışınlımların dağılımına bakıldığında, bunların %9' u mor üstü bölgede, %45'i görünür ışık bölgesinde ve geri kalan %46'sı kırmızı altı bölgesinde bulunur. Güneş ışınlımları havaküreyi geçerken belli soğurmalarla uğrarlar. Bu soğurmalar, hava küreyi oluşturan gazlardan ve toz parçacıklarından kaynaklanır [1].

Yer yüzeyinden yaklaşık 25 km yüksekte güneş ışınlımlarının mor üstü kısmını kesen bir bölge bulunmaktadır. Bu bölgeye ozon katmanı denir. Bu katmanda dalga boyları $0.32 \mu\text{m}$ (mikro metre) küçük olan mor üstü ışınlımlar soğururlar.

Bu soğurma özellikle canlılar için önemlidir. Çünkü, mor ötesi ışınlımlar enerjik ışınlımlardır ve canlıların derisini bozucu, gözlere zarar verici etkileri vardır. Bu yönüyle ozon katmanındaki mor üstü ışınlımlarının soğurulması, yer yüzünde canlıların sağlıklarıyla doğrudan ilişkilidir. Bu soğurmalar sonucu, mor üstü bölgede $0.3 \sim 0.4 \mu\text{m}$ aralığındaki dalga boylarında olan ışınlımlar yeryüzüne ulaşabilir ki, bunlarda güneş altında derimizin yanmasında, bronzlaşmasında etkilidir.

Bunun dışında, görünür bölge ve kırmızı altı bölgelerindeki ışınlımlar, havadaki gaz molekülleri ve toz parçacıklarıyla etkileşme sonucu saçılırlar. Bu saçılma, her yöndedir ve bu yönüyle gelen güneş enerjisinin bir kısmı yeryüzüne ulaşmadan uzaya geri gider. Mavi renge karşılık gelen dalga boyları, kırmızı renge karşılık gelenlere kıyasla daha çok saçılırlar. Yeryüzünden bakıldığında göğün mavi renkte görünmesinin nedeni budur.

Su damlacıkları da ışınlamaları saçılmaya uğratmada etkilidir. Yoğun bulutlar, gelen ışınlamaların %80'ini geri saçarak bu ışınlamaların yeryüzüne ulaşmalarını önlerler. Dünyanın ortalama bulut örtüsünün %50 dolayında olduğu düşünülürse güneş enerjisinde önemli bir kaybın bu şekilde ortaya çıktığı görülür.

Gelen güneş ışınlamalarının görünür bölgeye düşen kesimi için hava küre hemen hemen saydam özellik gösterir. Yani bu ışınlamalar için hava küre açık penceredir. Ancak, bazı toz ve kirlenmelerin bu bölgedeki ışınlamaları soğurdıkları göz ardı edilmemelidir.

Yakın kırmızı altı bölgeye düşen ışınlamaların yaklaşık %20'si havadaki su buharı ve karbondioksitle soğurulurlar. Bu soğurmalar sonucu hava kürenin ısınması ortaya çıkar.

Güneş ışınlamalarının hava küre ile etkileşmeleri sonucu, yeryüzüne gelen toplam güneş ışınlamalarının şiddeti, hava küre dışına gelen şiddetin yarısından biraz fazla kalacak kadar azalmaktadır. Aynı zamanda, belli dalga boyları artık süzölmüş, böylece enerji dağılımı da bundan etkilenmiştir. Doğal olarak hava küre etkileri güneş ışınlamalarının havada aldıkları yola bağlıdır. Eğik gelen güneş ışınlamaları, dik gelmeye kıyasla daha uzun yol alacakları için, bu etkilerde artacaktır.

Tüm bu etkiler sonucu yeryüzüne ulaşan güneş ışınlamaları;

- Yayınık Işınlamalar
- Doğrudan Işınlamalar, olarak iki kesimde yeryüzüne çarparlar.

Yayınık ışınlamalar, bulutlarca ve tozlarca saçılmaya uğratılmış ışınlamalardır. Doğrudan gelenler ise bu tür etkilere uğramamış ışınlamalardır.

Güneşten gelen enerjinin yaklaşık %30 yansıma ve saçılmalarla uzaya geri gider. Yaklaşık %20 hava kürede soğurulur. Geri kalan %50 yeryüzünde soğurulur.

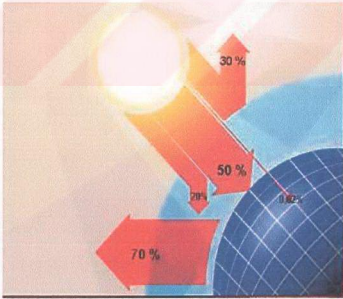
Yeryüzüne ulaşan güneş enerjisi doğal dönüşümlere uğrar. Dönüşümlerden biri, suların buharlaştırılarak dünyadaki su döngüsünün sağlanmasıdır. Bu işlem, gerek biz insanlar için, gerekse tüm canlılar için çok önemlidir. Böylece derelerimiz akabilir, yer altı sularımız kurumaz, yağmur ve kar yağışları olabilir. Bu gün sadece Türkiye üzerine bir yılda düşen yağış tutarının 500 milyar ton su olduğu göz önüne alınırsa, bu işlemin ne kadar önemli olduğu anlaşılabilir. İkinci de, ışıqla birleşimdir. Bu dünyadaki canlılar için yaşam demektir. Bir saniyede gelen güneş enerjisinin yaklaşık %0,02 ikisi bu işlem için harcanır veya bitkilerde toplanır. Bitkiler, gelen güneş enerjisini kullanarak ışıqla birleşim yapmakta ve böylece biokütle oluşturmaktadır. Yani, gelen güneş enerjisinin bu kesri, biokütleyle dönüşmektedir.

Güneş enerjisinin bir diğer dönüşümü de rüzgarlar ve deniz dalgalarıyla okyanus akıntılarıdır. Rüzgarların oluşması temelinde havanın bazı bölgelerinin değişik etkenler sonucu diğer bölgelere kıyasla daha sıcak yada daha soğuk olmasından kaynaklanan basınç farklılıkları etkin olmaktadır. Bu ısınma ve soğurmalarla da güneş etkin rol oynamamaktadır. Deniz dalgaları ve

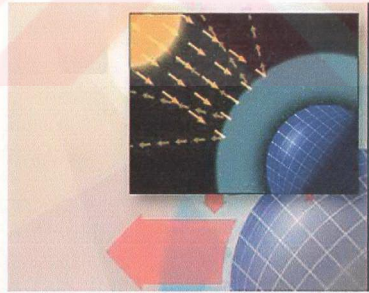
akıntıları temelde rüzgarın etkisiyle ortaya çıkarlar. Dolayısıyla, hem rüzgar, hem de deniz dalga akıntıları birer güneş enerjisi türevidir.

4.1. Güneş Işınlarnının Yansımısı

Atmosfere gelen güneş radyasyonunun yaklaşık %17,5'i atmosferi ısıtmak için harcanır. Yaklaşık %35'i de bulutlardan ve yerden yansiyarak tekrar uzaya döner. Bulutların üst yüzeyi güneş ışınları için çok iyi bir yansıtıcı görevi görürler. 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. Buna mukabil asfaltlanmış yollardaki yansımada %10 gibi çok düşük bir düzeydedir. Yansımaya etkileyen faktörlerden bir de güneş ışınlarının çarpma açısıdır. Herhangi bir yüzeye 90 derece açı ile çarpan ışınların hemen hemen hiç yansımamasına karşın, çarpma açısı küçüldükçe yansımada o nispette artar. Bu sebeple güneş kolektörü yerleştirilirken yansımaya açısına çok önem verilmelidir. Yansıtma, ışınların geliş açısına da bağlıdır. 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 yansiyarak uzaya dönen değerlerin toplamından sonra geriye 47,5 birim kalır ki, bu miktar yeryüzüne düşmekte ve burada ısıya dönüşmektedir [77].



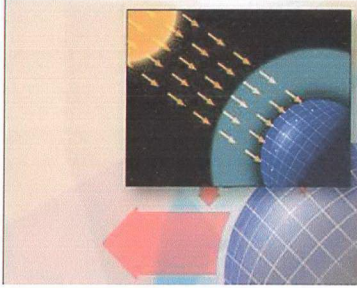
Şekil 4.1. Güneş Işınım Dağılımı [61]



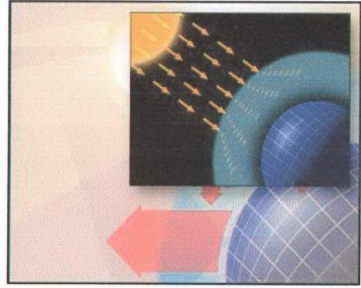
Şekil 4.2. Yansıyan Güneş Işını [61]

Güneşten gelen ve çoğunlukla kısa dalga boyunda olan ışınlar yeryüzünü ısıtır. Isınan yeryüzü radyasyon yayar. Yeryüzü ortalama sıcaklığı düşük olduğundan radyasyon uzun dalga boyundadır. Atmosferdeki su buharı ve karbondioksit gazları yeryüzünden dönen radyasyonun önemli bir kısmını yutarak ısınır 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 [77].



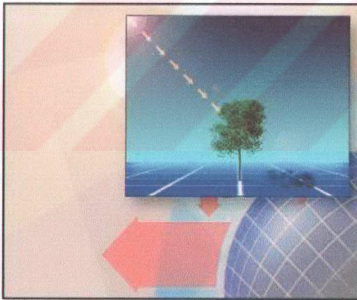
Şekil 4.3. Dünyaya Ulaşan Güneş Işını [61]



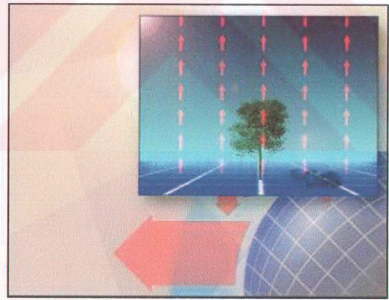
Şekil 4.4. Atmosferde Tutulan Güneş Işını [61]

Güneş ışınının tamamı yeryüzüne ulaşmaz, %30 kadarı dünya atmosferi tarafından geriye yansıtılır.

Güneş ışınının %50'si atmosferi geçerek dünya yüzeyine ulaşır. Bu enerji ile Dünya'nın sıcaklığı yükselir ve yeryüzünde yaşam mümkün olur. Rüzgar hareketlerine ve okyanus dalgalanmalarına da bu ısınma neden olur.



Şekil 4.5. Yeryüzüne Ulaşan Güneş Işınının Dağılımı [61]



Şekil 4.6. Yeryüzündeki Güneş Işınımı [61]

Güneşten gelen ışının %20'si atmosferde ve bulutlarda tutulur. Yeryüzüne gelen güneş ışınının %1'den azı bitkiler tarafından fotosentez olayında kullanılır. Bitkiler, fotosentez sırasında güneş ışığıyla birlikte karbondioksit ve su kullanarak, oksijen ve şeker üretirler. Fotosentez, yeryüzünde bitkisel yaşamın kaynağıdır.

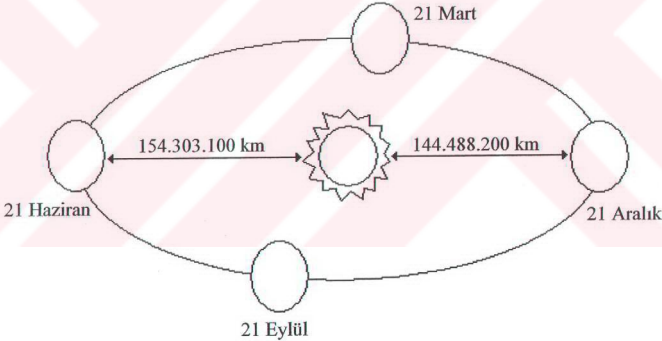
Dünyaya gelen bütün güneş ışınımı, sonunda ısıya dönüştür ve uzaya geri verilir.

Yeryüzüne gelen ortalama güneş radyasyon değeri yaklaşık $314\text{--}628 \text{ W/m}^2$ dır. Birim yüzeye gelen radyasyon değerinin çeşitli nedenlerle daha az oluşu geniş kollektör yüzeyini gerektirir ve bundan dolayı güneşli ısıtma sistemlerini ilk kuruluş maliyeti diğer enerji kaynaklarına göre daha fazla olabilir. Ancak uygun dizayn ve verimli çalışma ile tesisler kendini kısa zamanda geriye ödeyebilmektedir.

4.2. Dünyamız Güneşten Nasıl Enerji Alır

Güneş enerjisi dünyamıza radyasyon dalgaları halinde geldiğinden bu dalgaların dik olarak düştüğü yöreler en yüksek değerde enerji alır. Dalgaların açılı olarak düştüğü yöreler ise yansımadan ötürü nispeten daha az enerji alırlar. Aslında yaz ve kış mevsimlerini meydana getiren olay bundan başka bir şey değildir. Dünyamızın yaz aylarında güneşten daha fazla enerji almasının nedeni halk dilinde yorumlandığı gibi yazın güneşe daha yakın olması değildir. Zira durum bunun tam tersi olup kuzey yarı kürede Temmuz başlarında dünyamız güneşten 154.3 milyon km uzakta iken Aralık sonlarında bu mesafe 144.5 milyon km olarak hesaplanmıştır.

Dünyamız güneşin etrafında dönerken dikey durumda değildir. Kutuplardan geçen eksen dünyamızı güneşin etrafında çizdiği yörünge ile $23^\circ 27'$ bir açı oluşturur [77].



Şekil 4.7. Dünyanın Güneş Çevresinde Dönüşü [79]

4.2.1. 21 Mart ve 21 Eylül

Güneş ışınları ekvator hizasında dünyaya dik olarak gelir. Kuzey ve güney yarım kürelerde ise ekvatorдан uzaklaştıkça küçük açılarla düşer. Dünyanın her yöresinde güneşin doğmasıyla batması arasında tam 12 saatlik bir süre geçer [78].

4.2.2. 21 Haziran

Güneş ışınları yengeç dönencesi hizasında dünyaya dik olarak gelir. Dolayısıyla bu enlem üzerindeki bütün yöreler ekvatorдан 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 doğuşu ile batışı arasında tam 12 saatlik süre geçmesine karşın kuzeye doğru bu süre uzar. Güneyde ise bu süre kısalmır. Kuzey kutbunda güneş hiç batmaz. Güney kutbunda ise hiç doğmaz [78].

4.2.3. 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.

4.3. 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 bulundukları 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 [78].

4.3.1. Esas Güneş Açıları

Yeryüzündeki bir N noktasına gelen direkt güneş ısınımı doğrultusu, eğer o yerin enlemi (e), saat açısı (h) ve güneşin denklinasyon açısı (d) biliniyorsa tayin edilebilir. Bu açılara esas güneş açıları denir [78].

4.3.1.1. 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 [78].

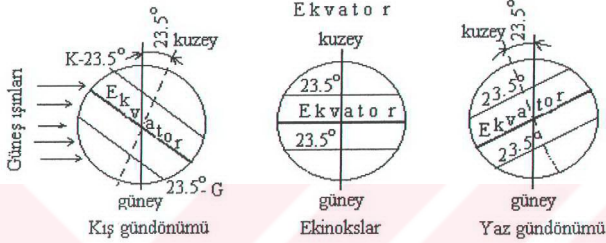
4.3.1.2. Saat Açısı (h)

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 [78].

4.3.1.3. Denklinasyon Açısı

Güneş ışınlarının ekvator düzlemi ile yaptığı açıdır. Bu açı dünyanın dönme ekseninin yörünge düzlemine normali ile yaptığı açı 23 derece 27 dakikalık açıdan ileri gelir [77].

Deklinaşyon, aylara ve mevsimlere göre, güneş ışınlarının dünyaya geliş açılarıdır. Şekil 4.8. 'de görüldüğü gibi, kuzey-güney doğrultusu ile dikey doğru arasında, ekinokslar hariç, daima bir açı vardır. Bu açının en büyük değeri, kış ve yaz gündönümlerinde, $23,5^\circ$ 'dir. 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 deklinaşyon açısı denir.



Şekil 4.8. Dünyanın Kendi ve Güneşin Çevresinde Dönüşü Sırasında Deklinaşyon Açısının Oluşumu [79]

4.3.2. Türetilen Güneş Açıları

Yatay veya eğik düzleme gelen güneş ışınımının hesaplanmasında düzlemle ve güneş ışınımının hesaplanmasında düzlemle ilgili açılardan yararlanılır. Zenit açısı, güneş yükseklik açısı, güneş azimut açısı gibi açılara denmektedir [77].

4.3.2.1. 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 $z=0$ derecedir. Güneşin doğusunda ve batısında $z = 90$ derece olur.

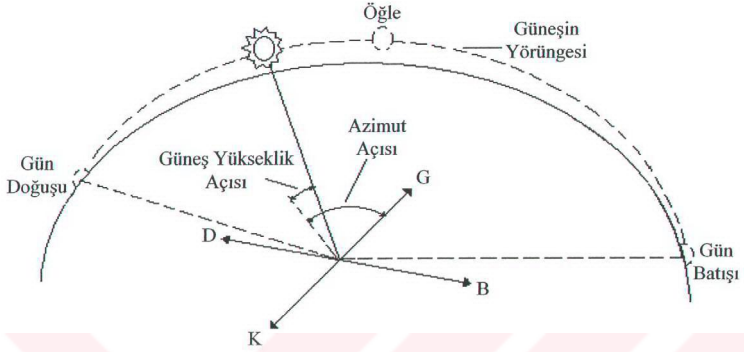
4.3.2.2. Güneş Yükseklik Açısı

Direkt güneş ışınlarının yatay düzlemle yaptığı açıdır. Açıkça görüldüğü gibi, yükseklik açısı zenit açısını 90 dereceye 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.

4.3.2.3. Güneş Azimut Açısı (α)

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 düzlemdeki izdüşümü ile güney doğrultusu arasındaki açıdır.



Şekil 4.9. Güneş Yükseklik ve Azimut Açıları [79]

4.4. 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 (DMİ) mevcut bulunan 1966-1982 yıllarında ölçülen güneşlenme süresi ve ısınım 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 ısınım şiddeti 1311 kWh/m²-yıl (günlük toplam 3,6 kWh/m²) olduğu tespit edilmiştir. Aylara göre Türkiye güneş enerji potansiyeli ve güneşlenme süresi değerleri ise Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1. Türkiye'nin Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Potansiyeli [61]

AYLAR	AYLIK TOPLAM GÜNEŞ ENERJİSİ		GÜNEŞLENME SÜRESİ
	kCal/cm ² -ay	kWh/m ² -ay	(Saat/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
TOPLAM	112,74	1311	2640
ORTALAMA	308,0 kCal/cm ² -gün	3,6 kWh/m ² -gün	7,2 saat/gün

Türkiye'nin en fazla güneş enerjisi alan bölgesi Güney Doğu Anadolu Bölgesi olup, bunu Akdeniz Bölgesi izlemektedir. Güneş enerjisi potansiyeli ve güneşlenme süresi değerlerinin bölgelere göre dağılımı da Tablo 4.2'de 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.

Tablo 4.2. Türkiye'nin Yıllık Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgelere Göre Dağılımı[61]

BÖLGE	TOPLAM GÜNEŞ ENERJİSİ	GÜNEŞLENME SÜRESİ
	(kWh/m ² -yıl)	(Saat/yıl)
G.DOĞU ANADOLU	1460	2993
AKDENİZ	1390	2956
DOĞU ANADOLU	1365	2664
İÇ ANADOLU	1314	2628
EGE	1304	2738
MARMARA	1168	2409
KARADENİZ	1120	1971

5. GÜNEŞ ENERJİSİNDEN ISITMADA YARARLANMA

Daha önceki bölümde de bahsedildiği gibi tükenebilir enerji kaynaklarının azalması ve maliyetinin artması, bu kaynakların kullanımı sonucu çevre kirlenmesi ve bunları önleyici tedbirlerin de maliyeti artırıcı unsurlar olması bilim adamlarını yeni kaynaklar aramaya itmiş ve bu zorunluluk karşısında çevre kirlenmeyi ve elde edilmesi nispeten çok ucuz olan enerji türü olarak güneş enerjisinden faydalanma ilkesi doğmuştur. Güneş enerjisi için üretim maliyeti söz konusu olmamakla beraber, bu enerjinin ısıtma ve iklimlendirmede kullanım maliyeti, kullanım yöntemine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Isıtma ve iklimlendirme alanında, güneş enerjisinin kullanımı başlıca iki yöntemle göre yapılmaktadır [80].

Birinci yöntem; güneş enerjisinin, toplayıcı-depolayıcı-dağıtıcı ünitelerinden oluşan aktif ısıtma ve iklimlendirme sistemleri aracılığıyla kullanımını içermektedir.

İkinci yöntem ise; yönlendirilmiş durumu, yapı formu ve dış kabuk termofiziksel özellikleri gibi yapısal parametrelere, güneş enerjisinden yararlanma açısından optimal değerler kazandırılarak, yapının pasif bir ısıtma ve iklimlendirme sistemi niteliğinde olmasını gerçekleştirmektedir.

Güneş enerjisini işleme koymak, bu enerjiyi daha yararlı diğer bir enerji türüne çevirmeyi içerir. Güneş enerjisi için en basit çevirme süreci güneş ışığının ısıya dönüştüğü süreçtir. Bu süreç, güneş ışınları dünyaya geldikçe devam etmekte ve ısıya çevrilerek dünyanın atmosferini ısıtması, bazı yerlerde insan nüfusu için bir yıl boyunca konforlu bir sıcaklık sağlaması açısından yeterli olmaktadır. Kutuplara doğru, kış aylarında günler kısalmaya ve güneş gökyüzünde çok alçalmaya başlamakta; fakat ısı kayıpları kazançlarından daha fazla olmakta; dolayısıyla soğuktan korunma, yaşamak için en önemli bir ihtiyaç haline gelmektedir. Geçtiğimiz on yıl içinde, soğuktan korunma amacıyla kışın güneş ışınlarının önemli bir kısmını ısıya dönüştürmenin uygun bir şekilde sağlanabileceği saptanmıştır. Bunun için gerekli olan en önemli husus, barınılacak yerin güneş ışınlarını içeri alacak ve ısı kayıplarını mümkün olduğu kadar önleyecek şekilde inşa edilmesidir; kış günlerinin kısalığı uzun kış gecelerinde meydana gelebilecek ısı kayıplarının azaltılması ile karşılanabilir. Başka bir ifadeyle binaların güneş enerjisi ile ısıtılması, ısıtım kazançlarının maksimize edilmesi ve ısı kayıplarının da minimize edilmesi ile sağlanmaktadır.

Bu bölüm; güneş enerjisinden ısıtmada yararlanılan sistemler, çalışma prensipleri, kullanılan ana elemanlar ve performansını etkileyen faktörler olarak üç grupta incelenmiştir.

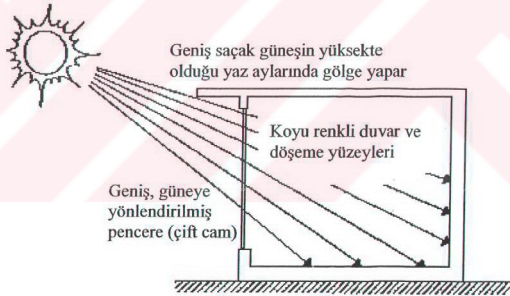
5.1. Güneş Enerjisi ile Isıtma Sistemlerinin Çalışma Prensipleri

Güneşe dönük olan herhangi bir koyu yüzey, güneş enerjisi toplayıcısıdır. Toplayıcı,

açık renge nazaran koyu olmasından dolayı ışık enerjisini yansıtma yerine yutarak bunu ısıya dönüştürmektedir. Fakat koyu renkli bir obje, hava soğuk olduğu zamanlarda oldukça verimsiz bir güneş enerjisi toplayıcısıdır. Çünkü objenin kazandığı ısı çevredeki soğuk hava tarafından derhal yok edilmektedir. Bunu önlemek amacıyla toplayıcıda cam, plastik veya cam elyafından meydana gelen bir üst örtü kullanılmaktadır. Genellikle dayanım süresinin uzunluğu, yüksek güneş enerjisi iletkenliği ve kolektörün yutucu yüzeyinden düşük kızıl ötesi iletkenliği özellikleri ile cam en çok kullanılan malzemedir [80].

Koyu renkli bir yüzey camla kaplandığında, basit anlamda güneş ısınımını içeri alıp ısıya çeviren ve daha sonra ısınım kayıplarını azaltan gayet verimli bir toplayıcı elde edilmiş olur. Bunun yanında camın yararlı başka yan etkileri de vardır; hava boşluğu yaratarak iyi bir izolasyon oluşturmak, yüzeyi rüzgar, yağmur, kar gibi dış hava şartlarından korumak ve “sera etkisi” olarak bilinen içeri giren ışığın, ısı veya ısınım olarak dışarı kaçmasını önlemektir.

Güneş enerjisi ile ısıtma, binanın odalarına, toplanan ısının dağıtımı ve gerekenden fazla olan ısının daha sonra (gece veya bulutlu havalarda) kullanımı için depolanması gibi ısı toplamaktan daha fazla işlev içerir. Aktif bir güneş enerjisiyle ısıtma sisteminde ısı binaya aktif olarak dağıtılır, pasif sistemde ise ısıyı dağıtmak için doğal kuvvetlerden yararlanılır. Örneğin, fan yerine doğal konveksiyon, pasif sistemlerde ısıtılan havayı hareket ettirecektir.

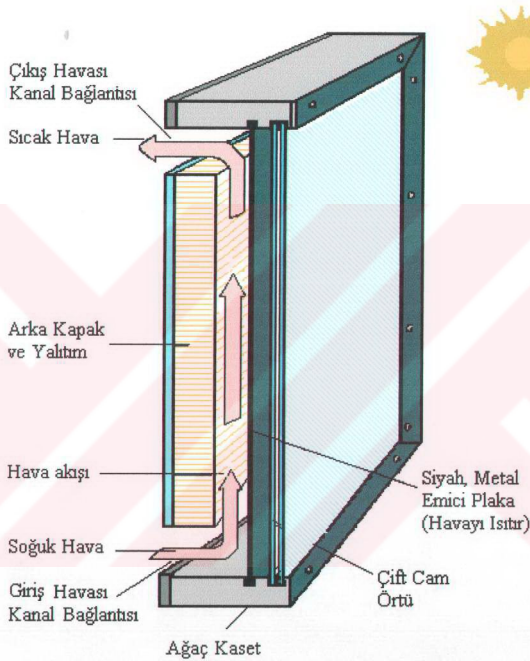


Şekil 5.1. Doğrudan Kazançlı Pasif Güneş Enerjisi Toplama Şeması [81]

Şekil 5.1’de, direkt kazanç yaklaşımı olarak bilinen basit bir pasif güneş enerjisiyle ısıtma sistemi şeması görülmektedir. Isı toplanması sera etkisi ile gerçekleşmekte, büyük çapta güneşe bakan yüzeyler güneş ışınlarını içeri almakta, koyu renkli duvarlar ve döşemeler güneş enerjisini yutmakta ve enerjiye dönüştürerek ısı haline gelmektedir. Isı odaya doğal konveksiyonla dağıtılmakta; duvar ve döşeme kenarlarındaki hava ısıtıldıkça yükselmekte ve soğuk alçalan havayla yer değiştirmektedir. Masif duvarlarda ve döşemelerde depolanarak yüzeyde toplanan ısı, yavaşça bırakılmaktadır. İyi tasarlanmış bir direkt kazanç sistemi ile bina

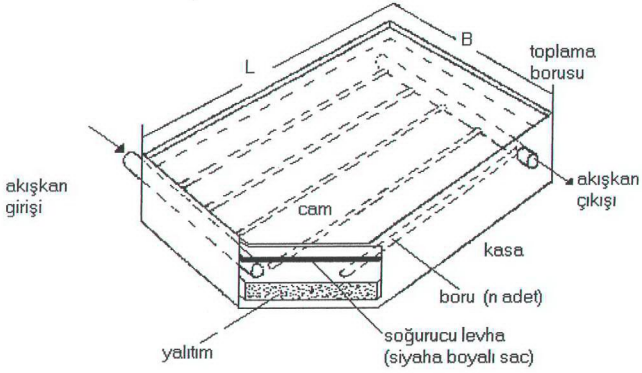
için gerekli olan ısınn %60~70'ini sağlayabilir [80].

Isıtma sistemlerinde, güneş enerjisi genellikle güneş yüzeylerindeki duvar veya çatılara monte edilen düz güneş enerjisi toplayıcıları panellerle gerçekleştirir. Her güneş enerjisi toplayıcısında, ısı transfer akışkanının dolaştığı tüpler veya kanalları mevcuttur. Isı transfer akışkanı ise hava, su veya toplanan ısıyı evin içine taşıyan diğeri bir maddedir. Şekil 5-2 basit bir hava tipi toplayıcının kesitini göstermektedir.



Şekil 5.2. Basit Hava Tipi Güneş Enerjisi Toplayıcısı [79]

Genellikle ısıtma sistemlerinde ısı, binanın içinde bir yerde ayrı bir depolama ünitesinde depolanmaktadır. Hava sistemlerinde depolama ünitesi küçük, 2~4 cm çapında taşlardan meydana gelen 2~3 m boyutundaki dikdörtgen bir ünite. Isı depolanması için, sıcak hava taşlar arasında dolaştırılmaktadır. Sıvı sisteminde ise, ısı depolama ünitesi iyi yalıtımı yapılmış bir su tankıdır [80].



Şekil 5.3. Basit Sıvı Tipli Güneş Enerjisi Toplayıcısı [79]

5.2. Güneş Enerjisinin Isıtmada Kullanılan Ana Elemanları

Tam bir güneş enerjisi ısıtma sistemi; toplayıcı, emici, depolayıcı, dağıtıcı ve ayarlayıcı olmak üzere beş elemandan oluşur. Bunların her biri ayrı bir işlev yerine getirir; ama böyle bir sistemin işleyebilmesi için bütün bu beş eleman ortak olarak etkili olurlar ve birbirlerini tamamlarlar [80].

Fakat güneş enerjisinden, ısıtmada yararlanılan sistemlerin elemanlarını beş ayrı grupta incelemek yerine toplayıcılar ve depolayıcılar olmak üzere iki ana başlık altında incelemek daha doğru olacaktır. Diğer emici, dağıtıcı ve ayarlayıcı elemanlar ise sistemin tamamlayıcısı olarak bu iki ana başlık altında incelenebilir.

5.2.1. Güneş Enerjisi Toplayıcıları

Güneş enerjisinden ısıtmada yararlanmak amacıyla, binadan doğal bir güneş enerjisi toplayıcısı olarak yararlanmak en basit yöntemdir. Bunun yanında kolektör olarak tanımlanan mekanik ekipmanlar da güneş enerjisi toplayıcısı olarak sistemin bir parçası gibi kullanılmaktadır. Dolayısıyla güneş enerjisi toplayıcılarını iki bölüme ayırmak ve ilk bölümde binayı güneş enerjisi toplayıcısı olarak incelemek, ikinci bölümde de kolektörleri ve türlerini güneş enerjisi toplayıcısı olarak incelemek gerekir.

5.2.1.1. Güneş Enerjisi Toplayıcısı Olarak Bina

Binaları güneş ısınımından faydalanarak ısı kazancını artıracak ve sıcak havalarda bu kazancı azaltacak şekilde tasarlayarak, binalardaki toplam ısı ihtiyacı ayarlanabilir. Genellikle mevsimlik ısı ihtiyacı sağlanması hesaplarına, güneş ısınımından elde edilen kazançlar dahil

edilmemiş ve maalesef çoğu araştırmalar soğuk havalarda güneş ışıınıından faydalanarak enerji ihtiyacını azaltacak çözümler bulunması yerine, sıcak havalarda güneş ışıınıından dolayı ortaya çıkan olumsuz etkilerden korunmak amacıyla tasarlanan, soğutma sistemlerindeki enerjilerin azaltılması üzerine geliştirilmiştir. Isıtma için uygun veriler hem anlaşılması daha zor, hem de tasarı sürecinde kullanılması daha güç verilerdir. Bu verilere dayanarak, yararlı tasarı ekipmanları geliştirmeye başlanmış ve bu konuda yapılacak geniş çalışmalar enerji ihtiyaçlarını azaltma konusunda büyük yarar sağlayacaktır.

Güneş enerjisinden yararlanmanın en uygun yolu, güneş ışıınlarının çatıdan, duvardan ve pencerelerden içeri girmesiyle gerçekleşebilir. Yalıtımlı çatılar ve duvarlar bunu pencereler kadar uygun şekillerde gerçekleştiremeyebilirler. Fakat bazı çatılar ve duvarlar yalıtımsız olsalar dahi (metal çatılar gibi), güneşin içeriye direkt olarak girmesine izin vermeyecek ama yüzeyi ısınacak, radyasyon ve kondüksiyon yoluyla büyük bir miktar ısıyı binaya iletecektir.

Koyu renkler açık renklere oranla güneş ışıınlarını daha çok yuttuğundan, çatı ve duvarların üzerindeki renklerle, binaya giren güneş ışıınıına bir miktar etki ederler. Az bir yalıtım kullanıldığında veya yalıtımsız bir ortamda renk çok önemli bir yer tutar, fakat yalıtım arttığı zaman renk etkisini kaybeder. Ilık veya sıcak iklimlerde, yüzeyler koyu renk olmalıdır.

Güneş ışıınıı değişik yönlere yönlendirilmiş yüzeylere değişen yoğunluklarda etki ettiğinden, bina kışın güneş ışıınlarını ısınmak amacıyla içeri alacak, yazın ise güneş ışıınlarından korunacak bir şekilde yönlendirilmelidir. Binalar; yükseklik, genişlik ve uzunluğunun birbirine olan oranlarına yani biçimine bağlı olarak güneş ışıınıından faydalanır. Optimum biçim, kışın güneş enerjisinden faydalanarak maksimum ısı kazancı sağlamakta, yazın da minimum güneş enerjisini alıkoymaktadır. Olgyay yaptığı araştırmada şunları ortaya koymuştur [82].

- 40° kuzey gibi yüksek enlemlerde, binaların güney yüzeyleri yazın elde ettiğı güneş ışıınıının iki mislisini kışın elde etmektedir. Doğü ve batı yüzeylerde bu oran yazın 2,5 misli olmaktadır.
- 35° kuzey gibi daha alçak enlemlerde, yazın elde edilen güneş ışıınıından daha fazla kışın elde edilmektedir. Ayrıca doğü ve batı cepheleri güney cephesine nazaran yazın 2 veya 3 misli ısı kazanabilir.
- İyi yalıtılmış ve güney cephesinde gölgeleme donatımları ile donanmış binalar, küçük pencereleri olan ve sürekli gölgelenmiş binalara nazaran fazla değişiklikler gösterir.
- Kare biçimli bir ev herhangi bir konumda optimum form değildir.
- Kuzey-güney aksına yerleştirilmiş bütün biçimler, kare biçimlerine nazaran hem kışın hem de yazın daha verimli çalışmaktadır.
- Her ne şekilde olursa olsun optimum form doğü-batı aksına yerleştirilen formdur.

Enerji tasarrufunun yanında bina biçimi de, toplam enerji kullanımını ve kaynak

tüketimini etkiler ve göze alınması gereken diğer hususlar da vardır. Örneğin binanın ihtiyacı ve kullanım amacı optimum biçimden daha başka bir biçim almasına neden olabilir veya doğal aydınlatma gerektiğinde pencerelerin yerleştirilmesi için daha çok dış yüzeye ihtiyaç olabilir.

Binalarda, güneş enerjisinden faydalanarak ısı kazançlarının değişik cephe yönlendirilmeleriyle belirlenmesi, binanın biçiminde, yönlendirmesinde ve pencerelerin konumlandırılmasında alınacak kararlara yardımcı olmaktadır.

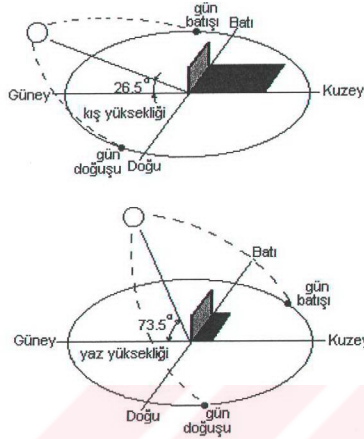
Güneş enerjisinden ısıtmada faydalanmada; renk, yönlendirme ve biçim belli bir önem taşımaya rağmen en önemli bileşeni teknolojik ve ekonomik gelişimiyle birlikte ortaya çıkan camdır. Cam, kısa dalga ışınlamayı hemen içeri iletmekte fakat ters yönde oluşan ve herhangi bir iç yüzeye çarptıktan sonra ışık enerjisinin ısı enerjisine dönüşümüyle sonuçlanan uzun dalga ışınlamayı hemen iletmemektedir.

Güney yönüne bakan pencerelerin tasarlanması, aynı zamanda içeride havalandırmaya gerek duyurmayacak şekilde fazla ısıyı emecek ve depolayacak termal kapasitesi olan bir bina tasarımı gerektirmektedir. Pencerelerin ve duvarların daha iyi yalıtım kapasiteleri olması ısı iletiminde daha az ısının kaybedilmesine ve ısı kapasitesinin çoğalmasına neden olmaktadır.

Büyük cam yüzeyler, masif duvarlara göre cam yüzeyinde meydana gelen daha fazla ısı kaybı yüzünden, ısınma sisteminde daha çok mali külfet getirmektedir. Aynı zamanda belli bir enlemde güneş ışınlamayı yoğunluğu değişmemesine rağmen dış hava sıcaklığına bağlı olarak ısı kayıpları değişmektedir. Buradan şu sonuç çıkmaktadır: camın kullanılması aynı enlemdeki soğuk iklimlere nazaran ılık iklimlerde mevsimlik ısı ihtiyacını azaltması açısından daha büyük bir potansiyel yaratmaktadır.

Güney cephesindeki bir pencereden kışın ortalama güneşli bir günde elde edilen güneş enerjisi miktarı aynı pencereden yazın ortalama güneşli bir günde elde edilenden daha fazla olmasının birçok sebebi vardır [80]:

- Yazın gündüz saatleri kışa nazaran daha çok olmasına rağmen, güney cephesindeki bir pencerede olası güneş ışınlamaları yazın nazaran kışın daha fazladır. Örneğin 35° kuzey enleminde, 21 Haziran'da 14 saatlik bir güneş ışınlamı meydana gelir fakat güneş kuzey doğuda 8:30'a kadar kalır ve kuzey batıya da 15:30'dan önce ulaşır; dolayısıyla güneye bakan yüzeylerdeki direkt güneş ışınlamı sadece 7 saattir. Halbuki 21 Aralık'ta güneş gökyüzünde olduğu 10 saat boyunca güney duvarları üzerindedir.
- Kışın yazın nazaran dünyanın güneşe daha yakın olması güneş ışınlamalarının kat etmesi gereken mesafeyi azaltmaktadır.
- Yazın güneş daha yüksektedir ve güneş ışınlamaları pencerelere daha dik açılarda gelmektedir (Şekil 5.4).
- Kışın yaygın gök ışınlamı (atmosferin yayılan etkilerine bağlı olarak) miktarı yazın nazaran iki mislidir.
- Güneş ışınlamalarının pencereye dik açılara yakın açılarla gelmesi, daha çok geçirgenlik sağlamaktadır. Kışın, güneş ışınlamaları dik açılara daha yakındır, dolayısıyla geçirgenlik daha fazladır.
- Uygun gölgelemeyle, pencere yazın direkt güneş ışınlamından korunabilir.



Şekil 5.4. 40° Enlemi için Kış ve Yaz Güneş Yükseklikleri [79]

Cam, enerji korunumu açısından da önemli bir elemandır. Isı yutucu veya yansıtıcı her türdeki cam, kalınlığı ve bileşimi aynı olduğu takdirde kondüksiyon yoluyla aynı miktarda ısı kaybeder; fakat geçirilen güneş ışınımı miktarı açısından çok büyük farklılıklar mevcuttur. Yazın; ısı kazancını azaltmak için, çift camlı bir yüzeyde yansıtıcı cam dış yüzeye ve düz cam içeriye konmalıdır. Bu aynı zamanda kışın ısı kaybını da önler fakat düz camın dışarıda, yansıtıcı camın iç yüzeyde olduğu konumda daha fazla ısı kazancı sağlar.

Kışın ısı kazancının maksimize edilmesi ve ısı kaybının minimize edilmesi gereken durumlarda iki tabakalı düz camlar kullanılmaktadır. Bu oluşum yazın dikkate alınabilecek miktarda ısı geçirgenlik yaratabilir fakat ağaçlar, tenteler veya panjurlar gibi gölgeleme elemanları ile ısı kazancı önenebilir. Bu pahalı camlar doğu ve batı yüzeylerinde daha çok göz önüne alınmalıdır çünkü bu cephelerin gölgelendirilmesi güney cephelerine nazaran daha zordur.

Senenin uygun zamanlarında güneş ışınımının bina içine girmesini sağlamak gibi diğer zamanlarda güneş ışınımının binaya girmesini engellemek de çok önemlidir. Bir çok iklim bölgelerinde kritik hava koşullarında güneş ışınımının binaya girmesini engellemek, soğuk havalarda içeri almaktan insan konforu açısından daha önemlidir. Değişik güneş yönlendirmelerine göre değişik cam türleri kullanmak gölgelemeyi sağlamak açısından en uygun metotlardan biridir. Özellikle doğu ve batı cephelerinde ve ısı kazancı azaltılmasının kritik olduğu bölgelerde, ısı yutucu ve yansıtıcı cam kullanmak çok yararlıdır.

Isı yutucu ve yansıtıcı cam türlerinin seçilmesinde dikkat edilmesi gereken özellikler aşağıdadır [80]:

- Yansıtıcı türden olan camlar ısı kazancını azaltırlar ve yazın avantaj olan bu sistem kışın daha çok dezavantaj olur.
- Parıltı kontrolü dışında, yansıtıcı ve ısı yutucu türden camlar, kuzey-kuzey doğu ve kuzey-kuzey batı yönlerinde kullanılması hemen hemen gereksizdir. 30° kuzey enleminin daha güneyinde bulunan bölgeler dışında, daha kuzeydeki bölgelerdeki bu cephelerde dikkate alınmayacak kadar az bir ısı kazancı vardır.
- 40° kuzey enleminin daha kuzeyinde kalan enlemler dışında hemen hemen bütün bölgelerde ısı yutucu ve yansıtıcı cam türleri güneye bakan cephelerde dikkate alınmamalıdır.
- Güney, güney doğu ve güney batı cephelerinde ısı yutucu veya yansıtıcı cam türleri kullanmak yerine bitkilerden veya elle kumanda edilen gölgeleme elemanlarından yararlanmak daha hassas çözümler getirmektedir.

Binadaki dört cephenin veya daha fazla cephenin aynı görüntüde olmasına gerek yoktur. Bu özellikler büyük cam alanları kullanılan binalar için geçerlidir. Cam kutular türünde binalar yapılmasına ekonomik, sosyal ve şahsi sebepler olmasına rağmen, camın bir tasarı elemanı olarak yanlış biçimde kullanıldığı açıktır.

Güneye bakan camlar, dışarıdaki camın üzerindeki gölgeleme elemanlarıyla kolaylıkla gölgelendirilebilir. Sabit gölgeleme elemanları ile ilgili en mühim zorluk gölgeleme miktarının dünyanın mevsimlerinden güneşin mevsimlerini takip etmesidir. Şöyle ki, güneş için yaz mevsiminin ortası 21 Haziran'dır, halbuki dünyadaki mevsimler için bu Temmuz'un sonu veya Ağustos'un ortasıdır. Örneğin 10 Ağustos için sabit bir gölgeleme elemanının sağladığı optimal gölgeleme 1 Mayıs için de geçerlidir [80].

Elle kumanda edilen gölgeleme elemanları daha uygundur; fakat dışarıya monte edilen elemanlar bakım ve yıpranma açısından kullanılması zor olan elemanlardır. Bununla birlikte, insanların kullanabileceği uygunlukta tasarlanmalı ve hatta kullanıcıların kendi konfor koşullarını kendileri ayarlayarak sisteme katılımda bulunmaları sağlanmalıdır.

Doğu ve batı cephelerine bakan camların gölgelendirilmesi yazın ve kışın güneş gökyüzünde alçak olduğu için oldukça zordur. Doğu ve batı cephelerindeki camları kuzeye veya güneye yönlendirerek gölgeleme imkanları yaratmak olası bir metottur. Camı kuzeye yönlendirerek sadece dolaylı güneş ışıını bina içerisine alınacaktır. Aynı şekilde güneye yönlendirilirse kışın bina içerisinde ısı kazancı da sağlanır [82].

5.2.1.2. Güneş Enerjisi Toplayıcısı Olarak Kollektörler

Güneş ışıını ile bir akışkanın sıcaklığının artmasını sağlayan gereçlere, güneş kolektörleri denir. Basit anlamda, bir yüzeye düşen güneş ışıınlarından bir kısmı yüzey tarafından yutulur ve akışkana iletim ve taşınım ile ısı geçişi olurken, dış yüzeyden de çevreye,

yüzey sıcaklığına ve ısı taşınım katsayısına bağlı olarak taşınım ile ısı geçişi olur. Yutulan ışımla çevreye olan ısı kaybının farkı faydalanılan güneş enerjisidir ve bu ısıtılmak istenen akışkana geçer.

Güneş enerjisini toplamak üzere tasarlanan mekanik ekipmanlar olan kolektörler, türlerine göre dört ayrı grupta incelenirler [83].

- Sıvı tipi düz güneş enerjisi kolektörleri
- Hava tipi düz güneş enerjisi kolektörleri
- Vakumlu kolektörler
- Odaklı kolektörler

Sıvı Tipi Düz Güneş Enerjisi Kolektörleri: Basit anlamda kolektör tasarımı, saydam örtü, hava boşluğu, yutucu (toplayıcı, soğurucu) yüzey, yalıtım ve kasa olmak üzere beş ana kısımdan meydana gelir. Bu kısımların her biri düz toplayıcılar için önemli bir bölüm teşkil ederler. Bu kısımların her biri için, tasarlama aşamasında çok dikkatli davranıp doğru kararlar vermek hem kolektör verimi hem de kolektörün kullanım süresini etkilediğinden büyük önem taşır [80].

Sıvı Tip Kolektörlerde Saydam (Üst) Örtü: Saydam örtünün en basit fonksiyonu güneşten gelen kısa dalga ışıınının kolaylıkla içe geçmesine izin vermek, yutucu yüzey tarafından emilmek ve yutucu yüzey tarafından yayılan uzun dalga ışıınının kaçmasını önlemektir. Bu prensip sera etkisi olarak bilinir.

Saydam örtü için bir çok malzeme kullanılmıştır, fakat halen en iyisi camdır. Camın esas faydaları güneşten gelen mor ötesi ışınlar karşısında kırılmaması ve yutulan enerjinin geri yansımaya izin vermemesidir. Başka bir ifadeyle, cam uzun dalga ışıınınına karşı opaktır. Daha ucuz ve kullanımı daha kolay olan plastiğe karşın camın dezavantajı ise daha ağır ve kırılabilir olmasıdır. Plastiklerde ise cama nazaran geçirgenlik genelde daha yüksek, güç daha fazla, ağırlık daha azdır. Güneş ışıınını geçirgenliği plastiklerde, cam levhalara nazaran daha yüksek olmasına rağmen, geçirgenlik yüzdesi plastiklerin kullanım süresine bağlı olarak düşmektedir. Plastikler cama nazaran daha düşük sıcaklıklarda kullanılırlar; pompalama mekanizmasında akışkan sistemini durduracak bir arıza meydana gelirse, durgunlaşan akışkan sıcaklığı plastiğin maksimum kullanım sıcaklığından daha fazla olabilir. Daha yüksek kullanım sıcaklığı olan camlar ise bu durumda daha az zarar vericidirler. Başka bir problem ise plastiğin yutucu yüzey tarafından yayılan uzun dalga ışıınının cama nazaran daha geçirgen olması ve dolayısıyla toplanan güneş ışıınının atmosfere kaçırma olasılığının daha fazla olmasıdır [80].

Bir güneş kolektörüne etki eden güneş ışıınını sonucunda belli bir miktarı saydam örtü tarafından yutulacak veya yansıtılacak ve gerisi geçirilecektir. Tablo 5.1'de normal geliş açısıyla güneşin etki ettiği düzgün camın, su beyazı camın ve temper camın diğer özellikleri verilmiştir. Dikkat edileceği gibi her cam tipinde ışık iletkenliği, yansıtıcılık kaybı ve emilicilik kaybı toplamaları %100 olmaktadır. Camın türüne bakılmaksızın yansıtıcılık kayıpları normal

geliş açısında %8 civarında olmaktadır. Değişen geliş açılarında yansıtıcılık yüzdeleri de değişecek ve dolayısıyla iletilen güneş ışımasını yüzdesi de değişecektir. 0° geliş açısının normal geliş açısı olarak tanımlandığına dikkat edilmelidir.

Tablo 5.1. Değişik Türdeki Camların Özellikleri [83]

Özellik	Düzgün Cam	Temper Cam	Su- beyazı Cam
Demir oksit içeriği,%	0.10-0.13	0.05	0.01
Işık iletkenliği,%	85-81	87-85	90.5
Yansıtıcılık kaybı,%	8.2-8.0	8.1-8.0	8.0
Emicilik kaybı,%	6.8-11.0	4.9-7.0	1.5
Cam kalınlığı, mm	3.18-4.76	3.18-4.76	4.76

Sıvı Tip Kollektörlerde Hava Boşluğu: Kollektörün ikinci bölümü hava boşluğundan meydana gelir. Hava boşlukları kollektör içindeki konvektif kayıpları azaltmaya yardımcı olurlar.

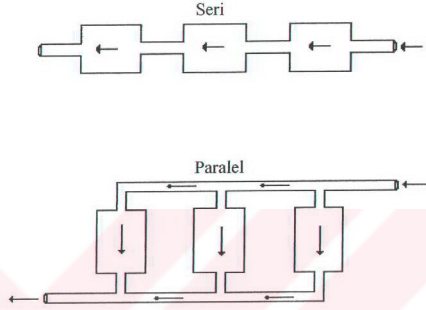
Sıvı Tip Kollektörlerde Yutucu (soğurucu) Yüzey: Yutucu yüzey, düz toplayıcıların üçüncü kısmını teşkil eder. Genellikle alüminyum veya bakır gibi metal bir malzemeden yapılır ve seçici veya seçici olmayan bir yutucu ile kaplanır. Bakır, alüminyum veya çeliğe göre en yüksek termal iletkenliği olan metaldir [80].

Soğurucu, toplayıcının güneş enerjisini ısı enerjisine dönüştüren ve topladığı ısı enerjisinin ısı taşıyıcı akışkana aktaran bölümüdür. Sıvı toplayıcının soğurucusu sac-boru sistemiyle yapılabileceği gibi, taşıma kanalları, roll-bond, ekstrüzyon, presleme, sıvama, ve direnç kaynağı veya benzeri işlemlerden biri ile doğrudan soğurucunun içinde de oluşturulabilir. Sıvılı toplayıcının soğurucu kalınlığı en çok 2.0 mm olmalıdır. Soğurucu kaplaması mor ötesi ışınlara, sıcaklığa ve rutubete karşı dayanıklı olmalı, soğurma özelliği zamanla çok değişmemelidir. Normal çalışma şartlarında buharlaşarak azalmamalıdır [84].

Çoğu güneş enerjisi donanımlarında, birden fazla kollektör kullanılmaktadır. Bu da kolektörün birbirine nasıl bağlanması gerektiği sorusunu doğurmaktadır. İki ana bağlantı prensibi Şekil 5.5’de gösterildiği gibi, paralel ve seri bağlamadır. Kollektörler birbirine bağlandığı zaman basınç düşmeleri göz önüne alınmaktadır. Paralel bağlanan kollektörlerde, bütün kollektörler arasındaki basınç düşmesi, herhangi bir kollektördeki basınç düşmesine eşittir. Seri bağlanan kollektörlerde ise basınç düşmesi bütün kollektörlerdeki basınç düşmesinin toplamına eşittir.

Yutucu yüzey konusunda yapılan tartışmalar, kullanılan yutucu yüzey kaplaması üzerinde yoğunlaşmaktadır. Yutucu yüzey kaplamasının ana fonksiyonu yutulan ısıyı alıkoymak

ve uzun dalga yayımını azaltmaktır. Bir malzemenin yayıcılığı, malzemenin uzun dalga ışımasını yama kapasitesini arttıran nümerik bir değerdir. İdeal yutucu yüzey kaplaması ise o yayıcılık değeri olan yani uzun dalga ışımasını yaymayan bir malzeme olmalıdır. Bir malzemenin yutuculuğu ise yutulan enerji miktarıdır Bu da nümerik bir değerle tanımlanır. İdeal yutucu olan bir yüzey, yutuculuk değeri olarak 1.0 değerine sahip olmalıdır. Pratikte bu değer 1.0'dan az olacaktır, çünkü malzeme bir kısım enerjiyi yutmayıp, yansıtacak ve yayacaktır [80].



Şekil 5.5. Paralel ve Seri Kollektör Bağlantısı [83]

Doğal olarak yutuculuğu yüksek, yayıcılığı düşük bir malzemenin daha yüksek bir verimi olacaktır. Bazı seçici malzemeler ideal yutuculuk değerine yaklaşırlar. Kural olarak kollektör sıcaklığı arttıkça toplayıcının verimi düşer. Bunun sebebi kollektörlerle, dış hava arasındaki sıcaklık farkının sonucu olarak kollektördeki ısı kayıplarının büyümesidir.

Sıvı Tip Kollektörlerde Yalıtım: Yan ve arka yalıtım, toplayıcının yan ve arka yüzlerinden olacak her türlü ısı kayıplarını en aza indirmek amacıyla ısı iletkenliği düşük, genellikle tabaka halindeki maddelerle yapılan ısı yalıtımıdır. Kasanın yan yüzeyleri ve arkasında sırasıyla 20~50 ve 50~100 mm kalınlığında, cam yünü veya buna eşdeğer yalıtım sağlayan kalınlıkta yalıtkan kullanılmalıdır.

Yalıtım; güneş enerjisi kolektörlerinde kondüksiyona bağlı meydana gelen ısı kayıplarında önemli rol oynar. Genellikle yutucu yüzeyin arkasına ve çerçevenin kenarlarına yerleştirilir. Yutucu yüzey ile yalıtım arasında bir hava boşluğu bırakarak, termal verim artırılır ve böylece yalıtım direkt olarak yutucu yüzey ile ilişki içinde bulunmaz.

Güneş enerjisi kollektörlerinde kullanılan yalıtımın türü, göz önüne alınması gereken majör faktördür. Eğer kollektör sıcaklığı yalıtımın üst sıcaklık limitlerini aşarsa, yalıtım tutuşabilir veya bileşimine bağlı olarak zehirli gazlar çıkarılabilir.

Sıvı Tip Kollektörlerde Kasa: Kasa; toplayıcının yutucu yüzey, taşıma kanalları ve yalıtım gibi bölümlerini dış etkenlerden koruyan, ön yüzü üst örtü ile kapatılmış, yan yüzeyleri ve

arkası metal veya uygun sentetik vb. malzemeden yapılmış bölümüdür. Kasa, yalıtkanın ıslanmasını önleyebilecek sızdırmazlıkta olmalı ve özellikle toplayıcı giriş ve çıkışlarında kasanın tam sızdırmazlığı sağlanmalıdır. Kasa, mor ötesi ışınlara dayanıksız plastik malzemelerden yapılmış ise kullanma sırasında bu ışınlardan korunmalıdır.

Sıvı toplayıcılarda sızdırmazlığın %100 sağlanamadığı durumlarda kasanın alt kenarına toplanacak suyu dışarı akıtmak üzere yutucu yüzey seviyesinde veya bu seviyenin altında ve boydan boya yeterli sayıda, ayrıca tam karşılıklı ikişer adet 2~3 mm çapında delik açılmalıdır.

Sıvı tipi düz kolektörlerde ana kontrol, kolektör içindeki sıvı akışını düzenleyecek sıcaklık farklarını kontrol etmektir. Kontrol aletinin kolektöre bağlı kullanımı kolektörün fazla ısınmasını önlemek içindir. Yüksek ısınmadan dolayı akışkanın fazla ısınması nedeniyle durgunlaşması sonucu kolektörün veya yutucu yüzey kaplamalarının bazı bölümleri yıpranabilir.

Kolektör bakımı ise kolektörün konstrüktif malzemelerinin tipine ve kolektörün maruz kaldığı çevre koşullarına bağlıdır. Bakır en emniyetli yutucu malzeme olup, alüminyum ve çelik ise bakım açısından daha çok problem çıkartırlar. Alüminyum veya çelik yutucu yüzeylerde korozyon, suya krome bazlı karışımlar ilave ederek veya antifriz ilavesiyle azaltılabilir fakat korozyonun bir problem yaratmayacağına dair kesin bir garanti yoktur. Donma ihtimalinin olduğu bölgelerde ise antifriz kullanımı suların donması ve boruları patlatması problemine karşı gereklidir. Korozyon problemleri sıvı tipi düz toplayıcılarda karşılaşılan en büyük sorunlardır.

Hava Tipi Düz Güneş Enerjisi Kolektörleri: Hem mekan ısıtmada ve hem de su ısıtma uygulamalarında kullanılabilir. Hava tipi kolektörlerin, sıvı tip kolektörlere nazaran asıl avantajı donma ve korozyon problemlerinin olmamasıdır. Isıtma için hava sistemi kullanıldığında, ısıtılan hava direkt olarak mekana pompalanır ve ısı iletiminde, sıvı tiplerde gerçekleşen verimsizlik burada söz konusu olmaz. Hava tipi kolektörün dezavantajı ise havanın su kadar çok ısı enerjisi tutmamasıdır. Sıvılı kolektörler daha fazla enerji toplar ve daha verimli olur. Buna sebep, havalı kolektörlerin daha fazla ısı kaybetmesidir. Havalı kolektörün emici plakasının sıcaklığı daha yüksek olacağından çevreye olan ısı kaybı da artar. Suyun ısı taşımadaki verimliliği daha yüksek olduğundan, sıvılı kolektörlerde emici plakanın sıcaklığı, içindeki ısı taşıyıcı akışkandan sadece birkaç derece yüksektir. Hava iyi bir ısı taşıyıcı değildir. Bu nedenle, hava kolektörlerinin emici plaka sıcaklığı, içlerinde dolaşan hava sıcaklığından 15°C daha fazla olabilmektedir. Emici plakanın sıcak olması daha fazla ısı kaybına neden olmakta ve dolayısıyla verim düşmektedir. Bu yüzden sıvı sistemin ilettiği aynı miktar enerjiyi kolektörde toplayabilmek ve eve iletmek için hava tipi sistemlerde daha geniş kanallar kullanılmalıdır. Ayrıca hava tipi sistemlerde ısıtılan havayı depolama tanklarına iletmek için daha güçlü motorlar kullanılmaktadır.

Kollektörün ana kontrolü, kollektörün içinde dolaşan havayı düzenleyen fanı kontrol eden termostattır. Sıvı tipi kollektörlerde olduğu gibi, hava kollektörü de sabit bir pozisyonda kalmakta ve güneşin hareketleri ile birlikte hareket eden mekanik bir alet kullanılmamaktadır. Herhangi bir aksaklık olduğunda, hava akımı kesildiği zaman olası zararlı sonuçlar sıvı tipi kollektörlere nazaran o kadar fazla değildir.

Havalı toplayıcılar uzun ömürlü, ağırlıkça hafif, verimleri üniform ve hacim ısıtması için uygun sistemlerdir. Havalı güneş kollektörleri, tarımsal ürünlerin kurutulması, seraların ısıtılması ve hava bazlı bina ısıtma sistemlerinde kullanılır. Havalı kollektörlerin konutların ve küçük ticari binaların ısıtılmasında ve kurutma işlemlerinde kullanımları artarken, sıvılı kollektörler de büyük binaların ısıtılmasında endüstriyel ısıtma işlemlerinde ve güneşli soğutmada da kullanılmaktadır.

Hava tipi sistemler, sıvı tip sistemlerde olduğu gibi beş kısımdan meydana gelirler

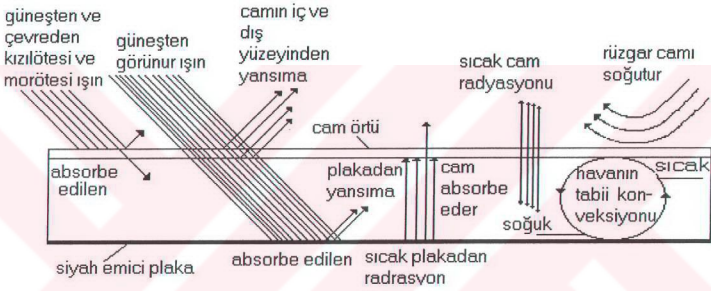
Havalı Tip Kollektörlerde Saydam Örtü: Kollektör örtüsü, taşınım ile çevreye olan ısı kaybını azaltmanın yanında kollektöre güneş ışınımının girişinin sağlanması ve yutucu yüzeyin yağmur, dolu ve toz gibi dış etkenlerden de korunmasını sağlar. Kullanılan saydam örtünün; kısa dalga boylu güneş ışınımını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

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

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

Saydam örtünün amacı, güneş ışınımını içeri alıp, çevreye olan ısı kayıplarını azaltmaktır. Örtüler, gelen güneş ışınımının büyük bir kısmını geçiren, buna karşılık çevreye taşınım ile ısı transferini ve yutucu yüzeyin yaydığı uzun dalga boylu ışınım kayıplarını en aza indiren levha veya film türünde malzemelerdir.

Güneş kolektörünün çoğunun vazgeçilmez bir parçası transparant (ışığı geçiren) örtüsüdür. Cam yada plastik olan örtü her zaman gerekli olmayabilir. Dış hava sıcaklığının yüksek olduğu yaz aylarında bir yüzme havuzu kolektörü örtüsüz daha iyi çalışabilir. Dış hava sıcaklığı düştüğünde, toplanacak ısı enerjisinin artırılması için, örtü malzemesi önemli olmaktadır. Örtü malzemesi ısı kayıplarını iki şekilde düşürür. Bunlardan birincisi, görünür ışınları geçirerek, kızıl ötesi (infraruj) ışınları geçirmeme özelliğidir (Şekil 5.6). Üzerlerine gelen güneş ışınlarının görünebilir olanlarını emici plakaya geçirirler. Emici plakadan olan radyasyonu dışarıya bırakmayarak bir kısmını tekrar emici plakaya yansıtırlar. İkincisi; örtü malzemesi, rüzgar ve tabii konveksiyon yoluyla, emici plakanın soğumasını önleyerek ısı kayıplarını önemli ölçüde düşürür [79].



Şekil 5.6. Tek Camlı Kolektörde Enerji Prosesleri [79]

3 mm kalınlığındaki cam, üzerine düşen güneş ışığının, görünebilir kısmının %82~90'ını geçirir. Yaklaşık %8 oranındaki ışık geriye yansıtılır (%4'ü arka yüzünden). Geriye kalan kayıp, ışığın camdan geçişi sırasında cam tarafından absorbe edilmişindendir (Şekil 5.6). Absorbe edilen ışık miktarı, camın ihtiva ettiği demir oksit (Fe_2O_3) oranına bağlıdır. Normal camda demir bulunur ve üzerinden geçen ışığın yaklaşık %6~7'sini absorbe eder. Demir oranının artması ile absorbe edilen ışık miktarı da artar. Fazla demir ihtiva eden cam, kenarlarından bakıldığında daha yeşil görünür. Kaliteli camlar güneş kolektörünün verimliliğini yükseltir. Kaliteli camların fiyatları daha pahalıdır. Düşük oranda demir ihtiva eden 3 mm'lik cam, üzerinden geçen güneş ışığının %4~5'ini absorbe eder. Su rengindeki 3 mm'lik camın absorbe ettiği ışık ise sadece %1~2 oranındadır. 3 mm kalınlığındaki çeşitli cam türlerinin ve diğer örtü malzemelerinin toplam geçirgenlikleri ile diğer bazı özellikleri Tablo 5.2' de verilmiştir.

Örtü malzemesinin geçirgenliği diğer faktörlere de bağlıdır. Güneş ışınlarının örtü malzemesine geliş açısı eğik ise camın absorbe ettiği ışın miktarı artarken, camdan geçen ışın miktarı azalır. Bu nedenle, güneş ışınlarını dik alabilen kolektörün verimi daha yüksektir.

Bundan başka örtü malzemesinin sayısı geçirgenlikte etkili olur.

Genel olarak örtü malzemesinin sayısı arttıkça;

- Kollektörden ısı kayıpları azalır
- Kollektörün alabileceği güneş ışını azalır

Tablo 5.2. Bazı Saydam Örtülerin Özellikleri [85]

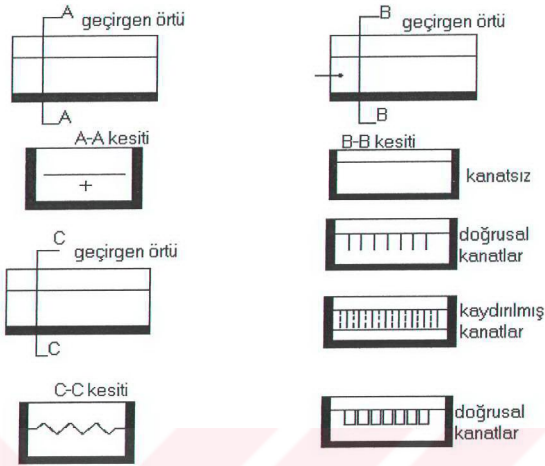
Test	Polyester	Polikarbonat	Güçlendirilmiş plastikler	Temiz cam	Düşük demirli cam	Su beyazı cam
Geçirgenlik	85	82-89	77 - 90	85	87	85-91
Max. işletme Sıcaklığı (°C)	100	120-135	95	210	120	210
Gerilme Direnci Mpa (10^6N/m^2)	166	66	104 – 117	11• 44*	11• 44*	11• 44*
Isıl genleşme katsayısı	27	68	32 - 40	8.9	9	8.7-15
Elastite modülü Mpa (10^6N/m^2)	3800	2380	7600	72.500	72.500	72.500
Kalınlık (mm)	0.025	3.2	1.0	3.2	3.2	3.2
(N/m^2)	0.34	37	14	78	78	78
Max. yükleme	-	-	-	-	-	1440:2.8• 4790:2.6*
Ömür (yıl)	4	-	7 - 20	-	-	30'dan çok

(•) Tavlanmış, (*) Temperlenmiş

İki cam ideal olurken, üç cam yüksek çıkış sıcaklığı sağlar, fakat verimi düşürür. Yüksek sıcaklık temin eden bir kollektör verimlidir denemez. Bütün sıcaklıklarda, gelen ışın miktarını azaltan örtü malzemesi, kollektör verimini düşürür. Üç örtü malzemesi soğuk ülkelerde ve yüksek sıcaklık istenildiği durumlarda gerekli olabilir [79].

Yapılabilecek özel yüzey işlemleri camın performansını yükseltir. Basit ve etkili bir yüzey işlemi, camı asit banyosuna tabi tutmaktır. Bu işlem normal camın yansıtıcılığını büyük ölçüde düşürür. Bu şekilde işleme tabi tutulan cama, yansıtmayan (antirefleks) cam denir. Yüzey işlemine tabi tutulmayan normal bir cama göre, geçirgenlik %6-7 artırılmış olur. Bu işlem, bütün çalışma sıcaklıklarında verimlilikte %10-15 artış sağlar.

Havali Tip Kollektörlerde Hava Boşluğu: Yutucu yüzey ile üst örtünün arasında kalan hava boşlukları veya yutucu yüzey ile kollektörün arkasında kalan hava boşlukları, ısıtılmamış havanın ısıtılmak üzere kollektöre taşınmasına yardımcı olur. Şekil 5.7'da değişik türde havali kollektör tasarımları görülmektedir.



Şekil 5.7. Farklı Havalı Kollektör Tasarımları [85]

Havalı Tip Kollektörlerde Yutucu Yüzey: Hava tipi kollektörlerdeki yutucu yüzey, güneş enerjisini toplamak ve kollektör içindeki dolaşan havaya iletip ısıtmak için kullanılır. Hava bütün yutucu yüzeyin üzerinde dolaştığından, ısıtılan havayı toplayabilmek için yutucu yüzeyin metal olması gerekmez. Yutucu malzeme olarak kullanılan malzemeler bu sebeple çok çeşitli olabilir. Sadece ana kriterler; tüm yutucu yüzeylerin siyah olması, güneşten direkt olarak ısıtılması ve kollektör içinde sirküle eden havayla direkt iletme girmesidir. Yutucu yüzey için herhangi bir maddeden yararlanılabilir. Kollektörün verimi yutucu yüzey kaplamasına, geometrisine ve yüzey için seçilen malzemenin özelliğine bağlı olarak değişir.

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

Yutucu yüzey kaplamaları, seçici yüzeylerde kullanılabilir. Seçici yüzeyler kısa dalga boylu ışınımın tamamına yakınını yutar ve uzun dalga boylu ışınımın yayıcılığını en aza indirir. Bu şekilde plakanın sıcaklığı artırılarak, akışkana daha fazla ısı iletimi sağlanır. Seçici yüzeyler

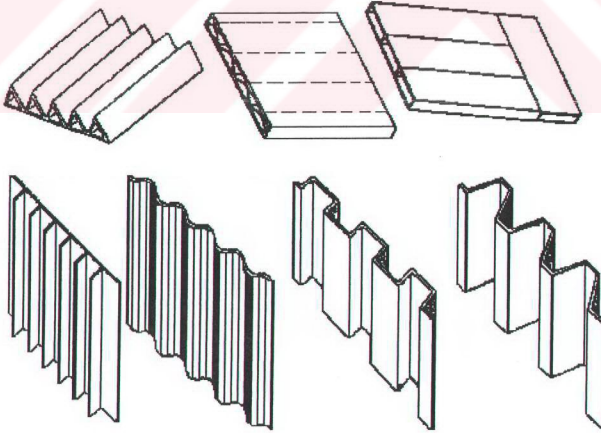
sıcaklık yükselmesinde daha az ısınım yayarlar, dolayısıyla kollektör verimi yüksektir. Seçici yüzeyleri hazırlamak için, sputtering, kimyasal buhar depozisyonu, metal spreyi, kimyasal oksidasyon ve elektroliz gibi çeşitli teknikler kullanılır. Bu teknikler arasında, elektroliz işlemi, gerek basit gerekse ekonomik olması nedeni ile yaygın olarak kullanılmaktadır [79].

Güneş kollektörlerinde güneş enerjisini toplayan ve bu enerjiyi akışkana aktararak faydalı enerjiye dönüştüren iyi bir yutucu yüzeyden şu özellikler beklenir.

- Üzerine gelen kısa dalgalı ışınlamalar (görünür ışınlar) yutma oranı büyük, buna karşılık neşretme oranı küçük olmalıdır.
- İşletme sıcaklığına dayanıklı olmalıdır.
- Değişik çevre şartları karşısında uzun ömürlü olmalı ve yıllar sonra rengi değişmemeli, soyulmamalıdır.
- Gerekğinde kolayca temizlenebilmelidir.
- Kollektöre ilave masraflar getirmemelidir.

Havali kollektörlerde yutucu yüzey ile çalışma akışkanı hava arasında taşınım ile ısı transfer hızı küçük olduğundan yutucu yüzey olarak seçilen malzemenin ısı transfer alanı hacim oranının büyük olması gerekmektedir. Bu şekilde ısı transfer alanı büyüyeceğinden akışkana aktarılan enerji artar. Büyük ısı, transfer alanı/hacim oranına sahip yutucu yüzeylerde güneş ışınları derinliğine absorbe edilir. Yutulan ışınlam miktarı da bu özellik nedeniyle artar.

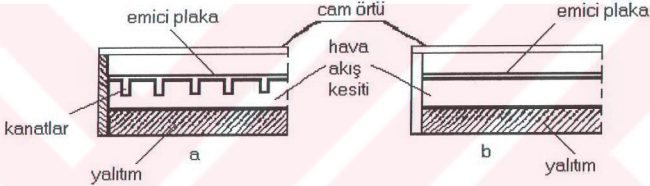
Yutucu yüzey olarak genellikle bakır, alüminyum ve paslanmaz çelik, siyah boya ile boyanarak veya kaplama işlemi uygulanarak (seçici yüzey) kullanılmaktadır. Şekil 5.8'da çeşitli yutucu yüzey şekilleri görülmektedir.



Şekil 5.8. Havali Toplayıcıların Yutucu Yüzey Şekilleri [85]

Kullanılacak boya ısıya dayanıklı ve düz yüzeyli olmalıdır. Isıya dayanıklı boyalar genellikle silikon ihtiva ederler ve 400°C 'nin üzerindeki sıcaklıklara dayanabilirler. Boyaların yutma oranları yüksektir, aynı zamanda neşretme oranları da yüksektir. Bu oranların her ikisi de yaklaşık %90~95 mertebesinde dir.

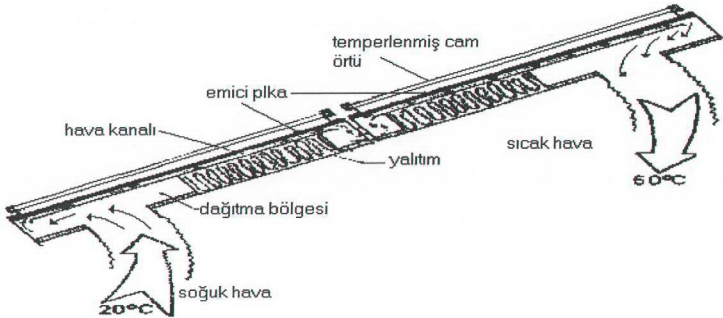
Isı taşıyıcı olarak havanın kullanılması, basit bir kollektör dizaynının yanında, sıvılı kollektörlere göre bazı üstünlükler de sağlar. Havanın emici plakaya korozif etkisi yoktur. Hava donmaz ve kaynamaz. Hava sızıntılarının, su sızıntıları gibi, zararlı etkisi de yoktur. Havanın iyi bir taşıyıcı olmaması bir dezavantajdır. Su ve diğer sıvılar gibi, ısıyı çabuk alıp bırakma özelliği zayıftır. Bu nedenle, havalı kollektör emici plakaları, ısıtılan yüzeyleri çoğaltmak ve ısı transferini geliştirmek için, kanatlı yapılırlar. Kollektörden dolaştırılan hava debisinin artırılması da ısı transferini artırır. Hava debisinin artırılması hava kanallarının ölçülerini de büyütür. Genel olarak havalı kollektörlerin verimliliği, sıvı kollektörlerine göre daha düşüktür.



Şekil 5.9. Hava Kollektörü Emici Plakası [79]

a) Kanatlı b) Kanatsız (düz)

Hava kollektörlerinde emici plakanın özelliğindeki çok küçük değişimler kollektör performansını da bir çok yönden etkiler. Şekil 5.9'de kanatlı (a) ve kanatsız-düz (b) havalı kollektör emici plakaları görülmektedir. Emici plakanın altındaki kanatlar kollektör verimliliğini artırır. Kanatların altta olması radyasyon kayıplarını düşürür. Havanın akışı, emici plaka altındaki kanallardan olmaktadır ve kollektörün altı ısı kayıplarına karşı yalıtılmıştır.

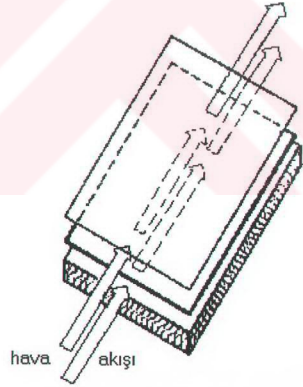


Şekil 5.10. Düz Emici Plakalı, Seri Bağlı Hava Kollektörü (Çift Camlı) [79]

Havali kollektörlerde, havanın kollektör içinden akışı camla emici plaka arasında yapılmamalıdır. Aksi takdirde, emici plakadan ısı alarak ısınan hava camdan dışarıya ısı kaybeder. Havada bulunabilecek tozların da emici plaka üzerinde kalarak plakanın verimliliğini düşürmesi söz konusudur. Havanın akışı emici plakanın altından yapılarak yukarıda belirtilen sakıncalar giderilebilir. Şekil 5.10'de birbirine seri bağlanmış iki hava kollektörü görülmektedir. Havanın kollektör içinden akışı emici plakanın altındandır.

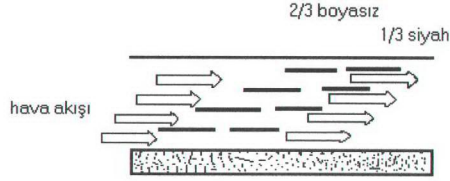
İki yönlü hava akışı olan düz yüzeyli kollektörlerde (Şekil 5.11) daha soğuk olan, kollektöre giriş havası, emci plakanın üstünden geçer. Kısmen ısınmış olan havanın çıkışı emici plakanın altından olur. Daha sıcak olan hava camla temasta olmadığı için ısı kayıpları azalır. Bu basit kollektörün maliyeti de ucuzdur. Havanın emici plakanın üstünden akması emici plakanın ve camın zaman zaman temizlenmesini ya da havanın filtrelenmesini gerektirir.

Aynı yönlü, iki akışlı kollektörde hava, emici plakanın alt ve üstünden aynı yönde akar (Şekil 5.12). Böylece emici plakanın yüzeyi iki kat artırılmış olur. Cam tarafındaki üst yüzeyde ısı kaybı olur. Fakat kazanılan ısı kaybedilenden daha fazladır. Cam tarafından akan hava emici plaka ve cam iç yüzeyinde toz birikmelerine neden olur. Bu tozların zaman zaman temizlenmesi ya da giriş havasının bir filtreden geçirilmesi doğru olur. Ara sıra temizlik gerektirir.



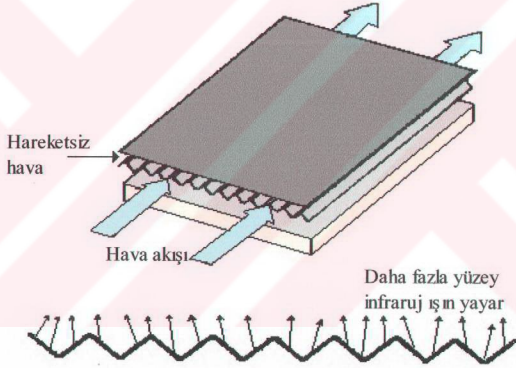
Şekil 5.11 Zıt Yönlü, İki Akışlı Hava Kollektörü Şekil 5.12 Aynı Yönlü, İki Akışlı Hava Kollektörü [79]

Birden fazla cam emici plakanın, üst üste olduğu hava kollektörünün (Şekil 5.13) dizaynı da aynı yönlü iki akışlı hava kollektörüne benzer. Hava cam plakanın her iki yüzeyinden de akar. Cam plakanın temiz kısımları kızılötesi ışınları dışarıya göndermeyeceğinden kollektör verimi yükselir. Bu kollektör oldukça hacimli, pahalı ve yapımı zordur.



Şekil 5.13. Üst Üste Emici Plakaları Cam Olan Hava Kolektörü [79]

Şekil 5.14 “V” şeklinde oluklu bir emici plakayı göstermektedir. Oluklar, kanatlı plakadakiler gibi görev yapar. Emici plakanın yapımı kanatlı plakadan daha kolaydır. Oluklu emici plakalar, düz yüzeyli plakalar kadar iyi çalışmazlar. Oluklar plaka yüzeyini artırır. Plaka yüzeyinin artırılması kızılötesi (infraruj) ışın radyasyonunu da artırır. Böylece ısı kayıpları da artacağından verim düşer.



Şekil 5.14. Oluklu Plakalı Hava Kolektörü [79]

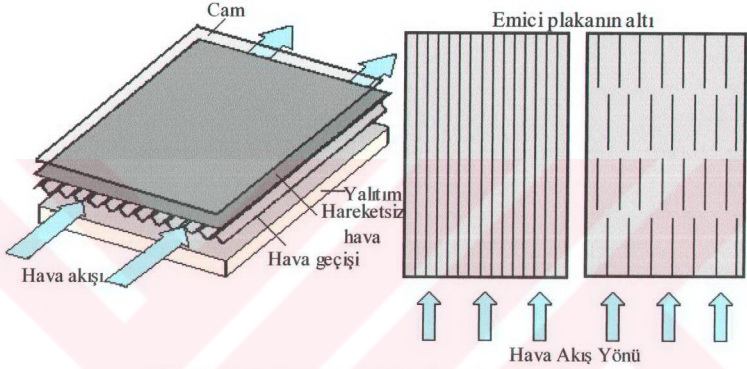
Hava kolektörlerinin performansını yükseltmek için göz önüne alınması gereken hususlar aşağıda belirtilmiştir;

- Hava kolektörlerinin güneşi gören yüzeyleri düzgün olmalıdır
- Hava akışı sırasında, hava geniş yüzeylere temas etmelidir
- Havanın kolektör içindeki akışı türbülanslı olmalıdır
- Hava emici plakanın arkasından geçmeli, ölü hava hacmi emici plakanın ön yüzünde olmalıdır.
- Kullanılan emici plaka malzemesi metal olmalıdır. Alüminyum yada galvanizli sac iyi malzeme olabilir.

Performansı arttırmak için sayılan bu hususlar;

Emici plakanın güneş ışını alan yüzeyleri düzgün olması plakanın arkasındaki kanatlar, sıcak yüzeylerin artırılması demek olduğundan, plakadan havaya ısı iletimini artırır.

Kanatlar hava akış doğrultusuna paralel olmalıdır. Bu şekilde havanın akışına direnç göstermezler. Havanın, emici plakanın altından akışı, plaka üstünün ve cam iç yüzeylerinin tozlanmasını önler. Camla plaka arasındaki ölü hava hacmi, yalıtım görevi yapar. Kanatlı emici plakalar düz plakadan daha pahalıya mal olur. Kanatlar arasındaki uzaklık 2.5 cm kadar olmalıdır. Kanatların emici plaka altındaki biçimi Şekil 5.15'deki gibi iki şekilde olabilir.



Şekil 5.15. Emici Plaka Altındaki Kanatların Tertip Şekilleri [79]

Bir hava kollektöründe hava, akışı sırasında fazla yüzeyle temas etmelidir. Isı transfer yüzeyinin artırılması, hava bünyesine geçen ısının artırılması demektir. Kanatlı plakalar bu yüzden daha verimlidirler. Kanatlar plaka yüzeyini artırırlar. Plaka altından akan hava daha fazla sıcak metal yüzeyle temas halinde olur ve ısı transferi artar. Oluklu plakalar da ısı yüzeyini artırırlar. Fakat üst yüzeylerinden daha fazla kızılötesi (infraruj) radyasyon yayıdıklarından ısı kaybı da artar.

Hava kollektörü içinden akan havanın akışı türbülanslı olmalıdır. Havanın türbülanslı akışı, emici plakadan, ısının daha etkili alınmasını sağlar. Fakat, plaka içinden, havanın akışı zorlaşır. Kollektörde havanın akışı sırasında sürtünme basınç kayıpları artacağından, sistemde havayı dolaştıracak vantilatörün gücü artırılmak zorunda kalınır.

Emici plaka ile cam arasında ölü hava hacmi temin edilmelidir. Bu, ısı kayıplarını azalttığı gibi, kollektörün bakımını da kolaylaştırır. Eğer emici plaka alttan yeterli bir şekilde soğutulmıyorsa, camla emici plaka arasındaki ölü hava yalıtım görevi yaparak plakanın cam tarafından soğumasını önler. Havada bulunabilecek tozların emici plakanın üstü ile cam iç yüzeyinde birikmesi de önlenilmişi olunur.

Havalı kollektörden verimli bir şekilde faydalanabilmek için emici plaka malzemesinin seçimi dikkate alınmalıdır. Genellikle alüminyum yada galvanizli sac iyidir. Korozyon hava için pek önemli değildir. Metal malzemenin ısı iletimi iyi olduğundan plakada sıcaklık farkları olmaz. Bilhassa kanatlı plakalarda ön yüzdeki ısı arka yüzeydeki kanatlara iletildiğinden malzemenin ısı iletkenliğinin iyi olması önemlidir. Plakanın kalınlığı pek önemli değildir.

Tablo 5.3. Yutucu Tabakaların Özellikleri [85]

Malzemenin Özelliği	Yutma	Neşretme	Kırılma Sıcaklığı	Yorumlar
Siyah Krom	0.87	0.1		
Alkyd Emay	0.9	0.9		Yüksek sıcaklıklara Dayanıklılığı sınırlı
Siyah akrilik boya	0.92-0.97	0.84-0.90	350	Silikon esası 10 μ m (kalınlıklar için neşretmeye sahip)
Siyah inorganik boya	0.89-0.96	0.86-0.93		
Siyah silikon boya	0.86-0.94	0.83-0.93		
Pbs / silikon boya	0.94	0.4		
Düz silikon boya	0.95-0.98	0.89-0.97	200	Yüksek sıcaklıkta bozulmaz
Seramik emay	0.9	0.5		
Siyah çinko	0.9	0.1		
Alüminyum bakır oksit	0.93	0.11		
Bakır üzerine siyah bakır	0.85-0.90	0.08-0.12	450	Rutubette oksitlenir
Nikel üzerine siyah krom	0.92-0.94	0.07-0.12	450	Yüksek sıcaklıkta bozulmaz
Nikel üzerine siyah nikel	0.93	0.06	450	Yüksek sıcaklıklarda rutubetten etkilenmez
Çelik üzerine siyah demir	0.90	0.10		
Siyah emaylanmış çelik üzerine kalaydioksit	0.92	0.13	350	Mekanik kimyasal mukavemeti iyi
Nikel üzerine Ni-Zn-S	0.96	0.97	200	

Bunların dışında yutucu yüzey olarak camlar da kullanılmıştır. Örtü elemanı olarak kullanılan plastik malzemeler yutucu yüzey olarak kullanıldığı gibi bazı tekstil ürünleri de kullanılmıştır. Havah güneş kollektörlerinde birden fazla yutucu yüzey kullanılabilir.

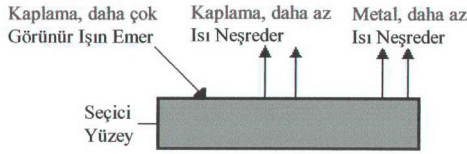
Bir emici plakanın en önemli fonksiyonu güneş radyasyonunu (ışık) termal enerjiye (ısı) dönüştürmesidir.



Şekil 5.16. Parlak Metal Üzerine Gelen Kızıl Ötesi Işınları [79]

Şekil 5.16'de görüldüğü gibi parlak metal üzerine, ince metal oksit kaplama, görünür ışınları emer, kızıl ötesi ışınlarını yayar.

Şekil 5.17’de da görüldüğü gibi seçici yüzeyler, görünür ışınları emerken, ısı neşretme özellikleri de oldukça zayıftır.



Şekil 5.17. Seçici Yüzeyin Işığı Emmesi ve Neşretmesi [79]

Tablo 5.4. Bazı Yüzeylerin Güneş Işınımı Yutma (α), Isıl Işınım Neşretme (ε) Oranları [85]

Yutucu Yüzey	α	ε	α/ε
Magnezyum karbonat	0.025-0.04	0.79	0.03-0.05
Beyaz sıva	0.07	0.91	0.08
Kar (taze yağmış)	0.13	0.82	0.16
Beyaz boya	0.20	0.91	0.22
Beyaz kağıt	0.25-0.28	0.95	0.26-0.29
Buz	0.31	0.96	0.32
Yeşil yağlı boya	0.50	0.90	0.56
Kırmızı tuğla	0.55	0.92	0.60
Parlatılmış mermer	0.50-0.60	0.90	0.61
Pürüzlü beton	0.60	0.97	0.62
Yeşil çim	0.67	0.88	0.68
Kuru çim	0.68	0.90	0.76
Meyve bahçeleri	0.70	0.90	0.78
Çöl	0.75	0.90	0.83
Sürülmüş tarla	0.75-0.80	0.90	0.83-0.89
Meşe ormanı	0.82	0.90	0.96
Çamlık arazi	0.86	0.90	0.96
Gri boya	0.75	0.95	0.79
Kırmızı yağlı boya	0.74	0.90	0.82
Amyant	0.81	0.96	0.84
Kuru tuz	0.82	0.90	0.95
Su	0.94	0.95-0.96	0.98
Siyah boya, cilalı	0.90	0.90	1.00
İs	0.98	0.95	1.03
Siyah boya mat	0.94-0.98	0.88	1.07-1.11
Grafit	0.78	0.41	1.90
Alüminyum	0.15	0.05	3.00
Krom	0.49	0.08	6.13
Parlatılmış çinko	0.46	0.02	23.0
Galvanizli çelik, temiz	0.65	0.13	5.00
Galvanizli çelik, oksitlenmiş	0.80	0.28	1.86

Hava Tipi Kollektörlerde Yalıtım: Yalıtım sıvı tip kollektörlerde olduğu gibi hava tipi kollektörlerde de gereklidir. Kullanım prensipleri sıvı tipi kollektörlerdekiyle aynıdır. İzolasyon malzemesi olarak cam yünü, taş yünü, poliüretan köpük veya levha kullanılır. Havalı kollektörlerde cam yünü veya taş yünü kullanılması durumunda dış gaz akımı incelenmelidir.

Mineral yünlerin bağlayıcı malzemelerinden çıkan gazlar gereken tedbir alınmazsa saydam örtüye birikebilir. Kasanın yan yüzeyleri ve arasındaki yalıtım, cam yünü ise sırasıyla 20~50 ve 50~100 mm, poliüretan levha ise 85 mm, poliüretan köpük ise en az 95 mm alınmalıdır. Ayrıca yutucu plaka ile arka yalıtım arasında 10~20 mm boşluk bırakılarak yalıtım yutucu plakaya bakan kısmı alüminyum folyo ile kaplanarak uzun dalga boyulu ışınların plakaya dönüşü ve yalıtımın sızdırmazlığı sağlanmalıdır [79].

Tablo 5.5. Kollektörlerde Kullanılan Yalıtım Malzemeleri ve Özellikleri [85]

Yalıtım malzemesi	Yutucu yüzey malzemesi	Yutucu yüzey	η_0	U_{eff}
Cam yünü	Alüminyum	Seçici yüzey ($\alpha=96$, $\varepsilon=10$)	0.726	4.04
Styropor Kaya yünü	Alüminyum	Seçici yüzey ($\alpha=90$, $\varepsilon=13$)	0.758	4.62
Cam yünü	Alüminyum	Seçici yüzey ($\alpha=93$, $\varepsilon=13$)	0.727	4.78
Cam yünü Poliüretan	Bakır	Seçici yüzey ($\alpha=95$, $\varepsilon=10$)	0.758	5.02
Cam yünü Poliüretan	Bakır	Seçici yüzey ($\alpha=96$, $\varepsilon=12$)	0.780	6.12
Poliüretan	Alüminyum Bakır	Seçici yüzey ($\alpha=95$, $\varepsilon=35$)	0.781	6.25
Cam yünü	Alüminyum Bakır	Siyah boya ($\alpha=96$, $\varepsilon=93$)	0.718	5.86
Cam yünü	Alüminyum	Siyah boya ($\alpha=96$, $\varepsilon=93$)	0.809	6.68
Cam yünü	Bakır	Siyah boya ($\alpha=96$, $\varepsilon=95$)	0.757	6.85
Cam yünü	Alüminyum	Siyah boya ($\alpha=96$, $\varepsilon=95$)	0.828	9.01
Cam yünü	Bakır	Siyah boya ($\alpha=96$, $\varepsilon=93$)	0.704	9.14
Cam yünü	Alüminyum	Siyah boya ($\alpha=96$, $\varepsilon=95$)	0.811	9.99
	Plastik		0.800	12.4

Kollektörün alt ve yan kısımlarından ısı kaybı söz konusudur. Bu nedenle, bu kısımlar ısı iletim katsayıları küçük malzemeler kullanılarak yalıtılır. Bunun yanında yalıtım malzemelerinin yüksek sıcaklıklara dayanabilmesi istenir. Bazı malzemelerin yalıtım özellikleri zamanla bozulabilir, bu nedenle izolasyon yapılırken bu durum dikkate alınmalıdır. Bazılarında ise içerisinde ihtiva ettiği bir kısım maddeler sıcaklıkla buharlaşabilir ve son saydam örtü üzerinde yoğunlaşarak, örtünün ısıtım geçirgenliğini azaltır. Bu nedenle, işletme sıcaklığına göre yalıtım malzemesi seçilmelidir. Cam yünü, strapor ve poliüretan en çok tercih edilen yalıtım malzemeleridir. Asbest ve cam yünü, hava kolektörlerinde kullanılabilir. Fakat bu malzemelerin havaya karışan parçaları insan sağlığı için tehlikelidir.

Yalıtım malzemesi ile toplayıcı levha arasında bir hava boşluğu bırakılması ve üzeri ışıınım yansıtmı oranı büyük olan alüminyum folya ile kaplanması durumunda ısı kaybı azalır ve yalıtımın yüksek sıcaklıklara çıkması önlenir. Yalıtım kalınlığı, yüksek sıcaklıklara çıktıkça artar, bu durumda ısı geişı kat sayısı küçülür fakat toplayıcı kalınlığı, ağırlığı ve maliyeti artar.

Yalıtım malzemesi seçilirken ısı iletiminin yanında, yanma ve genleşme özellikleri de göz önünde bulundurulur. Bunlar toplayıcıların güneş ışıınımı almayan alt ve yan kısımlarında olan ısı kayıplarının azalmasını sağlar.

Cam yünü yüksek sıcaklıklara dayanıklı olduğundan, yüksek sıcaklıklara çıkılan toplayıcılarda , strofor veya poliüretan üzerine (toplayıcı levha tarafına) cam yünü konulur.

Yalıtım malzemesi kalınlığı, yutucu yüzey sıcaklığı ile çevre sıcaklığı arasındaki farka bağılı olarak seçilir. Yüksek sıcaklıklara çıkılan toplayıcılarda, yalıtım kalınlığı artırılmalı ve yalıtım malzemesinin toplam ısı geişı katsayısı 0,5 (W/mK)’den daha küçük olmalıdır. Buna göre, yalıtım malzemesinin ısı iletim katsayısı K_y (W/mK) ve kalınlığı L_y (m) olmak üzere $(K_y/L_y) < 0.5$ yazılabilir ki, cam yünü ve strofor için $L_y > 70$ mm olmalıdır. Tabii ki, yalıtım malzemesinin kalınlığı arttıkça ısı geişı katsayısı küçülür, fakat toplayıcı kalınlığı, ağırlığı ve fiyatı artar [79].

Hava Tipi Kollektörlerde Kasa: Sıvı tipi kollektörlerde olduğu gibi, hava tipi kollektörlerde de kasa aynı malzemeden kullanılmaktadır.

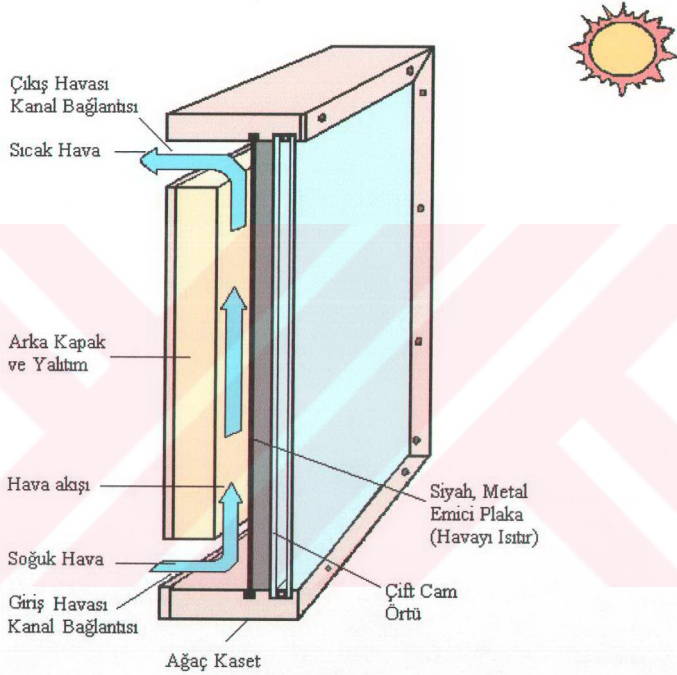
Havalı kollektörlerde kasa malzemesi olarak genellikle kasa kalınlığı 1 mm olan normal veya galvanizli sac kullanılmaktadır. Alüminyum, plastik, polyester ve hatta keresteden imal edilen kasalar da vardır. Kasanın en belirgin özelliğı mukavemetidir. Buna göre boyutlandırılmalıdır. Taşıyıcı görevi, koruyucu görevi, ısı yalıtım görevi, güzel görünme görevi gibi görevlerin toplamı yerine getirilmelidir. Bazı hallerde alüminyum kasalara galvaniz sac taban konmaktadır. Bazı hallerde ise tamamen alüminyumdan imal edilmiş kasalar kullanılmaktadır.

Kollektör kasetlerinin yapımında ağaç malzeme çok kullanılır (Şekil 5.18). Ağacın uygun şekilde kullanımına özen gösterilmelidir. Ağaç kasetlerin yapım ve montajı kolaydır. Ağacın tek sakıncası aşırı sıcaklıklardan etkilenmesidir. Yangın tehlikesi azdır. Düz yüzeyli kollektörlerde maksimum sıcaklık, kollektörde ısı taşıyıcı akışkan olmadığından çok sıcak günlerde, 175~200 °C’ye kadar çıkabilir. Eski ağaçlar ısıdan daha kolay etkilenir. Kasa iyice kurutulmayan ağaçtan yapılırsa, ağaç kururken çatlar ve şekil değışikliklerine uğrar. Kollektör yapımında kullanılan ağaç iyi işlenmiş ve kurutulmuş olmalıdır. Kollektörün en sıcak elemanı olan emici plaka ağaç kısımlarla direkt temasta olmamalıdır.

Metal sağlam ve ateşe dayanıklıdır. Ancak ağır, pahalı ve iyi bir ısıl iletken olması dezavantajıdır. Buna rağmen birçok bakımdan ağaçtan daha uygundur. Emici plaka ile

yalıtıldığı takdirde ısı kaybı önlenebilir. Ağırlığın azaltılması alüminyum kullanılarak sağlanabilir.

Kollektör malzemelerinin yapımında plastik malzeme de kullanılabilir. Plastiklerin bazı türleri yüksek sıcaklığa dayanıklıdır ve metaller kadar sağlamdır. Mor ötesi ışınlardan zarar görmemesi için, plastik kasetler boyanırlar.



Şekil 5.18. Ağaç Kesitli Hava Kollektörü [79]

Kollektör yapımında kullanılan malzemelerin ısıl genleşmeleri dikkate alınmadan boyutlandırılmaları bazı zararlı sonuçlar doğurur. Bilhassa camın uzaması dikkate alınmazsa, çevresindeki yuvasında kendi kendine kırılır. Tablo 5.6'da bazı malzemelerin ısıl genleşme yüzdeleri verilmektedir. Tabloya dikkat edilirse, alüminyum camdan daha fazla, ağacın ise daha az genleştiği görülür. Bu bakımdan camın ağaç kasete sıkıca tespitinden kaçınılmalıdır. Plastikler camdan on kat fazla genleşmektedir.

Tablo 5.6. Değişik Malzemelerin Isıl Genleşme Yüzdeleri [79]

Malzeme	Boyca Uzama (*) %
Alüminyum	0.43
Prinç	0.33
Beton	0.20
Bakır	0.23
Cam	0.14
Demir-Çelik	0.18
Plastik	0.80-3.3
Lastik	1.3-2.2
Ağaç (lif boyunca)	0.05-0.11
Ağaç (enine)	0.55-0.80

(*) Sıcaklığın 150°C'ye yükselmesinde malzemenin boyca uzama yüzdesi

Düz yüzeyli kollektör kasetinin yapımı pek zor değildir. Değişik konstrüktif biçimler mümkündür. Ancak aşağıda belirtilen hususlar, kasetin yapımında dikkate alınmalıdır.

- Kaset, kollektörü sağlam bir şekilde taşınmalı, emici plaka ile kaset arasında yalıtım uygulanmamalıdır.
- Isıl genleşmelerin olacağı bağlantı yerlerinde su ve hava sızdırmayan conta bulunmalı, cam sağlam olarak tespit edilmeli, alt ve üstüne conta konulmalıdır.
- Temizliği için, emici plakaya kolayca ulaşılabilmesi, kırılan cam pratik şekilde değiştirilebilmelidir.

Dış çerçevenin herhangi bir yerinden su ve hava sızmamalı, kritik birleşme ve bağlantı yerlerinde sanayi macunu kullanılmalıdır.

Vakumlu Kollektörler: Vakumlu kollektörler, yüksek sıcaklıkta yüksek verim sağlayan sistemlerdir. Vakumlu kollektörler odaklanmazlar ve hem direkt hem de yaygın güneş ışıınından faydalanarak çalışırlar.

Kollektörü etkileyen kontrol sadece tüplerdeki akışkan dolaşımını düzenleyen kontroldür; kollektör odaklanmadığı için, tekrar güneşin pozisyonuna göre yönlendirmek gerekmektedir.

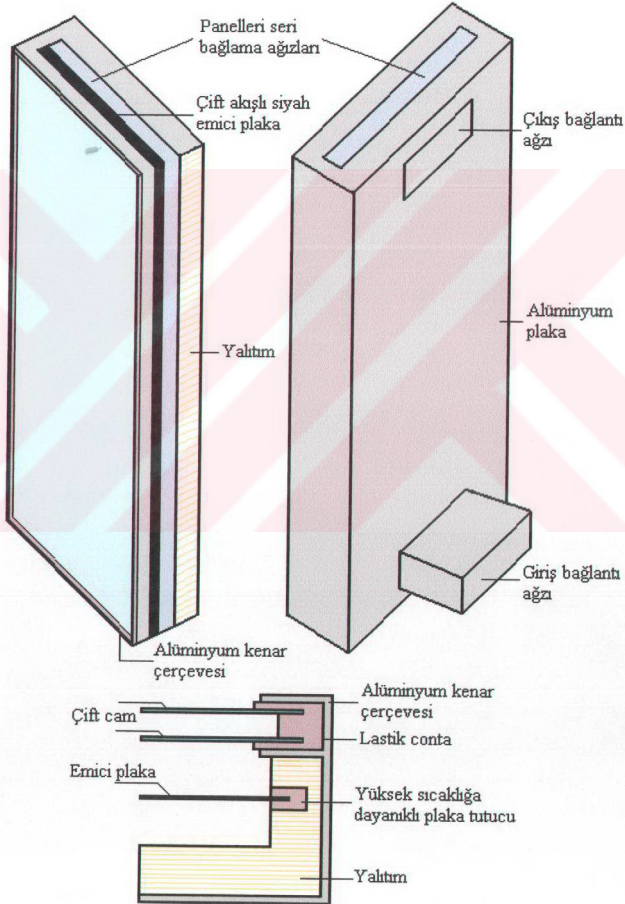
Odaklı Kollektörler: Odaklı kollektörler gelen güneş ışıınımlarını toplama ve kollektörün parabolik yansıtıcı alanından daha küçük bir alana odaklama görevini içerir. Gelen güneş ışıınımlarını odaklı kollektörün yutucu tüpüne odaklayarak yüksek sıcaklık elde edilebilir.

Odaklı kollektörlerdeki yüksek enerji konsantrasyonu yutucunun sıcaklığını arttırmaktadır. Termik kayıplar yutucu sıcaklıkları ile artmasına rağmen, odaklı kollektörlerin daha küçük emici alanlarının olması yüksek sıcaklıklara bağlı olarak muadillerine göre daha az termik kayıplar verir. Bu sebeple yüksek sıcaklıkta işletim söz konusu olduğunda odaklı kollektörler daha verimli olacaktır.

Hem direkt hem de yaygın ışıınımdan faydalanan düz kollektörlere nazaran odaklı kollektörler sadece parabolik yansıtıcıların optik özelliklerine bağlı olarak direkt ışıınımdan faydalanırlar. Bu yüzden odaklı kollektörler güneşin gökyüzündeki hareketini takip etmek için

ayarlı mekanizmalara sahip olmalıdırlar. Kollektör ana kontrolü, kollektörün yönünün ayarlanmasıdır; diğer kontrol ise yutucudan akışkan dolaşımını düzenleyen termik hassas aletlerdir.

Odaklı kollektörlerde atmosfere açık metal bir yansıtıcı kullanıldığı zaman, bu yansıtıcı malzemenin üç şekilde yıpranması söz konusu olur: atmosferdeki tozdan, metal yüzeyleri kimyasal olarak etkileyebilecek dumandan veya sudan ve havadan meydana gelen genel paslanma etkilerinden [83].



Şekil 5.19. Metal Kasetli Hava Kollektörü ve Çerçeve Detayı [79]



Şekil 5.20. Parabolik Oluk Kollektör [61]

5.2.2. Güneş Enerjisi Depolayıcıları

Güneş enerjisinden ısıtmada yararlanmak amacıyla binadan doğal bir ısı depolayıcı olarak yararlanmak en basit yöntemdir. Bunu yanında binanın içine yerleştirilen değişik türdeki depolama üniteleri de, güneş enerjisi depolayıcısı olarak işlev görebilirler. Bu sebeple güneş enerjisi depolayıcılarını, toplayıcılarda olduğu gibi iki bölüme ayırmak ve ilk bölümde binayı güneş enerjisi olarak incelemek, ikinci bölümde de depolama ünitelerini ve türlerini incelemek gerekir.

5.2.2.1. Güneş Enerjisi Depolayıcısı Olarak Bina

Güneş enerjisiyle elde edilen ısıtma sisteminin hayati bir bileşeni de ısı depolarıdır. Bina bir güneş enerjisi toplayıcısı olarak hareket ettiğinde, güneşin mevcut olduğu durumlarda istenenden daha fazla ısınmayı önlemek için ısıyı depolamalı ve güneş ışınlarının mevcut olmadığı durumlarda ısıyı bırakmalıdır.

Güneş enerjisi depolayıcısı olarak bina söz konusu olduğunda en verimli ısı depolayıcıları, binanın (duvar, döşeme, çatı ve bölme duvarları) inşa edildiği malzemelerdir; bütün bu malzemeler ısıtıldığında ısıyı yutmakta ve depolamaktadırlar. Çevrelerindeki sıcaklık düştüğünde, depolanan ısı yavaş yavaş soğuk çevreye bırakılmakta ve malzemelerin kendileri soğumaktadır.

Bu doğal olay, binalar için çok önemlidir; güneş enerjisi gün boyunca, duvarlardan, çatıdan ve pencerelerden içeri süzülür. Kısa dalga ışıının camdan içeri süzülükten sonra duvarlar, döşemeler ve binadaki mobilyalar tarafından durdurulur ve durdurulduğu yerde çoğu yutularak ısıya dönüştürülür. Eğer binanın içindeki malzemeler ve objeler kapasiteleri kadar ısı depolamış iseler, ısılarını diğer soğuk malzemelere ve objelere dağıtırlar. Bina içindeki hava en çabuk ısınan malzemedir ve fazla kazanılan ısıyı diğer malzemelere yaymaya yardımcı olur.

Bina malzemeleri hava sıcaklığına kadar ısıtılmış iseler veya ısıyı yeteri kadar bir hızda

yutamıyorlarsa, hava kullanıcılara muhtemel bir konforsuzluk yaratacak şekilde aratarak ısınmaya devam edecek ve gerekenden fazla ısı yayacaktır. Malzemeler de daha fazla ısı depolayarak sıcaklıklarını arttırmaya devam edeceklerdir. Sonuç olarak binadaki objelerin ve malzemelerin daha yüksek ısı depolama kapasitelerinin olması durumunda, havanın konforsuzluk sıcaklıklarına ulaşması daha uzun bir zaman alacaktır.

Güneş kaybolduğu zaman ve dışarı da soğuk olduğu zaman, bina ısı kaybetmeye başlar. Bina çok ufak miktarda ısı kaybetse dahi, konfor sıcaklığını sağlamak için bu kaybedilen ısı telafi edilmelidir. Gün boyunca ısı depolayan binalar için ısı, sobalar, mekan ısıtıcıları, ışık, mekanik aletler veya insanlar tarafından sağlanmalıdır. Eğer bina içinde yeterli miktarda malzeme varsa ve güneş ışınları gün boyunca bina içine girip bu malzemeleri ısıtabiliyorsa, o zaman mekan güneş battıktan sonra dahi, güneş tarafından elde edilen ısıyla ısıtılacaktır. Isıtılan malzemeler, depoladıkları ısıyı içerdeki havaya verdikçe kendi ısılarını kaybedeceklerdir. ısı depolama malzemesinin miktarına, bina içine giren ve depolanan güneş ışınlarının miktarına ve binanın ısı kaybına (yalıtım miktarı, iç hava sıcaklığı ve dış hava sıcaklığı gibi bir takım parametrelere) bağlı olarak, bina saatlerce hatta gün boyunca diğer kaynaklardan ekstra ısıya ihtiyaç duymadan konforlu bir şekilde kalabilir.

5.2.2.2. Güneş Enerjisinden Elde Edilen Isının Bina İçinde Veya Dışında Depolanması

Hava şartlarına bağlı olarak güneş enerjisi toplayıcıları, gün boyunca, günlük mekan ve su ısıtma için gerekli olan ısıdan daha fazlasını sağlar ve geceleyin veya bulutlu havalarda ısı sağlayamazlar. ısı depolaması olmadan, güneş enerjisi ile ısıtılan çoğu binalar, gün boyunca fazla ısı alarak konforsuz bir ortam yaratacaklar; havalandırma gereksinimleri doğacak ve toplanan fazla ısı harcanacaktır. Ayrıca gece ısı ihtiyacının pahalı ısıtma sistemleri ile karşılanması gerekecektir. ısı depolama sistemiyle, gündüz güneşli havalarda toplanan ekstra ısı geceleyin veya bulutlu havalarda kullanılmak üzere saklanacaktır.

Çalışma prensibi, çoğu güneş enerjisiyle ısı depolama sistemlerinde, depolama malzemesi iyi yalıtılmış bir depolama ünitesi içinde tutulur. Genellikle yalıtılmış bir üniteye taşlar veya faz değiştiren malzemeler (genellikle faz değişimi katıdan sıvıya ve tekrar katıya olmaktadır) ısı iletiminin hava ile olduğu sistemlerde daha çok kullanılır. Su ise, ısı iletiminin sıvı ile olduğu sistemlerde daha çok kullanılır. Güneş enerjisi ile ısıtılan hava veya su depolama ünitesini bir tarafından üniteye iletilirken, diğer taraftan soğuyan hava veya su tekrar ısıtılmak üzere kollektöre gönderilir. Depolama ünitesi bu prensiple gün boyunca çalışmaktadır. Gece ise soğuk hava, depolanmış sıcak malzeme tarafından ısıtılmaktadır [80].

Gerekli olan depolama süresi ve miktarı, aslında genellikle gerekli olan sadece kışın gece ısı depolamasıdır. Yanlış boyutlandırılan bir ısı depolama sistemi daha az verimli, daha

pahalı ve doğru boyutlandırılan bir sisteme nazaran bakımı daha zor bir sistemdir. Isı depolama için gerekli olan gerçek hacim, güneş enerjisiyle ısıtma sisteminin tipine ve performansına bağlıdır.

Depolama ünitesinin konumu, depolama ünitesinin yeri ve konstrüksiyonu oldukça mühimdir; genellikle en ucuz ve kolay çözüm bina inşaatı devam ederken; bu safhalarda depolama ünitesinin yerleştirilmesidir. Döşemenin kırılmasını veya çatlamasını önlemek için genelde ayrı ve özel takviye edilmiş bir temel, depolama ünitesinin ağırlığını taşıması için gerekmektedir.

Depolama ünitesinin, güneş enerjisi toplayıcılarına daha yakın olması, iki sistemi birbirine bağlayan boruların veya kanalların daha az olmasına, dolayısıyla havanın veya sıvının daha az dolaştırılıp, bu iletim sonrasında meydana gelebilecek ısı kaybını önlemesine yardımcı olur.

Depolama ünitesi, binanın içine veya dışına, toprak seviyesinin altına veya üstüne yerleştirilebilir; bakım için sisteme yeterli miktarda giriş sağlanmalıdır. Depolama ünitesinin yerleştirilmesi için genelde bodrumlar veya sığınaklar tercih edilmektedir; ünite çatıya da yerleştirilebilir fakat ünitenin ağırlığını karşılayabilecek statik önlemlerin alınması şarttır. Isı kaybı bina dışına yerleştirilen depolama ünitelerinde daha fazladır; dolayısıyla depolama ünitelerinin bina içine yerleştirilmesi tercih edilmelidir.

Depolama ünitesi, tabanı dahil olmak üzer tümüyle yalıtılmalıdır. Eğer ünite bina içinde ise kışın yalıtılmamış bir tabandan kaçan ısı binayı ısıtmaya yardımcı olduğundan harcanmış olur. Bu boşluktan ısı iletim hızı kesinlikle kontrol edilemez ve yazın bu ısı kazancı soğutma sistemlerine ekstra yük getirir. Bina dışına yerleştirilmiş bir depolama ünitesinin yalıtılmamış tabanından dolayı meydana gelen ısı kaybı harcanmış demektir.

Isı depolama türleri, genellikle güneş enerjisinden elde edilen ısı, hassas bir ısı olarak depolama malzemesinin (genellikle taş veya su) sıcaklığının artması şeklinde bir değişiklik meydana getirir. Çoğu kez de maddelerin faz değişim süreci sırasında gizli ısı olarak depolanır. Tuz havuzlarında ısı depolanması, yıllık depolama veya kimyasal bileşimlerde depolama gibi yeni ısı depolama metotları üzerinde de araştırmalar sürmektedir.

Taş Depolar: Taş depolar hava tipi kolektörler için kullanılmaktadır; yatak içindeki hava akımı genelde düşey olmakla birlikte bazen yatay da gelişebilir.

Taş depolar kompakt alanlarda zayıf ısı depolama özelliklerine sahip olmalarına rağmen bazı sebeplerden dolayı güneş enerjisiyle elde edilen ısıнын depolanması için tercih edilirler. Bunlardan ilki taşların hava tipi kolektörlere olan uygunluğudur. Hava, sistem, işletim ve bakım açısından gayet kolaylıkla kolektörün depolama ünitesinin ve evin içinde sirküle etmektedir; ayrıca sistemin kanalına yerleştirilen ısı dönüştürücü ile sıcak su ihtiyacı

giderilmektedir. Taş depolarının tercih edilmesinin diğer bir sebebi ise taşların hacim olarak deponun %50-60'ını kaplamalarıdır. Geri kalan %40-50 ise taşların arasında ve çevresinde oluşan havadır.

Genellikle kollektörlerden gelen sıcak hava (70°C), depolama ünitesinin üstünden girmekte ve soğuk hava kollektöre depolama ünitesinin alt kısmından geri dönmektedir; kollektörler genellikle düşük giriş sıcaklıklarında daha verimli çalıştıkları için, tercih edilen budur. Soğuk hava, depolama ünitesinde meydana gelen sıcaklık derecelenmesinden ötürü kollektöre geri gönderilir; ünite üstte daha sıcak altta ise daha soğuktur.

Taş yatağının derinliği çok önemlidir; büyük üst yüzey alanı olan alçak bir yatak havalandırma işletimi açısından tercih edilir. Şöyle ki; alçak bir yatak için küçük bir havalandırma yeterli olacaktır çünkü alçak yataktaki basınç düşmesi (sürtünmeye bağlı olarak kanal boyunda veya ekipmanın bir bölümünde meydana gelen basınç kaybı, akışkan dolaşım yönünün veya yörünge boyutunun değişmesi, veya hızdaki değişiklikler sebebiyle) derindekine nazaran daha azdır. Alçak yataktaki havayı pompalamak daha az güç ve para gerektirir. Fakat, yatak sadece 0.60-1.00 m derinliğinde ise, gün boyunca ısınabilir ve öğleden sonra sıcak havanın tekrar kollektöre dönüp kollektör verimini düşürmesine neden olabilir. Ayrıcı, alçak bir yatak, derin bir yatağa nazaran daha çok döşeme alanı kapsar ki bodrumda daha fazla yer kaybı meydana gelir. Yaklaşık 1.50 m derinlikteki bir taş yatağı optimum boyuttadır ve düşük basınç düşmeleri olan alçak büyük yataklarla, yüksek sıcaklık derecelenmesi olan derin yataklar arasındaki optimum çözümdür.

Taş depoların boyutlandırılması, genellikle kabul edilen optimize edilmiş bir hava tipi kollektör alanının her metre karesi için yaklaşık 0.019-0.038 m³ çakıl taşından oluşan 0.25 m³ (0.15'ten 0.35'e kadarki aralıkta) bir hacmin sağlanması gerektiğidir. Bu miktar yaklaşık olarak güneşsiz bir gün boyunca binanın ısı ihtiyacını karşılamaya yeterli olacaktır.[80]

Sıcaklık derecelenmesine izin vermek için, çakıl taşı yatağı derinliği hava akımı yönünde en az 0.76 m olmalıdır; 1.5 m derinliğindeki bir ölçü hem sıcaklık derecelenmesine izin verdiğinden hem de böyle bir kesit alanı gerektirmedikinden tavsiye edilen bir ölçüdür; 2.40 m hava akımı uzaklığına tavsiye edilen maksimum uzaklıktır.

Taş depoların konstrüksiyonu, taş yatağı ahşap, beton veya metal bir malzemeden meydana gelebilir. Bu depolama üniteleri yerinde yapılabilir veya dışarıda yapıp yerine monte edilebilir; hem yeni binalar için hem de yenilenen binalar için uygundur.

Depolama ünitesi hem kenarlarından hem de üstünden çok iyi bir şekilde yalıtılmalıdır. Köpük ve bazı üretilen yalıtımlar yüksek sıcaklıklara dayanamayacakları için kullanılmamalıdır.

Taş depolarındaki hava hareketi yönü; düşey veya yataydır, daha etkili olduğundan düşey hava hareketi daha çok tercih edilir.

Düşey hava hareketinde, taş yatağının sıcak bölümü üsttedir; sıcak hava doğal olarak yükselmektedir. Yatay hava hareketinde ise yatağın sıcak bölümü yatağın bir tarafındadır; eğer taşlar depolama ünitesini tümüyle doldurmayacak şekilde yerleştirilirse, taşarın üstünde bir sıcak hava akımı meydana gelir. Geniş kanallar olmasa dahi yatay bir deponun üst kısmı genellikle alt kısmına nazaran daha sıcaktır. Sıcaklık derecelenmesinin de tüm yararları gerçekleştirilebilir.

Eğer yatay bir hava hareketi sağlanamazsa, taşlar arasındaki direkt hava akımını gerçekleştirmek için havanın hareketini kontrol eden düşey levhalar kullanılmalıdır.

Taşların seçimi, taşlar boyut olarak birbirine yakın boyutlarda olmalı ve yataktaki uygun hava akımını sağlayabilmek için mümkün olduğu kadar küresel olmalıdırlar. Taşlar ufak olursa, yataktaki hava hareketi de yavaş olur ve ünite içindeki basınç düşmesi daha fazla olur; dolayısıyla daha büyük bir havalandırma sistemi gerekir. Taşar çok büyük olurlarsa sadece her bir taşın dış yüzeyleri ısınır ve yataktaki sıcaklık derecelenmesi düşer. Taşlar yeteri kadar küresel değillerse yataktaki hava hareketi düzgün olmayacak; dolayısıyla yataktaki basınç düşmesi çok yüksek olacaktır.

Su Depoları: Çalışma prensipleri, güneş enerjisinden elde edilen ısı çoğu zaman suyun sıcaklığında meydana gelen bir artışla depolanmaktadır; su kompakt bir depolama maddesidir. Sıvı tipi güneş enerjisi kollektörleri genellikle su depolarıyla birlikte kullanılır; bu durumda su küçük kaplarda saklanıp; havanın bu kaplar arasında dolaşımı sağlanır.

Kollektörden gelen sıcak sıvı depolama tankının üstünden girer ve soğuk sıvıya ısı dönüştürücüden geçerek veya direkt olarak kollektöre geri döner. Kollektöre soğuk sıvının geri dönmesi, kollektörün daha yüksek verimle çalışması açısından tercih edilir.

Bina için ısı gerektiğinde, depolama ünitesinin üst kısmındaki sıcak su binanın dağıtım sistemine pompalanmaktadır. Su, her odadaki radyatör tipindeki ısıtıcıların içinde veya binanın ısısını sudan havaya dönüştüren ısı dönüştürücü sistemleri ile bina içinde sirküle edilebilir.

Su depolama ünitesindeki sıcaklık derecelenmesi fazla değildir; fakat mevcut olan derecelenmenin avantajlarından yararlanmak için çalışmalar yapılmaktadır. Pompalar tarafından yaratılan karışım hareketi suyu sistem içinde hareket ettirdiğinden ve tank içindeki konvektif dalgalar sıcak ve soğuk suyu karıştırdığından, derecelenmesi sağlanması zor bir olaydır. Suyun hareketini kontrol eden levhalar derecelenmeyi geliştirebilir fakat sonuçta artan performansın genellikle yapıla harcamaya kıyaslandığında, sisteme bir faydası dokunmadığı saptanır. Normal 4000 litrelik tanklarda, yaklaşık olarak 5°C'lik bir sıcaklık farkı üst ve alt kısım arasında ortaya çıkar. Taş depoları, daha hacimli olmasına rağmen, daha büyük bir derecelenme oluşturduğundan daha etkili olduğu kabul edilir. Taş yataklarında katmanlar arasındaki sıcaklık farkları 45-50°C kadar değişebilir.

Su depoları basınçlı veya basınçsız olabilirler fakat düşük maliyeti ve basit kullanım özelliklerinden dolayı basınçsız depolar genellikle tavsiye edilir. Basınçsız bir tankta suyun çıkabileceği en üst sıcaklık limiti, suyun kaynama noktası olan 100°C'den azdır.

Su depolama sistemleri özellikle korozyona ve tortuya karşı oldukça duyarlıdır. Tortular, su yumuşatıcıları kullanılarak giderilebilir, fakat diğer korozyon problemleri bu yumuşatıcıların kullanımı ile azaltılamaz. Benzer olmayan metalle birbirleriyle direkt temas haline girmemelidirler. Magnezyum veya çinko gibi özel anotlar, sisteme ilave edilerek, metal tankı korozyon ve etkilerinden koruyacaktır. Bu anotlar periyodik olarak değişim gerektirirler. Metal tanklarda meydana gelen korozyonu azaltmanın en etkili yolu, metal tankları kaplamaktır, bu kaplama maddelerinin yüksek sıcaklığa dayanımlı cam, neopren gibi maddeler olması gerekir.

Su depolama tanklarının boyutlandırılması, optimize edilmiş sıvı tipi bir kollektör alanının her metrekaresi için yaklaşık 75 litrelik hacmi olan bir depolama hacmi sağlanmalıdır; bu hacim 50-100 litre arasında olabilir. Bu su miktarı, ısıtıldığında, güneşsiz bir gün boyunca gerekli olan ısıyı sağlayabilir.

Su depolama ünitelerinin konstrüksiyonu, güneş enerjisiyle elde edilen ısıyı depolayan su tankları, beton, cam elyafı veya metal bir malzemeden yapılabilir. Depolama ünitesindeki ısı kaybını minimize etmek için, çapın yüksekliğe oranının 1:1 olduğu silindirik veya kübik formlar tercih edilmelidir.

Tank, donma tehlikesinden korunmak amacıyla binanın içine veya don çizgisinin üstüne yerleştirilmelidir. Dışarıya gömülen tanklarda, içerideki tanklara oranla hem yalıtım açısından hem de servis açısından daha zor kullanım imkanları mevcuttur. Ayrıca toprağa gömülen su tankları, boş olduklarında, çevredeki su veya toprak basınçlarına dayanabilecek kadar kuvvetli olmalı ve tankın, dış etkilere maruz kalarak yer değiştirmemesi için gerekli önlemler alınmalıdır. Bunlar göz önüne alındığında bina içindeki tankların kullanımı daha iyidir.

Bütün tank yüksek sıcaklıkta olacağından, bina içindeki veya dışındaki tankın tüm yüzeylerinin sert bir yalıtımla yalıtılması gerekmektedir. Tankın tabanı da ayrıca, özellikle neme dayanımlı bir yalıtımla yalıtılmalıdır. Doğal olarak sistemdeki tüm borular da yalıtılmalıdır ve yalıtım uygulanmadan evvel tüm sistemde herhangi bir sızıntı olmaması için gerekli kontroller yapılmalıdır. Islak bir yalıtımda sızıntıyı bulmak oldukça zordur, ayrıca ıslak bir yalıtımda artık yalıtım söz konusu değildir. Ayrıca benzer olmayan metaller arasındaki boru bağlantılarından kaçınılmalıdır.

Tankın altından bir tahliye borusu ve aynı şekilde tankın üst kısmına yakın bir yerde fazla olan suyu tahliye edecek bir boru gerekmektedir. Ayrıca bir vana suyun değişimini kontrol etmektedir. Tankın üstündeki havalandırma, fazla basıncı dışarı atmak için gerekmektedir.

Isıtılan suyun genişmesi durumunda veya kollektördeki suyun tanka tahliye edilmesi durumunda gerekebilecek ekstra bir hava boşluğu, tavandaki çıkış borusunun üstünde ve tabandaki giriş borusunun altında ekstra tank kapasitesi olarak gerekmektedir.

Tüm depolama sistemi ideal olarak yalıtılmış ve havalandırılmış bir mekana yerleştirilmelidir ve buna ilave olarak herhangi bir hata anında sistemin her parçasını kapatabilecek vanalarla donatılmalıdır.

Faz Değiştiren Maddelerden Oluşan Depolar: Faz değiştiren maddelerden oluşan depolar ısıyı genellikle küçük tüplerde, tepsilerde veya benzeri maddelerde depolarlar; öncelikle hava kollektörleri için kullanılır.

Faz değiştiren maddelerden oluşan depoların ana avantajı kompakt olmalarıdır. Taş veya su depolara nazaran önemli bir miktarda daha az yer teşkil etmektedirler. Bu kompaktlık genellikle yüksek maliyetlerle meydana gelmektedir ve maliyet faktörü göz önüne alındığında avantaj kaybolmaktadır.

Faz değiştiren depolar için kullanılan maddeler; su, yüksek gizli ısıya olmasına fakat fazla yoğun olmamasına rağmen ısıyı oldukça kompakt olarak depolayabilir. Güneş enerjisinden elde edilen ısıнын buzun erime noktasından daha yüksek bir sıcaklıkta tutulması diğer maddelerin kullanımını ön plana çıkarmıştır. Su haricinde diğer maddeler parafin ve tuz hidratları olarak (su moleküllerine bağlanmış tuzlar) iki ana gruba bölünmüşlerdir.

Parafin yüksek gizli ısıya olmasına rağmen, tuzdan daha az yoğun olduğundan, aynı miktar enerjiyi depolamak için daha çok parafine ihtiyaç vardır. Fakat parafinin tuz hidratlara nazaran çok önemli bir avantajı vardır. Bu da parafinin her zaman orijinal formuna dönecek şekilde kolaylıkla erimesi ve tekrar katılaşmasıdır. Tuz hidratları ise her zaman doğru sıcaklıkta ve istenen biçimde katılaşmamaktadırlar. Fakat parafinin dezavantajları da vardır; parafin tuz hidratlardan daha pahalıdır ve yangın tehlikesinin olmasından dolayı, genellikle binanın dışına yerleştirilir. Ayrıca parafinin çok düşük ısı iletkenliğinin olması sebebiyle, ısı çabucak tüpüyle dağıtılamaz.

Tuz hidratları (suya bağlanmış tuzlar), su molekülleri gibi, yüksek gizli ısıları vardır. Bunlar sudan daha yoğun olduklarından daha kompakt bir depolama bileşeni oluşturmaktadırlar.

Daha evvel belirtildiği gibi, güneş enerjisinden elde edilen ısıнын depolanması için, faz değiştiren malzemelerin kullanılması, taş veya su depolarından daha pahalıdır. Faz değiştirme sürecinde, faz değiştiren malzemeler enerjiyi öncelikle depolarlar. Faz değiştirme sürecinde, ısıнын sıcaklık aralığına bağlı olarak depolanan ısı miktarı sabit kalmaktadır.

Faz değiştiren malzemelerden oluşan depoların boyutlandırılması; faz değiştiren malzemelerden oluşan depoların güneş enerjisinden faydalanan sistemler ile bütünleştirilmesi uzman kişilerin yapması gereken bir işlemdir. Yapılan çalışmalar 7~20 kg Glauber tuzunun

($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) veya 7~25 kg parafinin, kollektör alanının her metre karesi için gerektiğini saptamıştır. Bu birim metre kare başına 0.0048~0.014 m³ Glauber tuzu veya metre kare başına 0.0036~0.031 m³ parafin gereksinmesi demektir.[80]

Bu boyutlandırmalar saf Glauber tuzu veya parafin içindir; depolama üniteleri arasındaki hava boşlukları veya katkı maddeleri bu değerlere bağlı değildir. Glauber tuzlarının stabilizlere ilavesi genellikle hacimde %10~15 artışa neden olmaktadır.

Faz değiştiren maddelerden oluşan depoların konstrüksiyonu; faz değiştiren malzemeler için depolama üniteleri dayanımlı ve ekonomik olmalıdır. Bazen üniteler sisteme kendi içindeki kimyasal malzemelerden daha fazla maliyet yüklerler. Tuz hidratlar için depolama üniteleri çok az su buharı kaybı oluşturan malzemelerden oluşmalıdır.

Tipik depolama üniteleri metal veya plastikten meydana gelen tüpler, tepsiler gibi elemanları içerirler. Plastikte meydana gelen su buharı kaybı önemlidir; bu sebeple ünite kalınlığına ve plastik tipine gereken önemin verilmesi gerekir. Genellikle 0.8~1.3 mm kalınlığında duvarlar gereklidir. Düşük su buharı geçirgenliği içeren plastikler polipropilen, polietilen ve polikarbonattır. Metal depolama üniteleri ise korozyona ve birleşim hatalarına karşı korunmalıdır [80].

Güneş Enerjisi Depolamanın Diğer Türleri: Şimdiye kadar bahsedilen depolama alt sistemleri pratik ve çok kullanılan sistemlerle sınırlandırılmıştır. Yeni depolama metotları üzerindeki araştırmalar devam etmekte, yeni ve değişik metotlar geliştirilmektedir.

Güneş enerjisini etkili olarak toplama ve elde edilen ısıyı depolama kapasiteleri bulunan tuz-su havuzları (tuz gölleri) araştırılmaktadır. Büyük merkezi tuz gölleri, çevresindeki konut guruplarına güneş enerjisinden elde edilen ucuz ısı sağlamaktadır.

Yıllık depolama veya yazın güneş enerjisini depolayıp kışın kullanmak üzere saklanması bazı konumlarda ve uygulamalarda ekonomik olmaktadır. Kimyasal depolama veya kimyasal bileşenler içinde enerji depolanması uzun vadeli ve taşınabilir bir sistem olabilir.

Tuz Havuzları: Güneş enerjisinin depolandığı tuz havuzları, doğada var olan ve 1900'li yılların başlarında araştırmalarına başlanan sistemlerdir. Normal taze su göllerinde su sıcaklığı yüzeye yakın yerlerde en yüksek, su derinleştikçe azalmaktadır. Güneş enerjisinin depolandığı tuz göllerinde ve havuzlarında ise su sıcaklığı, seviye derinleştikçe artmaktadır. Bunun sebebi tuz havuzlarının dibe yakın kısımlarında yüksek konsantrasyonlu tuzların birikmesidir. Tuzun yüksek konsantrasyonlu olması, yüksek yoğunluk da tuz havuzlarının beklenenin dışında performansı demektir.

Normal göllerde ısı, suyun ısıtılıp genişlediği ve yoğunluğunun azalması sonucu meydana gelen konvektif dalgalarla dağıtılır. Tuz havuzlarında, derindeki tuz konsantrasyonu ve yoğunluğunun artması konvektif dalgaların oluşmasını önler. Su da sirküle etmedikçe düşük

bir ısı iletkeni olduğundan, bu özellik havuzun alt kısmını üst kısmından etkili olarak yalıtılmaktadır. Havuzun sıcaklığı bu sebeple derine inildikçe artmaktadır.

Yüksek tuz konsantrasyonu olan havuz katmanları genişlediği takdirde, bu katmanların ve koyu alt tabakanın topladığı güneş enerjisinden elde edilen ısı depolanabilir. Aşağıdaki sabit yüksek tuz konsantrasyonu ve yoğunluğu olan, ısıyı yayan konvektif dalgaları oluşturan bölüme konvektif katman denir. Üstteki tuz konsantrasyonu, yoğunluk ve sıcaklığın arttığı katmana yalıtım katmanı denir. Yalıtım katmanı tarafından yutulan enerji konvektif katmanda meydana gelen ısı kaybını önleyici sıcaklık yükselmelerini sağlar.

Sonuç olarak, tuz havuzundaki sıcaklık zamanla veya günlük hava şartlarına bağlı olmadan sabit kalacaktır. Bu stabilizasyon bir sene boyunca, belki de daha fazla sürebilmektedir.

Yapay tuz havuzlarında genellikle sodyum klorür (masa tuzu, NaCl) veya magnezyum klorür (MgCl) kullanılır. sodyum klorür tuz havuzlarında, suyun kaynama noktasından daha yüksek sıcaklıklara erişilmektedir.

Tuz havuzları, genelde kullanılan güneş enerjisi kolektörleri gibi günlük sıcaklık veya hava değişimlerine bağlı olmadan, uzun süren kötü hava koşullarında dahi güneş enerjisinden faydalanarak ısı elde edebilirler. Büyük, merkezi tuz havuzları, kenarlarından daha az ısı kaybı olduğu için avantajlıdır; güneş enerjisi kolektörleri tarafından kısıtlanan bina yönlendirilmesi ve konstrüksiyonu gibi koşullar söz konusu değildir; yine de kullanılmalarında ortaya çıkan çeşitli problemler mevcuttur.

Yüksek tuz konsantrasyonunu etkileyen yüzeydeki suyun buharlaşması ve rüzgarların suyu karıştırması, yalıtım katmanını tahrip eder; dolayısıyla havuzun etkisini azaltır. Konsantrasyon katmanı bu sebeple yapay olarak elde edilmelidir.

Tuz yığınları da ayrı bir problem teşkil eder. Toz partikülleri veya yapraklar, küçük boyutlarından veya havuzdaki herhangi bir katmanla aynı yoğunlukta olmalarından dolayı havuzda birikebilirler, bu da havuzun etkisini azaltır.

Sonuçta, ısıнын uzaklaştırılması bir sorun yaratacaktır. Sıcak tuzlu suyun konvektif katmandan bir pompayla uzaklaştırılması ve soğuk tuzlu suyun geri dönmesi halinde, fazla karışım katmanlaşmayı tahrip edebilir. Deneysel tuz havuzlarının işletimi yakın zamanda bu sorunlara çözüm bulabilir.

Yıllık Isı Depolanması: Yıllık ısı depolanması veya yazın ısıнын depolanıp kışın kullanılması günümüzde ekonomik olmaktadır. Kuzey yarım kürede, yazın güneş ısınımının önemli fakat kışın güneş ısınımının nominal olduğu durumlarda yıllık ısı depolanması önem kazanır. Yıllık ısı depolanması da binanın güneşe göre yönlendirilmesine ve konstrüksiyonuna bağlı olmadan binadan ayrı bir yerde tesis edilebilir. Ayrıca, yıllık depolama sistemleri, genelde kullanılan

güneş enerjisiyle elde edilen ısıtma sistemlerinden farklı olarak, kış boyunca meydana gelebilecek kötü hava şartlarından etkilenmemektedir. Fakat yıllık depolama sistemleri pahalı bir yatırımdır ve ancak büyük sistemler ekonomik olurlar.

Yıllık ısı depolanması konusunda başka metotlar da önerilmektedir; Oak Ridge Ulusal Laboratuvarında yıllık enerji depolanması konusunda yapılan araştırmalar, bu türdeki depolanmanın yapılabilirliğini göstermiştir. Kışın büyük bir su tankı dondurulurken, bir yandan da ısı pompası vasıtasıyla mekan ısıtmak için gerekli olan ısı sağlanmaktadır. Yazın ise eriyen buz soğutucu vazifesi görmektedir. Bu sistem kış boyunca bir ısı pompasının sabit bir işletimini öngörmektedir fakat ısı kaynağının (dondurulmuş su) sıcaklığı sabit olduğu için ısı pompası çok verimli bir hale dönüştürülebilmektedir. Konut ısıtması için ısı pompalarının klasik kullanımında ısı kaynağı dış hava koşullarıdır ve değişken dış hava sıcaklıkları söz konusu olur. Dış hava sıcaklığı çok düşerse, ısı pompalarının kullanımı için tek uygun alternatif pahalı elektrik ısıdır. Yıllık enerji depolanmasında kullanılan ısı pompası klasik metotlarla kullanılanlardan dört misli daha ucuza çıkar.

Kimyasal Depolama: Kimyasal depolama veya enerjinin kimyasal bileşenler vasıtasıyla depolanması, belki de en güçlü ısı depolama metodudur. Bu metot uzun vadeli depolamada en doğru olan yöntemdir, çünkü kimyasal bileşenler ayrılmış vaziyette durdukça enerji depolanmaktadır. Bütün diğer ısı depolama metotları sıcaklığa bağlıdır; dolayısıyla muhtemel ısı kayıplarına maruz kalmaktadırlar.

Kimyasal depolama, suyla ısı depolama metodunda gerekli olan alanın 1/20'si bir alanda oldukça kompakt ısı depolayabilir. Kimyasal depolamada yalıtım gerekmemektedir, hatta taşınabilirlik söz konusu olmaktadır yani bir yerde toplanan enerji başka bir yerde depolanabilmektedir. Fakat bu tür depolamayla bağlantılı olarak başka problemler mevcuttur.

Kimyasal depolamanın gerektirdiği çoğu kimyasal reaksiyonlar, ancak yüksek verimli odaklı kollektörlerin sağlayacağı yüksek sıcaklıklarda çalışırlar. Ayrıca reaksiyon basıncının düzenlenmesi bazen oldukça önem kazanır. Bu reaksiyonlarda kullanılan kimyasal maddeler oldukça pahalıdır; bazıları da zehirli maddelerdir. Bu problemle halledilene kadar, ısının kimyasal yollarla depolanması deneysel olarak devam edecektir.[81]

5.3. Güneş Enerjisinden Isıtmada Yararlanan Sistemlerin Performansını Etkileyen Faktörler

Bir güneş enerjisi ile ısıtma sisteminin performansını bir çok faktörler etkileyebilir. Bunlar:

Isı Kaybı: Bu belki de güneş enerjisi donanımı tasarımcısının dikkat etmesi gereken en önemli husustur. Eğer güneş enerjisi kollektörlerinde herhangi bir ısı kaybı söz konusu olmasa kollektör verimi %40-60 yerine %80-100'e ulaşabilir. Keza eğer binada herhangi bir ısı kaybı olmasaydı

o zaman ısıtma sistemleri de söz konusu olmazdı; bina bir kere ısıtıldığında sonsuza kadar sıcak kalabilirdi. Kollektörde, dağıtım sistemlerinde ve binada meydana gelen ısı kayıplarını azaltmak için daha ucuz ve daha küçük ısıtma sistemlerinin kullanıldığı ekonomik yollar mevcuttur.

Işınım Kazancı: Güneş ışınlarının mevcut olduğu yerde, ısıtım kazancı imkanı doğmaktadır. Binanın güney yönündeki duvarlara çift camlı pencereler ilave etmek, binanın ısı ihtiyaçlarını çatıya aktif bir güneş enerjisiyle ısıtma sistemi yerleştirilmiş olsa dahi azaltacaktır. Kollektör sıralarının yanına %50 oranında daha fazla enerji toplayabilmek için yansıtıcı yüzeyler yerleştirilebilir; toplama alanları, gölgelemeden korunabilir. Kollektörler için ısıtım girişini arttırabilmek için yansıtıcı olmayan ve düşük demir içeren cam örtüler kullanılır.

Isı Geçiş: Isı verimli olarak iletilmesi gereken yere iletilmedikçe, ısı kaynağının mevcudiyetinin bir yararı yoktur. Tasarlama aşamasında ısıtımın bir katmandan diğerine iletildiği noktada gerekli dikkat gösterilmelidir.

Akışkan Sürütmesi: Akışkan dolaşımına karşı kanallarda, borularda veya diğer ekipmanlarda bir dayanım meydana gelirse büyük, beygir gücü fazla fanlar veya pompalar gerekli olabilir. Kollektörlerdeki, depolama ekipmanlarındaki, ısı dönüştürücülerdeki ısı geçişi, gereksiz olmayan akışkan türbülansı ile değil yüzey alanlarının artırılması ile yükseltilebilir.

Basitlik: Daha basit olan sistemde her zaman yanlış yapma ihtimali daha azdır; ayrıca daha kolay parça sağlanması ve daha kolay bakım yapılması gibi avantajlar sağlar. Yeni teknikler ve yeni fikirler işçilikten, bakımdan ve maliyetten tasarruf edildiği saptandıktan sonra kullanılmalıdır.

5.4. Pasif Sistemler

1973 Yılında meydana gelen enerji krizi ve mevcut enerji kaynaklarının tükenebilirliğinin farkına varılması, bazı bina tasarımcılarını, iklimle dengeli tasarlama prensiplerini kullanmaya itmiştir. Bu arada malzeme bilimindeki ilerlemeler, cam ve termal yalıtım gibi bina malzemelerinde yüksek verim sağlamıştır. Bu tür malzemeler bugünün pasif güneş enerjisi tasarımında, tasarımcılara büyük avantajlar sağlamıştır.

Pasif güneş enerjisi kullanımı ile bina tasarımı yaklaşımı, güneşten kazanılan enerjinin maksimize edilmesinden daha farklıdır; bu yaklaşım fiziksel çevre koşullarının en iyi kullanımı, bina kabuğunun komple kontrolü, maliyet değerleri, iklimsel ve görsel konfor, kullanıcının yaşam tarzı gibi bir çok faktörlerin tesir ettiği ve bu faktörlerin bütünde ele alındığı bir bina tasarımı yaklaşımıdır. Bu yaklaşım gayet esnek olmalı ve iyi bir tasarım, kullanıcı gereksinmelerine önem vermeden yüksek verimle çalışan sistemler önermek yerine, kullanıcı gereksinimleri ve iklimsel kriterlerin bir dengesini sağlayarak gerçekleşmelidir.

Pasif güneş enerjisi ile ısıtılan evde, ısıyı kazanmak, depolamak ve kullanıcılara

dağıtmak üzere kullanılan malzemelerden yararlanılır. Tuğla, beton, taş ve su gibi yüksek ısı depolama kapasitesi olan malzemeler, güneş enerjisini binanın içine girdiği anda yutarlar ve ısı halinde depolarlar. Yaşama mekanları, bu depolayıcı elemanlarla direkt termik temas kuracak şekilde düzenlenmiştir ve özel pompalama veya sıcak hava dağıtım sistemleri gibi maliyete etki eden bir takım sistemler olmadan, bu mekanların direkt olarak ısınması sağlanmıştır.

Pasif güneş enerjisi tasarımı, her detayda ve bileşende ısı akışına gereken önemin verilmesi ile gerçekleşir. Kat planı yerleşimi, sirkülasyon sistemi, pencere konumları ve 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.

Duvarlar da mekanı sınırlamak olan işlevleri yanında ısıyı depolama ve yayma işlevini de yerine getirir. Bu bileşenler strüktürel veya estetik fonksiyonlarının yanında pasif güneş enerjisiyle ısıtma mekanizmaları olarak işlevlerini çoğaltabilirler.

5.4.1. Güneş Enerjisinden Isıtmada Kullanılan Pasif Sistemlerin Sınıflandırılması

Pasif güneş enerjisi kullanımı daha evvel de açıklandığı gibi ısı sirkülasyonuna yardımcı olan fan veya pompalar kullanılmadan güneş enerjisinin ısıtma amacıyla kazanılması, depolanması ve kullanılmasıdır. Güneş enerjisi binanın yardımıyla veya direkt olarak toplanmakta ve depolanmaktadır; gerçek pasif sistemlerde ısı sirkülasyonu sadece konveksiyon, kondüksiyon ve radyasyonla gerçekleştirilmektedir.

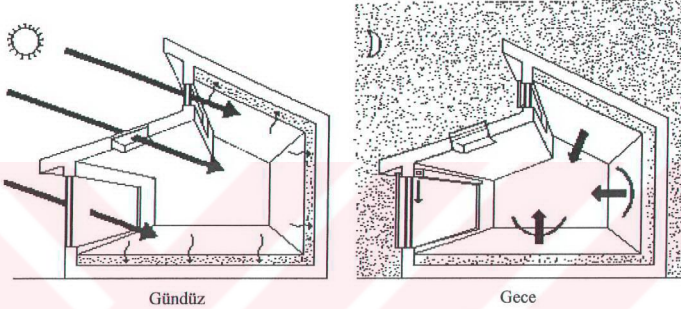
Güneş enerjisinden ısıtmada faydalanan pasif sistem sınıflandırılmasında iki ana yaklaşım direkt ve dolaylı kazanç sistemleridir. Diğer bütün kategoriler bu iki yaklaşım içindeki alt sistemlerdir.[86]

5.4.1.1. Direkt Kazanç Sistemleri

Bu sistemler, pasif sistemlerin en çok kullanılanıdır. Bu tipteki pasif 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 yayılı direkt kazançlar ve yayılı olmayan direkt kazançlar olmak üzere iki alt grupta incelenebilir.

Pasif güneş enerjisi sistemlerinin en basit tipi olan yayılı 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 formunda saklanmakta ve mekanı ısıtmak üzere bırakılmaktadır.

Işınımına maruz kalacak termik kütle, etkili bir performans gösterebilmek için, tipik bir kış gününün çoğunu direkt olarak güneş ışınlarını karşılayacak şekilde yerleştirilmelidir. Bu sınırlandırmaya bağlı olarak termik kütle değişik konumlarda döşemeye, mekan içinde serbest bir yere, iç veya dış duvarlara yerleştirilebilir. Çoğu binalarda büyük güneye bakan cam yüzeyleri olmasına rağmen, termik kütlelin gelen güneş ışınlarından tümüyle yararlanamaması ve uygun yalıtım standartlarının tutturulamaması, pasif ısıtma sistemlerinden gerektiği gibi yararlanılamamasını doğurabilir.



Şekil 5.21. Direkt Kazanç Sistemi [87]

Direkt kazanç sistemlerinde gerekli olan büyük cam yüzeyler ısı kaybından veya parıltıdan dolayı bir konforsuzluk yaratabilir. Ayrıca bu sistemin yaşam içi bir toplayıcı gerektirmesi mekan kullanımı ve enerji depolaması arasında bir tasarı karmaşası yaratmasına neden olabilir. Sabit veya sabit olmayan mobilyalar termik kütlelin 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 ışınının mekan içerisinde etkili bir şekilde yayılmasını sağlamaktadır. Bu sayede ısı depolaması gereken termik kütle, yayıllı olmayan kazanç sistemlerindeki sınırlandırmalar olmadan mekan içerisine yerleştirilebilmektedir. Bu metotla güneş enerjisinin dağıtımı, termik kütlelin 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 tasarı karmaşası bu sistemde daha hafifletilmiştir fakat ek bir problem olarak mekanın manzarasının sınırlandırılması sorunu ortaya çıkmaktadır.

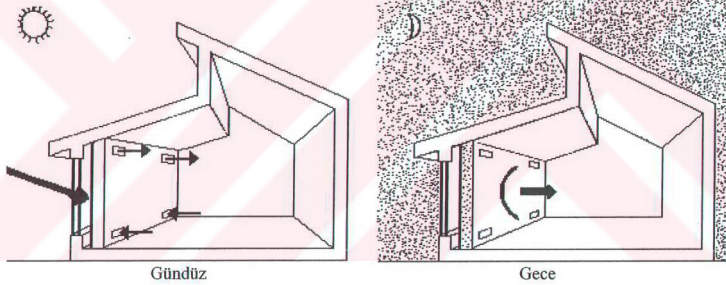
5.4.1.2. Dolaylı Kazanç Sistemleri

Dolaylı kazanç sistemlerinde masif strüktürler güneş ile yaşam mekanı arasına

yerleştirilerek mekanın dolaylı olarak ısıtılmasını sağlamaktadırlar. Aşağıdaki alt sistemler dolaylı ısı kazanç kategorisinin alt sistemleridir.

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

Trombe Duvarı: Trombe duvarı 1960’larda Odeillo-Fransa’daki Centre Nationale de la Recherche Scientifique (CNRS)’de geliştirilmiş ve bu duvarı geliştirenlerden biri olan Dr. Felix Trombe’un adıyla anılmıştır. Trombe duvarı, genellikle betondan yapılan oldukça kalın olan ve direkt olarak çift camlı giydirme bir cephenin arkasına yerleştirilen duvar türüdür. Trombe duvarı altında dolaylı bir kazanç sistemidir, çünkü güneş ışıınıma yaşama mekanlarına girmez. Fakat diğer dolaylı kazanç sistemlerinde olduğu gibi güneş enerjisinin mekanı ısıtmak üzere bütünüyle kütleden geçmesi gerekmez.

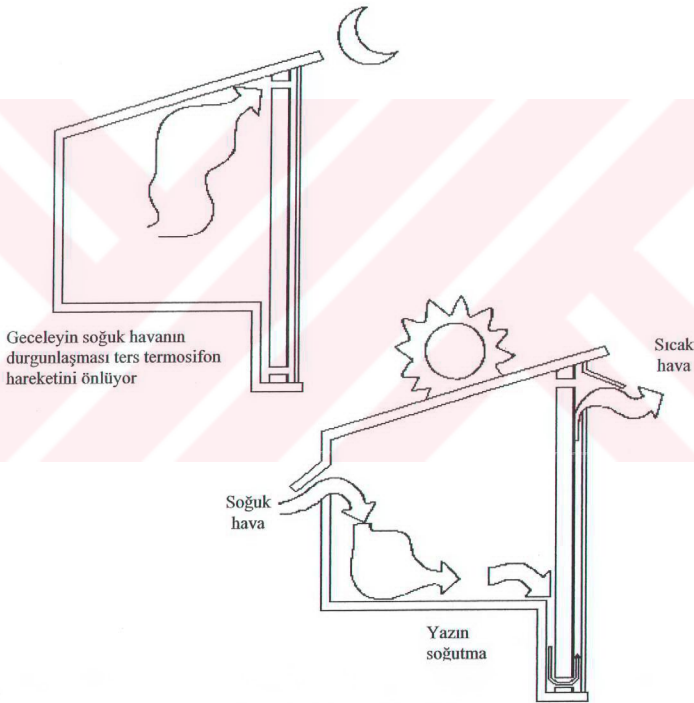


Şekil 5.22. Trombe Duvarı [87]

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 kazanmaktadır. Uygun hava akımı için duvar ile cam arasındaki derinlik en az 10 cm olmalıdır.[80]

Gece duvarda depolanan ısı, yavaşça mekana iletilmekte ve termik kütle soğumaktadır. Aslında odaya ulaşan güneş enerjisi ısının çoğunu (yaklaşık %70'i) ısıtılan kütleden geçen termik radyasyonla sağlanmaktadır. Trombe duvarı dış yüzeyinden izole edilmediği takdirde, geceye ısı kaybedilmesi söz konusu olur. Sızdırmaz yalıtım iyi sonuç veren çözümlerdir.

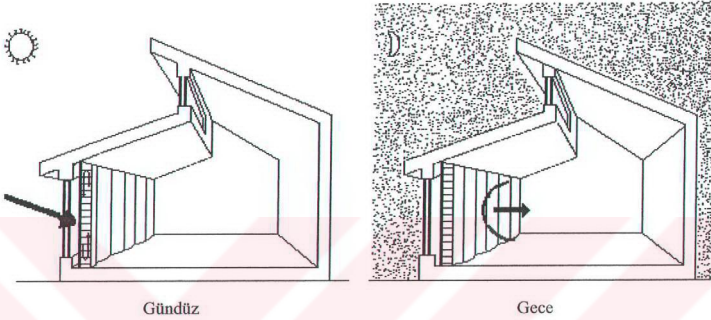
Isıtma mevsimi boyunca geceye ters termosifon hareketini önlemek ve mekanın soğumasına mani olmak için havalandırma boşlukları elle veya otomatik kumanda edilen kapaklarla kapatılmalıdır. Kapaklar kapatılmadığı takdirde mekan içindeki sıcak hava havalandırma boşluklarından geçerek camla direkt temas eder ve soğur. Kışın istenmeyen bu hava hareketi yazın mekanı soğutmada oldukça etkili olabilir.



Şekil 5.23. Trombe Duvar [81]

Şekil 5.23’de gösterilen bir Trombe duvar türünde ise gece, sabah erken saatlerde veya bulutlu havalarda meydana gelen ters termosifon etkisi soğuk havanın alt bölümünde çökmesi sonucu otomatik olarak önlenmektedir.

Su Duvarları: Güneş enerjisinden elde edilen ısıнын depolanması için gerekli olan su düşey borularda veya kanlarda, cam elyafı tüplerde veya özel olarak inşa edilen duvardan duvara, tavandan döşemeye depolama ünitelerinde saklanır. Bu depolama üniteleri kazanç sistemlerinde doğrudan güneye bakan cephelerin arkasına veya direkt kazanç sistemi için odanın arkasına yerleştirilir.



Şekil 5.24. Su Duvarları [87]

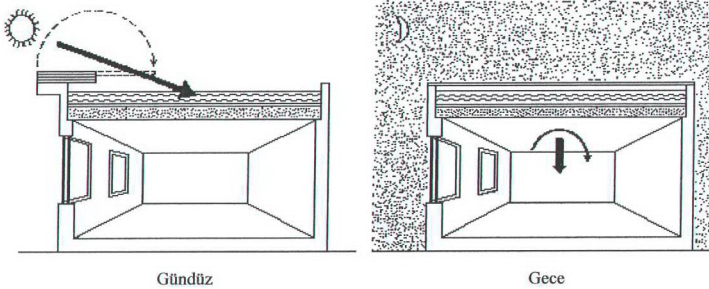
Güneş enerjisiyle pasif ısıtma sistemlerinde su kullanmada en önemli problemler buharlaşma, korozyon ve sızmadır. Antikoroziv malzemeler ve metal depolama ünitelerinin plastikle kaplanması veya yüksek kaliteli cam elyafı malzemelerin kullanılması söz konusu problemlerin 15-30 yıl giderilmesini sağlayabilmektedir.

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 ısıнын hapsedilmesine de yardımcı olurlar. Hareketli sert bir yalıtım kışın geceleri, yazın da gün boyunca kullanılmaktadır.

Kışın güneşli günlerde yalıtım kaldırılmakta ve güneş ışıını su havuzlarına gelmektedir. Isı havuzlarından tavana iletilmekte ve daha sonra alttaki odaya termik radyasyonla ısı geçişi sağlanmaktadır. Geceleyin ise yalıtım yerleştirilmekte ve su mekanı ısıtmaya devam etmektedir. Sadece havuzların altındaki mekanlar ısıtıldığından bu sistemle ısıtılan binalar ısı geçişini sağlayan bazı ayrıcalıklı binalar dışında tek katlıdır.

Yazın süreç değişmekte ve yalıtım tabakası gün boyunca havuzun üzerinde kalmaktadır;

bu sayede su mekandaki fazla ısıyı yutmaktadır. Gece ise yalıtım havuzun üzerinden kaldırılmakta ve yutulan ısının gökyüzüne çıkması sağlanmaktadır.

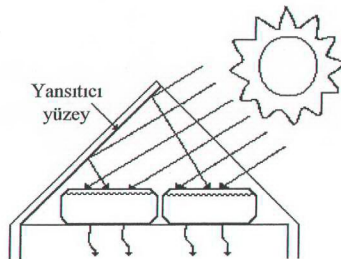


Şekil 5.25. Çatı Havuzları [87]

Yatay yüzeylerde, kışın güneş enerjisinin toplanması zayıf olduğundan ve donma kar yükü potansiyel problemler olarak ortaya çıktığından, çatı havuzlarının en çok sıcak iklimlerde ve 35° kuzey enlemi veya onun altındaki enlemlerde kullanılması uygundur.

Çatı havuzları mimari açıdan daha serbest imkanlar sağlarlar; mimari açıdan söz konusu olan sınırlandırmalar sadece yüksek bir çatı gereksinmesi ve havuz içindeki suyun taşınması için gerekli olan duvar ve tavan takviyesidir. Çatı havuzları dekoratif parapetlerle kolaylıkla gizlenerek güneş enerjisi sisteminin çevreden görülmemesini sağlarlar.

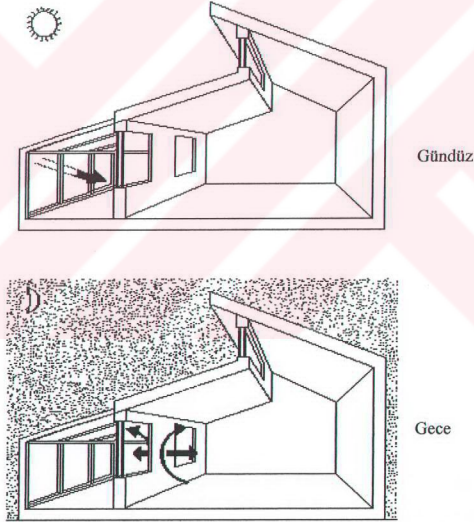
Nispetten soğuk iklimlerde, çatı havuzları çatıda eğimli camların altına yerleştirilirler(Şekil 5.26). Eğimli cam bir yüzey, yatay yüzeylere nazaran daha fazla güneş ışınımı sağlar. Çatının diğer iç yüzeyine konan bir yansıtıcı katman ise toplanan güneş enerjisinin artmasını sağlayacaktır. Doğal olarak çatı suyunun ağırlığını taşımak üzere takviye edilmelidir ve ısı kaybının önlenmesi için gece ve bulutlu havalarda camların yalıtımının sağlanması oldukça önemlidir.



Şekil 5.26. Kuzey İklimleri için Çatı Havuz Alternatifi [81]

İlave Güneş Mekanları-Seralar: Seralar soğuk havalarda büyük ısı kayıplarına sebep olabilir. Güneşe yanlış yönlendirilmenin büyük cam yüzeylerle birleştirilmesi büyük ısı kayıplarını ve ısıtma maliyetlerini doğurur. Seraların mümkün olduğu kadar verimli olması için uzun akının doğu-batı yönünde olması gerekmektedir.

Seranın bir evin güney duvarına direkt olarak yerleştirilmesi bütün strüktürler için ısı kayıplarını azaltır çünkü bir duvarın bütünü veya belli bir kısmı sıcak bir çevreyle temas halindedir. Binada güney duvarı olmaması halinde sabah güneşini almak üzere binanın güneydoğu cephesine bir sera yerleştirilmesi veya binanın güneye en yakın köşesine L şeklinde bir sera yerleştirilmesi olası çözümlerdir. Çoğunlukla sera ile bina arasındaki duvar dahi geceleri binadan seraya olabilecek ısı kayıplarını önlemek üzere yalıtılmaktadır. Ayrıca büyük bir ısı kazancı seranın binaya birleştirilmesi, otomatik olarak hava kontrolü sağlayan bir sistemin kurulmasını sağlamaktadır.

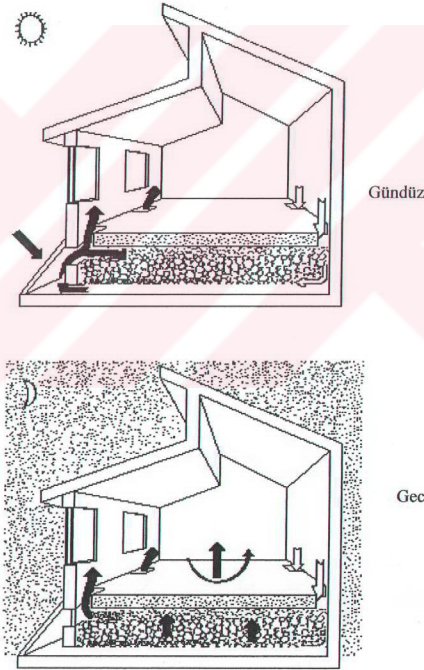


Şekil 5.27. İlave Güneş Odaları [87]

İlave bir sera, açık kapılar, pencereler veya havalandırma boşlukları sayesinde veya bina ile sera arasındaki tuğla duvarlar veya su duvarları sayesinde güneş enerjisinden elde edilen ısı binaya iletilmesine yardımcı olurlar. Genellikle iyi bir hava akımı sağlayabilmek için biri yüksekte biri alçakta olmak üzere, bina ile sera arasında iki açıklık bulunması tavsiye edilir. Yazın ayrıca dış hava kapakları açılarak konfor düzeyi artırılabilir.

Ilımlı iklimler dışındaki bütün iklimlerde güneş enerjisi seraları plastik, cam elyafı veya camdan meydana gelen iki katman şeklinde olmalıdır. Çapraz havalandırmayı sağlamak için üstteki ve alttaki hava boşluklarının çapraz köşelere yerleştirilmesi gerekmektedir. Giriş, cam ve havalandırma boşluklarında meydana gelen infiltrasyon kayıplarının minimize edilmesi gerekmektedir; ayrıca bütün çevrede yalıtılmalıdır.

Termosifon Kollektörleri: Termosifon kollektörlerinin bir türü Trombe duvarıdır. Diğer bütün hava tipi kollektörlerinde olduğu gibi Trombe duvarında da cam ile yutucu arasındaki boşlukta kalan hava ısıtılmakta, yukarı doğru harekete geçmekte ve soğuk hava da ısıtılmak üzere kollektöre çekilmektedir. Çoğu termosifon veya doğal konveksiyon sistemleri aktif hava tipi kollektörlere benzerler; asıl fark basınçlı hava sirkülasyonunun olmamasıdır. Termosifon kollektörünün pozisyonu ve konstrüksiyonu sistemin ne kadar iyi çalıştığını belirler.

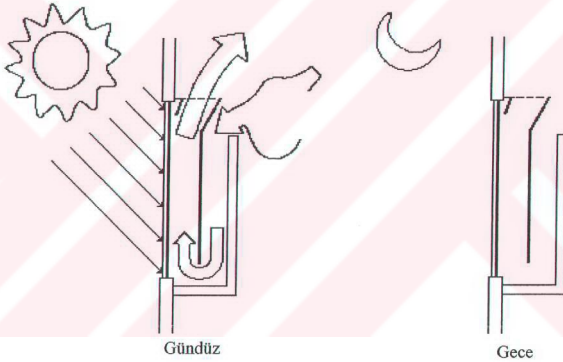


Şekil 5.28. Termosifon Toplayıcılar [87]

Termosifon sistemlerinde hava hareketi yavaş olduğundan hava boşluklarının ve kanallarının boyutlandırılması çok önemlidir. Depolama, Şekil 5.28'te görüldüğü gibi

termosifon devresinin içinde de yer alabilir. Toplayıcı üzerinde mümkün olduğu kadar çok depolama alanı yerleştirilmeli, doğal konveksiyon yoluyla depolama malzemesi ısıtılmalı ve binayı ısıtması için ev depolama ünitesinin üzerine yerleştirilmelidir. Kollektör-depolama ünitesi arasındaki ve depolama ünitesi- ev arasındaki kapaklar çoğunlukla gereklidir. Yazın eğimli toplayıcılar fazla ısınmayı önlemek için kaplanmalı, gölgelendirilmeli veya havalandırılmalıdır.

Termosifon kolektörlerinin bir diğer türü de U- tüpüdür; U-tüpü duvar Trombe duvarına benzer yöntemlerde çalışır. Gün boyunca cam içinde ısıtılan hava yükselir ve mekandaki soğuk hava ısıtılmak üzere içeri alınır. Fazla ısı, ısıtılan mekanların termik kütlelerinde depolanabilir veya direkt olarak bir depolama alanına gönderilir. Geceleyin soğuk hava eşit olarak kolektörün her iki tarafına çökmekte ve durgunlaşmaktadır; ters termosifon hareketi ile odanın soğutulması önlenmektedir.



Şekil 5.29. U- Tüplü Termosifon Toplayıcılar [81]

6. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu çalışmadaki amaç, Elazığ'daki yapıları güneş enerjisiyle ısıtmak, bu ısıtmanın sağlanabilmesi içinde farklı iki güneş kolektörü tasarlayıp imal etmek ve güneş enerjili bu kolektör sistemini deneysel olarak incelemektir.

6.1. Elazığ Bölgesinin İklim Şartları

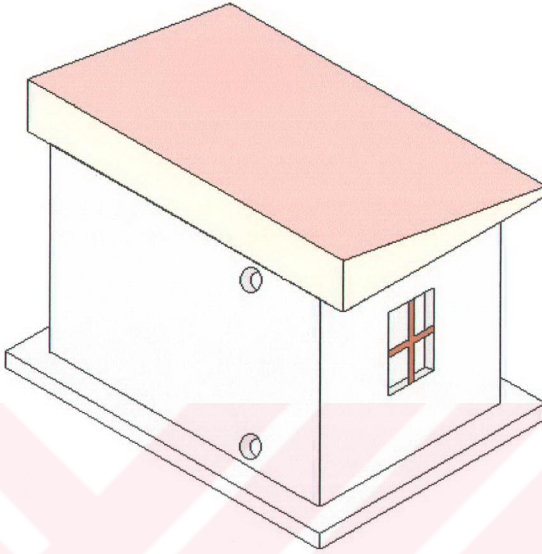
Doğu Anadolu'nun Yukarı Fırat Havzasında 40°21' ve 38°30' doğu boylamları ile 38°17' ve 39°11' kuzey enlemleri arasında yer alır. Kara iklimi hüküm sürer. Kara iklimin yanı sıra yer yer Akdeniz iklimi özelliği de taşımaktadır. Bu değişiklik Barajlardan sonra meydana gelmiştir. Elazığ iklimi, Akdeniz 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. Deney Seti

Elazığ Fırat Üniversitesi kampusu içerisinde Makine 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 yağma 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 kolektörleri yardımıyla ısıtılması ve aynı özelliklere sahip ikinci yapı ile karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Deneylere başlamadan önce güneş ışınlarını direkt alabilecek, gölgelenmeye 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 cepesindeki 3m²'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. Pencere 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 m²'dir. Yapılan yapının önden şematik olarak görünüşü şekil 6.1 de görülmektedir.



Şekil 6.1. Deneyde Kullanılan Yapının Önden Şematik Olarak Görünüşü

Deneyin uygulanacağı yapının iç ortam havasının giriş ve çıkışını sağlamak için, yapının 3 m^2 '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 kolektörleri ile yapının içerisindeki hava alt menfez boşluğundan doğal ve zorlanmış olarak iki ayrı şekilde girip kolektörden ısınmış bir şekilde çıkması sağlandı. Havanın zorlanmış olarak kolektörlere girip ısınmış bir şekilde kolektörlerden 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 kaçışlarını önlemek için fanın çevresi de yalıtıldı.

Deneye tabi tutulan yapının iç ortam sıcaklığını doğal ve zorlanmış yollarla değiştirmek için güney cephesine yerleştirilmek üzere $120 \times 200 \text{ cm}$ ebatlarında iki farklı tip güneş kolektörü tasarlandı. Tasarlanan bu güneş kolektörlerinin içerisindeki havanın geçirilerek ısıtılması sağlandı.

Deneyler esnasında kullanacağımız kolektörlerden birincisi olan kolektör $120 \times 10 \times 210 \text{ cm}$ ölçülerinde, $2,20 \text{ m}^2$ toplamı yüzey alanına sahip siyah mat boyalı galvanizli sacdan

yapıldı. Bu kollektörün ikinci kollektörden farklı olan özelliği toplayıcı yüzeyinin düz olmasıdır. Yapılacak kollektörlerin kış ortamında çalışacağı düşünülerek toplayıcının ön kısmına, kışın meydana gelebilecek olumsuz hava şartlarından etkilenmemesi ve toplayıcı yüzeyinin soğuk hava ile temas edip yüzey ısısının azalmaması için 3 mm kalınlığında 118 × 198 cm ölçülerinde cam takıldı ve camın etrafından hava kaçışını önlemek için yalıtıldı. Ayrıca toplayıcıyı çevreleyen kollektör kasasından ısı kaçışını önlemek için, kollektörün arka yüzeyi hariç tüm etrafı yalıtıldı. Tasarlanan birinci kollektördeki ikinci bir özellik ise arka yalıtım kısmının yapılmayarak arka yalıtım yerine yalıtımı yapılmış duvarın düşünülmesidir. Yani kollektörün arka kısmı duvar olarak yapıldı. 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 bu iki yüzey arasından yani 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

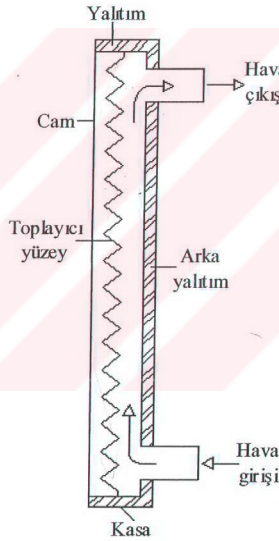


Şekil 6.2. Deneylerde Kullanılan I.Tip Kollektör

Deneyde kullanacağımız ikinci kollektör ise birinci kollektördeki gibi 120×10×200 cm ebatlarında ve 3,80 m² toplayıcı yüzey alanına sahip siyah mat boyalı testere laması şeklinde galvanizli sacdan yapıldı (Şekil 6.3.).

İkinci kollektördeki toplayıcı yüzeyi testere laması şeklinde 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 testere laması şeklinde yapılması uygun görüldü. Ayrıca ikinci kollektör toplayıcı yüzeyinin testere laması şeklinde yapılması toplayıcı yüzey alanının artmasına ve böylece yüzeye gelen güneş ışınlarının daha geniş bir yüzeye temasına olanak sağlamıştır ve verimin artmasına sebep olmuştur.

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



Şekil 6.3. Deneylerde Kullanılan II. Tip Kollektör

İkinci kollektörü birinci kollektörden farklı kılan bir başka özellik ise, birinci kollektördeki gibi kollektör kasasının yalıtımının dışında ikinci kollektörün arka kısmının da yalıtılmasıdır. Ayrıca 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. Yani deneye tabi tutulacak yapı içerisindeki hava alt menfez boşluğundan girip ikinci 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. İkinci kollektörün iç kısmındaki havanın geçtiği yer iki sac arasına alındı böylece 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 oksitliyen ortamlarda 600°C'ye kadar mV değeri üretebilmesine rağmen yaygın kullanım sıcaklığı -200°C ile 300°C arasındadır.

Deneylerde iç ortam havasının debisini değiştirmek için bir fan kullanıldı. Fan tarafından kollektör içerisine ısıtılmak amacıyla gönderilen havanın hızı $\pm \%0.1$ hassasiyetli bir rüzgar gülü ile ölçüldü.

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

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

6.3.Deneyin Yapılışı

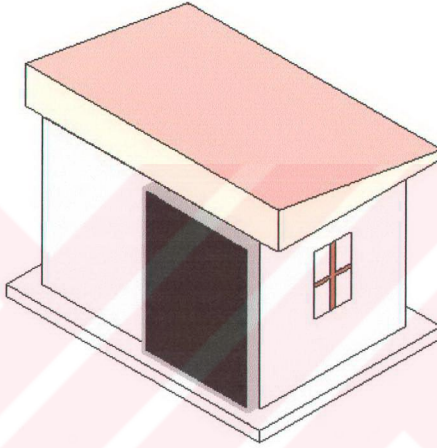
Deneylerin yapılmasına 16.03.2005 tarihinde Fırat Üniversitesi kampusu Makine atölyeleri arka kısmında inşa edilen yapılardan, deneye tabi tutulan yapıya, yaptırdığımız kollektörler monte edilerek başlandı. Deneylere 11.04.2005 tarihine kadar devam edildi.

Deneylerde alınan ölçümlere sabah saat 08:00 den başlayarak akşam saat 18:00'e kadar devam edildi. Ölçümler her 15 dakikada bir alınarak sıcaklık değişiminin nasıl değiştiği gözlemlendi. Deneye tabi tutulan yapının ve kıyaslama yapacağımız yapının 10 noktaya yerleştirilen T tipi (Cu-Co) ısıl çiftler 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 3 farklı noktadan alınarak, yerleştirilmiş olan ısıl çiftler yardımıyla ölçülmüştür.

İç ortam sıcaklıklarıyla birlikte dış ortam sıcaklığı da ölçülmüştür. Dış ortam hava sıcaklığını ölçmek amacıyla bir ısıl çift, yapının dış duvarına güneş ısınımını 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 ısıl çiftler sayesinde kollektör giriş ve çıkış sıcaklıkları da tespit edilmiştir. Isıtılan ortamın iç ve dış

duvar yüzeylerine karşılıklı konulan ısı çiftler sayesinde ortamdan dışarıya olan ısı kayıp miktarı da hesaplanmıştır.

Deneye tabi tutulan yapıya ilk önce yaptırdığımız birinci kollektör monte edildi ve bu kollektörün her 15 dakikada alınan sıcaklık değerleriyle iç ortam sıcaklığını nasıl değiştirdiği tespit edildi. 11 gün süren birinci kollektör ölçümlerinde 5 gün süreyle de fan kullanılarak ortam sıcaklığında meydana gelen değişim gözlemlendi. Fan kullanılarak ortam sıcaklığının değiştirilmeye çalışıldığı günlerde rüzgar gücü ile fanın hızı ölçüldü.



Şekil 6.4. Yapının Kollektör Monte Edilmiş Şekli

Birinci kollektör için yapılan 11 günlük deneyden sonra deneye tabi tutulan yapının güney yüzeyine, birinci kollektörün çıkarıldığı yere yaptırdığımız ikinci kollektör monte edildi. İkinci kollektörün arka kısmının alt ve üst kısmında bulunan hava kanalları yalıtılarak ısı kaybının önlenmesi sağlandı. Bu kanallar duvar yüzeyindeki boşluklara oturacak şekilde monte edildikten sonra kanallar ile duvar arasından ısı kaybının olmaması için yalıtıldı. Böylece havanın alt ve üst menfez boşluğuna yerleştirilen kanallar vasıtasıyla direk kollektör içerisine girip çıkması sağlandı.

Birinci kollektördeki gibi ikinci kollektördeki deneylerde onbir gün sürdü ve bu kollektör içinde beş gün süreyle fanlı iç ortam sıcaklık ölçümleri alındı.

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.

6.4. Deney Sonuçları

6.4.1. Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi ve Verim Hesabı

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

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

$$\text{Verim} = \frac{\text{Kolektörün Topladığı Kullanılabilir Enerji Miktarı}}{\text{Kolektör Üzerine Düşen Enerji Miktarı}} \quad (6.1)$$

veya

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

Sistemin aldığı enerjiyi, kolektör üzerine düşen güneş ışıınım miktarı, sistemden alınan enerjiyi de, kolektörün ısıtmak için kullanılan havaya verdiği ısı enerjisi olarak tanımlayabiliriz. Sistemin anlık verimi;

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

Formülde;

Q_u - Kolektörden alınan faydalı ısı (J/sn)

A_K - Kolektör net alanı (m^2)

I - Kolektör yüzeyine gelen ışıınım şiddeti (W/m^2)'dir.

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

$$Q_u = \dot{m} \cdot C_p \cdot (T_{çık} - T_{gİR}) \quad (6.4)$$

Burada;

$\dot{m}$ - Sistemde dolaşan akışkanın kütleli debisi (kg/sn)

C_p - Sistemde dolaşan akışkanın özgül ısısı (J/kg.K)

$T_{çık}$ - Akışkanın kolektörden çıkış sıcaklığı (K)

$T_{gİR}$ - Akışkanın kolektöre giriş sıcaklığı (K)'dir.

Deney yapılırken kolektöre giren havanın debisi;

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

Burada;

ρ - Akışkanın yoğunluğu (kg/m^3)

U - Akışkanın hızı (m/sn)

A_F - akışkanın zorlanmış olarak kolektöre girişini sağlayan fanın alanı (m^2)

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

$$Q_U = h \cdot A_K \cdot (T_{\text{çu}} - T_{\text{gr}}) \quad \text{formülüyle hesaplandı.} \quad (6.6)$$

Burada;

h - Isı taşınım katsayısı ($\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$)

A_K - Kolektör alanı (m^2)'dir.

6.3. denkleminde, 6.6 denklemi (Q_U) yerine yazılırsa;

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

$$\eta_t = \frac{h \cdot A_T \cdot (T_{\text{çık}} - T_{\text{gr}})}{A_T \cdot I}$$

$$\eta_t = \frac{h \cdot (T_{\text{çık}} - T_{\text{gr}})}{I} \quad \text{elde edilir.} \quad (6.7)$$

Deneylerdeki doğal konveksiyonla verim hesabı için 6.7. denklemi kullanıldı. h değeri Tablo 6.1.'den alındı.

Ayrıca deney sonuçlarının değerlendirilmesinde, ısıtılan ortam ile yani Solarwall'li oda ile kıyaslama yaptığımız normal oda arasındaki sıcaklık farkı, fanlı ve fansız sıcaklık farklılıkları, birinci tip kolektör ile ikinci tip kolektör arasındaki ortam sıcaklık farklılıkları da hesaplanmıştır.

Tablo 6.1. Muhtelif Akışkanlar için ‘h’ Isı Taşınım Katsayısı [78]

Akışkanın Cinsi	h (W/m ² °C)
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

6.4.2. Deney Evinin Isı Kayıp Hesabı

Isı kayıplarının hesabında, deneylere başlamadan önce her iki yapının, iç ve dış duvar yüzey sıcaklık değerlerinin belirlenebilmesi için, her iki ortamın iç ve dış duvarlarının yüzeylerine ısıl çiftler yerleştirildi. Duvar yüzeylerine yerleştirilen bu ısıl çiftlerin ortam sıcaklığından etkilenmemesi için, ısıl çiftlerin uç kısımları sıcak ortamdaki etkilenmeyen, özel bir yapıştırıcı ile duvar yüzeylerine yapıştırıldı. Ölçülen iç ortam sıcaklıklarıyla birlikte, iç ve dış duvar yüzey sıcaklık değerleri, her 15 dakikalık ölçümlerle birlikte alındı.

$$Q = \frac{T_{iç} - T_{dış}}{R_{Top}} \text{ (W)} \quad (6.8)$$

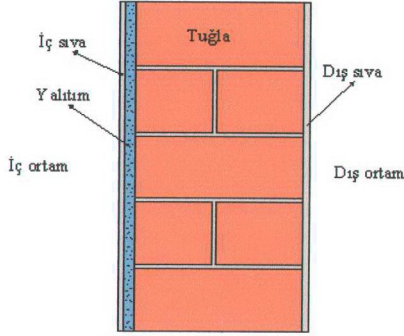
$$R_{Top} = \frac{L_1}{k \times A} + \frac{L_2}{k \times A} + \frac{L_3}{k \times A} + \frac{L_4}{k \times A} \quad (6.9)$$

6.9 denklemi 6.8 denkleminde yerine yazılarak, iç ortamdaki duvarların tespit edilen yüzey sıcaklığı değerine göre, dışarıya olan ısı kaybı hesaplandı.

$$Q = K \cdot A \cdot \Delta T \quad (6.10)$$

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{h} + \frac{L_1}{k} + \frac{L_2}{k} + \dots + \frac{1}{h} \quad (6.11)$$

6.11 denklemi 6.10 denkleminde yerine yazılarak, iç yüzey duvar sıcaklığı ölçülmeyen duvarlardan dışarı olan ısı kaybı hesaplandı.



Şekil 6.5. Deney Evinin Duvar Yapısı

Tablo 6.2. Duvar Malzemelerinin Özellikleri

	L (m)	k (W/mK)	h (W/m ² K)
İç sıva	0.02	0.87	-
Yalıtım	0.025	0.032	-
Tuğla	0.13	0.45	-
Dış sıva	0.025	1.4	-
PVC	0.05	1.3	-
Cam	0.03	1.3	-
İç ortam	-	-	14
Dış ortam	-	-	20

Fan kullanıldığı zaman ısıtılan odanın iç ortamından dış ortamına olan ısı kaybı denklem 6.8'den;

$$Q = 66,19 \text{ W}$$

Fan kullanılmadığı zaman ısıtılan odanın iç ortamından dış ortamına olan ısı kaybı denklem 6.8'den;

$$Q = 57,65 \text{ W}$$

Fan kullanıldığı zaman ısıtılan odanın iç ortamından ikinci odaya olan ısı kaybı denklem 6.10'dan;

$$Q = 59,7 \text{ W}$$

Fan kullanılmadığı zaman ısıtılan odanın iç ortamından ikinci odaya olan ısı kaybı denklem 6.10'dan;

$$Q = 51,9 \text{ W}$$

Fan kullanıldığı zaman ısıtılan odanın kapısından dışarıya olan ısı kaybı; denklem 6.10'dan

$$Q = 242.22 \text{ W}$$

Fan kullanılmadığı zaman ısıtılan odanın kapısından dışarıya olan ısı kaybı denklem 6.10'dan;

$$Q = 206.64 \text{ W}$$

Fan kullanıldığı zaman ısıtılan odanın penceresinden dışarıya olan ısı kaybı denklem 6.10'dan;

$$Q = 59.40 \text{ W}$$

Fan kullanılmadığı zaman ısıtılan odanın penceresinden dışarıya olan ısı kaybı denklem 6.10'dan;

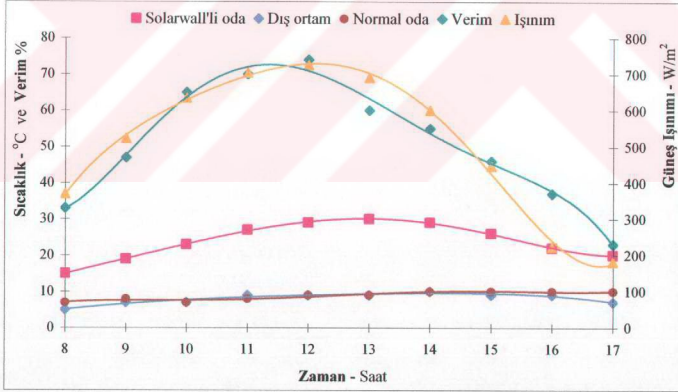
$$Q = 51.65 \text{ W}$$

İç duvar sıvalarının altında izolasyon malzemesi kullanılmıştır. Normal delikli tuğla ve diğer kısımlarda kireç harçlı sıva kullanılmıştır.

7. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

Deneyler 16.03.2005 ve 11.04.2005 tarihleri arasında Fırat Üniversitesi kampusu Makine atölyeleri arka kısmında inşa edilen yapılardan, deneye tabi tutulan yapıya yaptırdığımız kollektörler monte edilerek yapıldı.

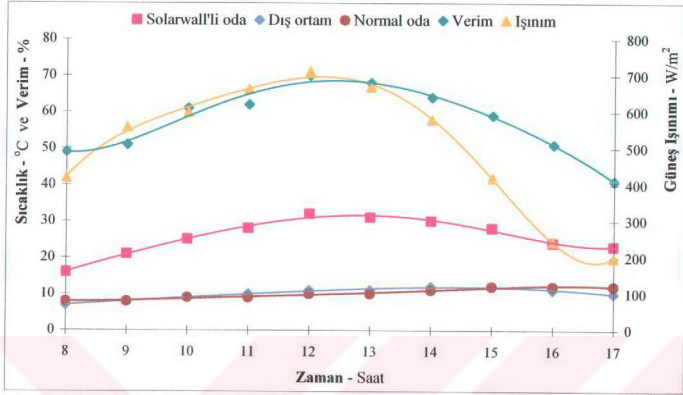
Ölçümlere 17.03.2005 tarihinde inşa edilen yapının deneye tabi tutulan kısmının güney cephesindeki duvarına monte edilen I. Kollektör ile başlandı. Şekil 7.1, Şekil 7.2, Şekil 7.3, Şekil 7.4 ve Şekil 7.5’de I. Kollektörün takılı olduğu ve beş gün süreyle fan kullanılarak (zorlanmış konveksiyon) ölçümlerin yapıldığı, ısıtılan ortamın yani solarwall uygulanan odanın, sabah 08:00 den akşam 17:00’ye kadar, dış ortam, kıyaslama yapacağımız normal oda ile birlikte olan sıcaklık değişimleri ve verim görülmektedir. Şekillerde ayrıca gün boyu yüzeye gelen anlık güneş ışıının şiddeti değerleri de verilmektedir. Şekillerden de görüleceği üzere solarwall uygulanan odanın ısısı güneş ışıının şiddeti ile artmaktadır. Ayrıca şekiller I. kollektörün fan çalıştığı zamanki verimde meydana gelen değişiklikleri göstermektedir. Şekillerden görüleceği üzere, en yüksek Kollektör verimi güneş ışıının en yüksek olduğu zamanlarda elde edilmiştir. Güneş ışıının şiddetinde meydana gelen değişiklikler verimi etkilediği de görülmektedir.



Şekil 7.1. I. Tip Kollektörlü Fanlı Sistemde Verim ve Sıcaklık Değişimleri

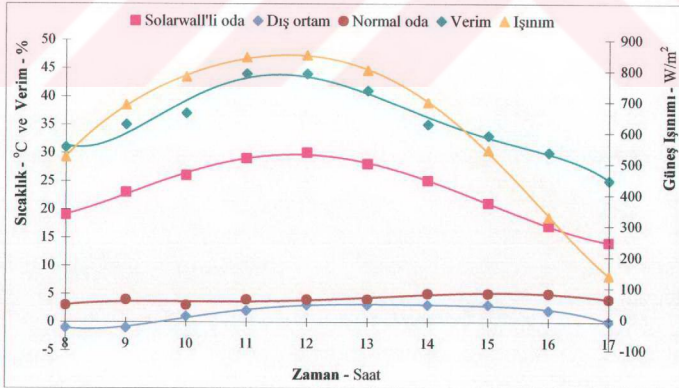
17.03.2005 tarihinde, havanın açık olduğu bir günde yapılan ölçümlerde, Şekil 7.1’de gösterildiği gibi, deneye tabi tuttuğumuz odanın iç ortam sıcaklığı, normal odanın sıcaklığından fazladır. Şekilden de görüldüğü üzere, ısıtmaya çalıştığımız odanın sıcaklığı ve güneş ışıının şiddeti değeri saat 12:00-13:00 arası maksimum değerdedir. Şekillerden görüleceği üzere, en yüksek kollektör verimi güneş ışıının en yüksek olduğu zamanlarda elde edilmiştir. Güneş

ışınım şiddetinde meydana gelen değişiklikler verimi etkilediği de görülmektedir. I.Tip kollektör fanlı için en yüksek verim saat 12:00 elde edilmiştir.



Şekil 7.2. I. Tip Kollektörlü Fanlı Sistemde Verim ve Sıcaklık Değişimleri

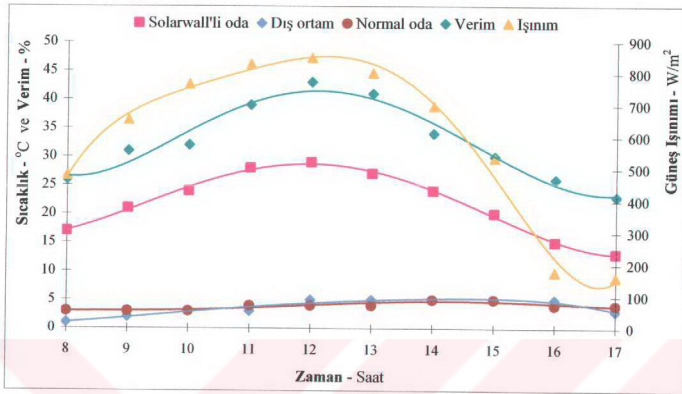
18.03.2005 tarihinde Şekil 7.2'deki güneş ışınlama şiddeti değerinden de görüldüğü gibi havanın açık olduğu bir zamanda yapılan ölçümler sonucu ısıtmaya çalıştığımız odanın iç ortam sıcaklığı, kıyaslama yaptığımız normal oda ve dış ortam sıcaklığı değerlerinden fazladır. Güneş ışınlama şiddetinin arttığı zaman ısıtmaya çalıştığımız odanın iç ortam sıcaklık değeri de artmaktadır. Güneş ışınlamaya bağlı olarak verim artmaktadır.



Şekil 7.3. I. Tip Kollektörlü Fanlı Sistemde Verim ve Sıcaklık Değişimleri

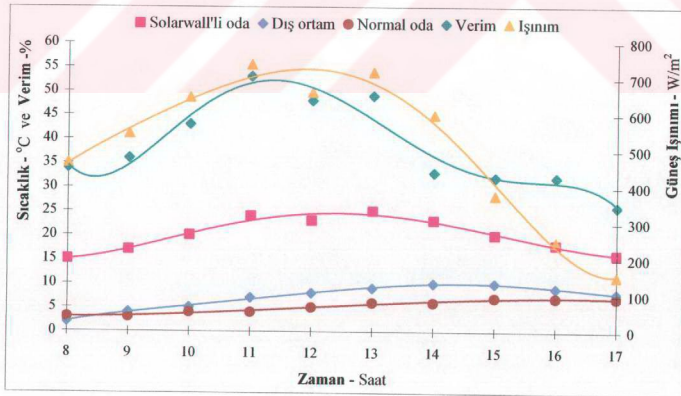
24.03.2005 tarihli havanın açık fakat rüzgarlı olduğu bir günde yapılan ölçümlerde şekil 7.3'de olduğu gibi dış ortam hava sıcaklığının 08:00 ile 10:00 arası 0'ın altında olduğu ve buna

karşılık güneş enerjisi ile ısıtmaya çalıştığımız ortamın sıcaklık değerinin yaklaşık 25 °C olduğu ve verimdeki en yüksek değerin saat 12:00 elde edildiği Şekil 7.3'den görülmektedir.



Şekil 7.4. I. Tip Kolektörlü Fanlı Sistemde Verim ve Sıcaklık Değişimleri

25.03.2005 tarihinde havanın açık ve rüzgarlı olduğu bir günde yapılan ölçümler sonucu solarwall'li odanın sıcaklığının sabah saatlerinde normal oda ve dış ortam sıcaklık değerlerinin yaklaşık 6 katı olduğu ve öğle saatlerinde güneş enerjisi ile ısıtmaya çalıştığımız odanın sıcaklığı 30°C yaklaştığı Şekil 7.4'den görülmektedir. Güneş ışınım şiddeti değerinin düşmesiyle iç ortam sıcaklığındaki azalma da şekilden görülebilmektedir.

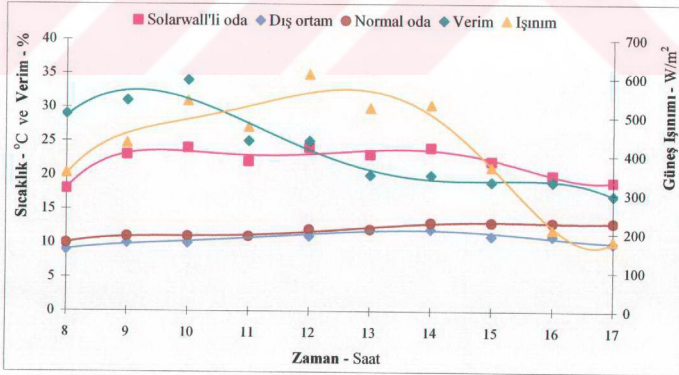


Şekil 7.5. I. Tip Kolektörlü Fanlı sistemde Verim ve Sıcaklık Değişimleri

26.03.2005 tarihi havanın 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. Tüm şekillerden de görüldüğü gibi maksimum iç ortam sıcaklığı öğle saatlerinde elde edilmektedir.

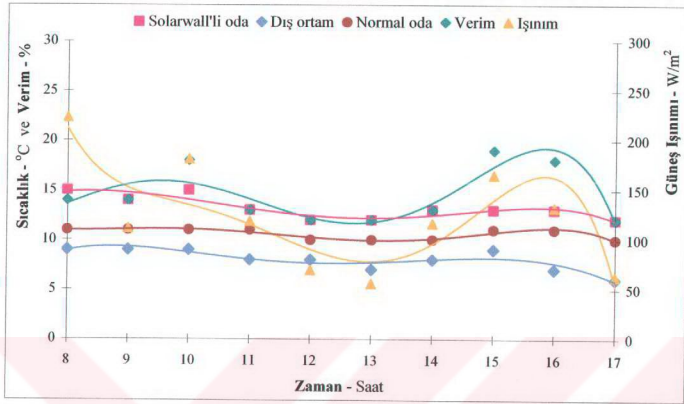
1. Kollektörde beş gün süreyle fan kullanılarak yapılan ölçümlerden sonra, yine 1. kollektörde fan kapatılarak (Doğal konveksiyon) solarwall'li oda, kıyaslama yaptığımız normal oda, ve dış ortam sıcaklık ölçümlerine devam edildi. Bu ölçümler de, fan kullanılarak yapılan ölçümlerdeki gibi sabah 08:00'den akşam 17:00'ye kadar sürdü. Şekil 7.6, Şekil 7.7, Şekil 7.8, Şekil 7.9, Şekil 7.10 ve Şekil 7.11'de 1. kollektörle, fan kapatılarak yapılan deneylerin sonuçları ve deney günlerine ait güneş ışınlamı şiddeti ve verim değerleri görülmektedir. Güneş ışınlamı 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 ısısı artmaktadır. Fan kullanılarak yapılan deneylerdeki iç ortam sıcaklığı ile fan kullanılmayarak yapılan deneylerdeki iç ortam sıcaklığı arasındaki farklılıklarda şekillerden görülmektedir. Fan kullanılarak yapılan deneylerdeki ortam ısısı fan kullanılmayarak yapılan deneylerdekine göre daha yüksektir. Ayrıca yapılan deneylerde fan kullanıldığı zaman iç ortam ısısı homojen bir dağılım göstermektedir. Şekillerden görüleceği üzere, en yüksek kollektör verimi güneş ışınlamının en yüksek olduğu zamanlarda elde edilmiştir. Güneş ışınlamı şiddetinde meydana gelen değişiklikler verimi etkilediği de görülmektedir. I. tip kollektör fan açıkken en yüksek verim saat 12:00 elde edilmişti, I. tip kollektörde fanın kapalı olduğu zamanki en yüksek verimde saat 12:00 elde edildiği şekillerden görülmektedir. Ayrıca şekillerden, fanın açık olduğu zamanki aynı ışınlamı şiddeti değerlerinde elde edilen verim ile fanın kapalı olduğu zamanki elde edilen verimde meydana gelen değişim de görülmektedir.



Şekil 7.6. I. Tip Kollektörlü Fansız Sistemde Verim ve Sıcaklık Değişimleri

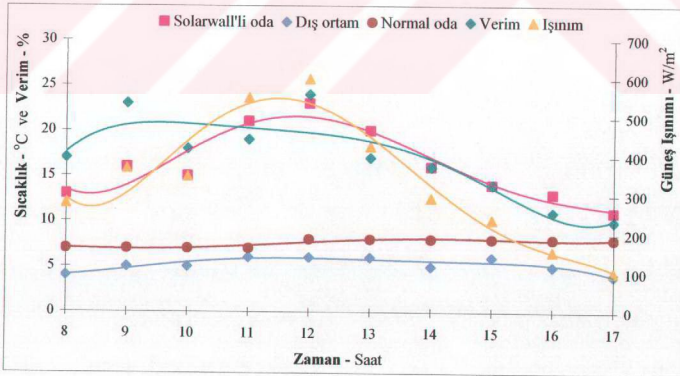
19.03.2005 tarihinde havanın parçalı bulutlu olduğu bir günde alınan ölçümlerde güneş ışınlamı şiddetinde meydana gelen değişiklikler güneş sayesinde ısıtmaya çalıştığımız solarwall'li

odanın sıcaklığını da etkilemektedir. Şekil 7.6'da görüldüğü gibi güneş ışınlam şiddeti arttıkça güneş sayesinde ısıtmaya çalıştığımız odanın iç ortam sıcaklık değeri de artmaktadır.



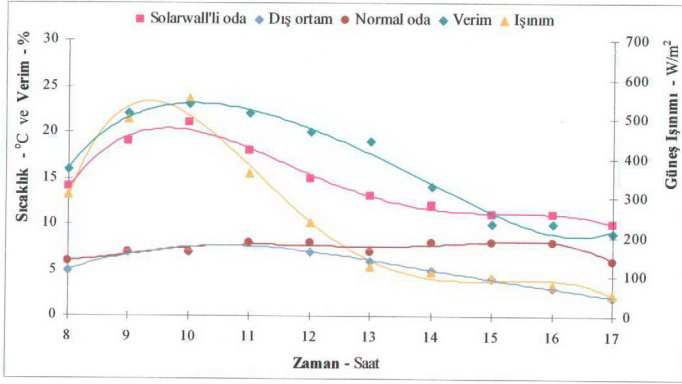
Şekil 7.7. I. Tip Kolektörlü Fansız Sistemde Verim ve Sıcaklık Değişimleri

20.03.2005 tarihli havanın kapalı ve yağışlı olduğu bir günde alınan ölçüm değerleri Şekil 7.7 de verilmektedir. Güneş ışınlam değerinin az olması ısıtmaya çalıştığımız odayı da etkilemektedir. Fakat az da olsa güneş ışınlam şiddeti değerinin olması solarwall'li odanın iç ortam sıcaklık değerini değiştirmektedir.



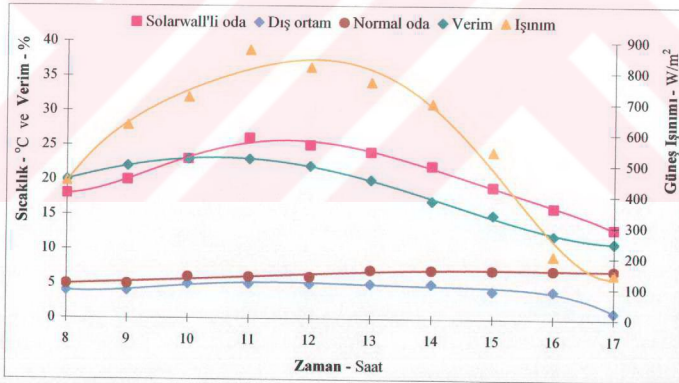
Şekil 7.8. I. Tip Kolektörlü Fansız Sistemde Verim ve Sıcaklık Değişimleri

21.03.2005 tarihinde havanın parçalı bulutlu olduğu bir günde Şekil 7.8'de görüldüğü gibi dış ortam sıcaklık değeri ile normal oda sıcaklık değeri birbirine yakın yaklaşık 8°C iken, solarwall'li odanın sıcaklık değeri bu değerin üç katı kadar yaklaşık 25 °C kadardır.



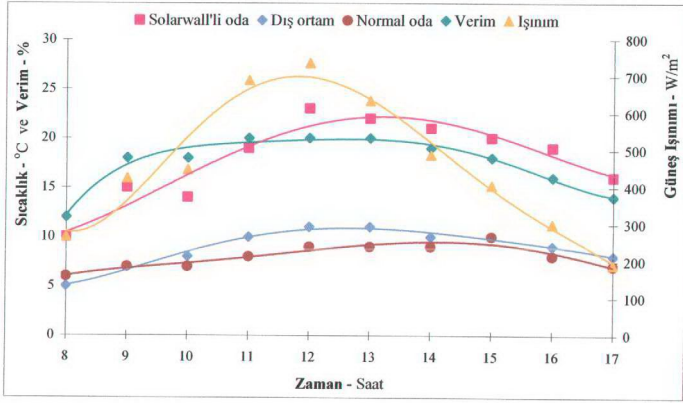
Şekil 7.9. I. Tip Kollektörlü Fansız Sistemde Verim ve Sıcaklık Değişimleri

22.03.2005 tarihli havanın parçalı bulutlu olduğu bir günde alınan ölçümler Şekil 7.9'da gösterilmektedir. Güneş ışınım şiddeti değerinin yüksek olduğu saat 10:00'da solarwall'li odanın iç ortam ısısının da en yüksek değerde olduğu güneş ışınım değeri düştükçe iç ortam ısısının da düştüğü şekilden görülmektedir.



Şekil 7.10. I. Tip Kollektörlü Fansız Sistemde Verim ve Sıcaklık Değişimleri

23.03.2005 tarihinde havanın açık ve rüzgarlı olduğu günde alınan ölçümlerdeki değişimler Şekil 7.10'da görülmektedir. Güneş ışınım değerinin maksimum değerde olduğu zaman iç ortam ısısının da en yüksek değerde olduğu şekil de görülmektedir. Fakat iç ortam ısısı fan sisteminin çalıştığı şekillerde ki gibi fazla yüksek değildir. İç ortam havası doğal yolla kollektörden geçip ısınmaktadır. Bu da sıcaklığın artmasına engeldir.



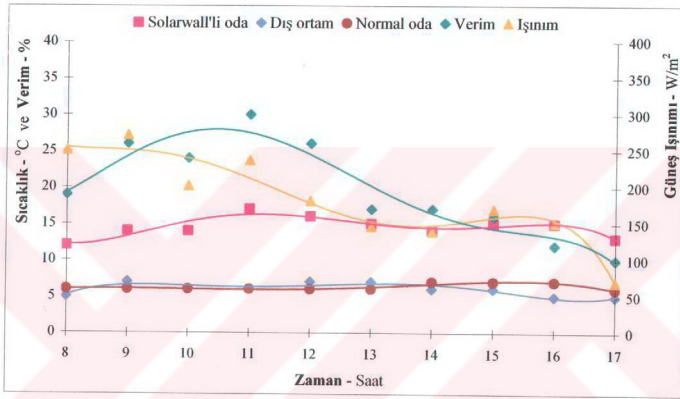
Şekil 7.11. I. Tip Kollektörlü Fansız Sistemde Verim ve Sıcaklık Değişimleri

27.03.2005 tarihinde havanın parçalı bulutlu olduğu bir günde alınan ölçümlerde fan sisteminin kapalı olduğundan dolayı güneş ışınlamının yüksek değerine karşılık iç ortam sıcaklık değerinin fazla yüksek olmadığı Şekil 7.11'den görülmektedir. Ayrıca şekilden yüksek değerdeki güneş ışınlamı şiddeti değerine karşılık verimin düşük olduğu görülmektedir. Buradan da anlaşılabileceği gibi fan sisteminin kapatılarak ölçümlerin alınması iç ortam sıcaklık değerini etkilemesinin yanın da kollektör verimini de etkilemektedir.

Şekillerden de görüldüğü gibi fanın çalıştığı bir sistemdeki ısıtmaya çalışılan ortamın sıcaklık değerlerinin, fan sisteminin çalışmadığı ısıtmaya çalışılan bir ortama göre daha yüksek sonuçlar verdiği görülmektedir. Yani fan sisteminin çalıştığı ısıtılmaya çalışılan ortamın sıcaklık değerleri ile kıyaslama yaptığımız normal odanın sıcaklık değerleri arasındaki fark fanlı sisteme göre çok yüksek çıkmamaktadır.

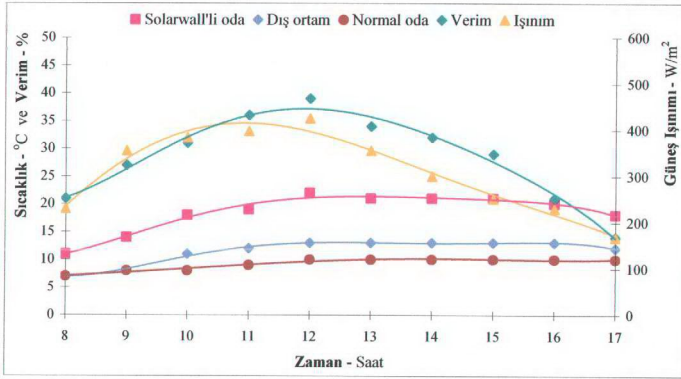
1. kollektörle yapılan fanlı ve fansız deneylerden sonra 1. kollektör çıkarılarak 1. kollektörü çıkardığımız yere yani deneye tabi tuttuğumuz odanın güney cephesine 2. kollektör yerleştirildi. 2. kollektörde 1. kollektördeki gibi fanlı ve fansız olarak deneye tabi tutuldu. 2. kollektörde de ısıtmaya çalıştığımız solarwall'li oda, dış ortam, kıyaslama yaptığımız normal odanın ısı değişimleri, güneş ışınlamı şiddeti ve verim değerleri Şekil 7.12, Şekil 7.13, Şekil 7.14, Şekil 7.15 ve Şekil 7.16'da görülmektedir. Şekillerden de görüldüğü gibi II. Kollektörde ve fan çalıştığı zaman iç ortam ısısı daha da artmaktadır. Yani II. Kollektörün sağladığı iç ortam ısısı I. Kollektör'ün sağladığı iç ortam ısısından yüksektir. II. Kollektörün sağladığı iç ortam ısısının yüksek olması, II. Tip kollektördeki toplayıcı yüzeyinin açılı bir şekilde yapılmasından

kaynaklanmaktadır. Güneş ışınlam şiddeti değerinin az olduğu günlerdeki kapalı havalarda verimde meydana gelen değışiklikler şekillerden görölmektedir. Güneş ışınlamının azalması verimin düşmesine ve kollektör giriş-çıkış hava sıcaklık farkının azalmasına ve iç ortam ısı sıcaklık değerinin düşmesine sebep olmaktadır. Elde edilen verim şekilleri ile iç ortam sıcaklık değerinin gösterildiğı şekiller karşılaştırıldığında, şekillerden de görüleceğı gibi güneş ışınlam değerin en yüksek olduğı gün ve zamanlardaki iç ortam ısıları maksimum değere ulaşmaktadır.



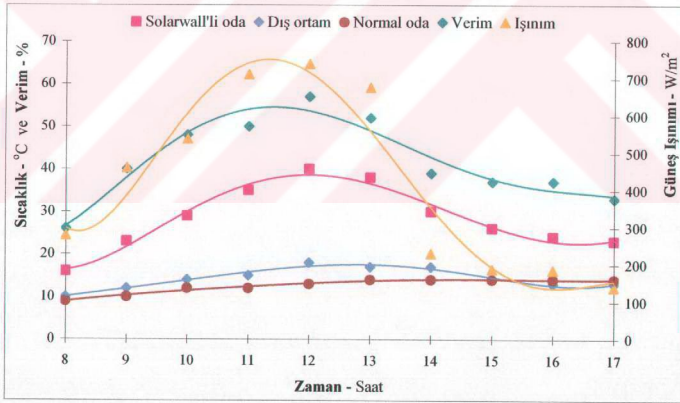
Şekil 7.12. II. Tip Kollektörlü Fanlı Sistemde Verim ve Sıcaklık Değişimleri

28.03.2005 tarihinde havanın kapalı ve yağışlı olduğı bir günde yapılan deneylerdeki ölçümler Şekil 7.12'de gösterilmektedir. Güneş ışınlam değerin çok yüksek olmamasına karşı solarwall'li odanın iç ortam sıcaklığının kıyaslama yaptığımız normal odanın sıcaklığından yüksek olduğı ve buradan da anlaşıldığı gibi güneş ışınlamının çok az olması bile ısıtmaya çalıştığımız odanın sıcaklık değerin arttırmaktadır.



Şekil 7.13. II. Tip Kolektörlü Fanlı Sistemde Verim ve Sıcaklık Değişimleri

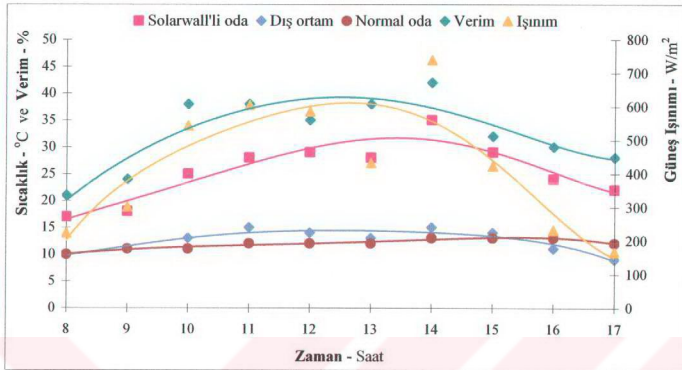
29.03.2005 tarihinde havanın parçalı bulutlu olduğu bir günde alınan ölçümler Şekil 7.13'de gösterilmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi öğle saatlerine kadar artan güneş ışınlam şiddeti öğleden sonra azalmaktadır. Güneş ışınlamının azalmasıyla ısıtmaya çalıştığımız ortamın sıcaklığındaki değişimler de şekilde görülmektedir.



Şekil 7.14. II. Tip Kolektörlü Fanlı Sistemde Verim ve Sıcaklık Değişimleri

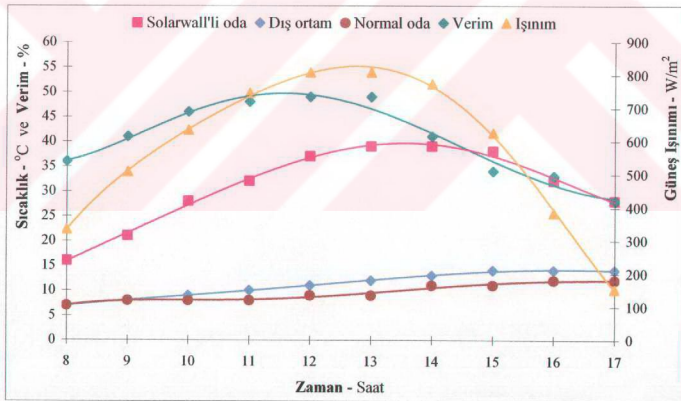
31.03.2005 tarihindeki havanın öğle saatlerine kadar açık olduğu bir gün ki deney sonuçları Şekil 7.14'de gösterilmektedir. Güneş ışınlamının maksimum olduğu saat 12:00'de ısıtmaya çalıştığımız solarwall'li odanın da iç ortam sıcaklık değerinin maksimum değere ulaştığı şekilden görülmektedir. Ayrıca şekilden saat 12:00'de güneş ışınlamının maksimum olduğu zamanda ısıtılan ortamın sıcaklık değerinin 40°C olduğu ve kıyaslama yapılan odanın

sıcaklık değerinin de 13°C olduğu görülmektedir. II. Tip kolektörün iç ortam sıcaklığını arttırmada daha etkili olduğu bu sonuçlardan çıkarılmaktadır.



Şekil 7.15. II. Tip Kolektörlü Fanlı Sistemde Verim ve Sıcaklık Değişimleri

Şekil 7.15'de 01.04.2005 tarihinde havanın parçalı bulutlu ve yağışlı olduğu bir günde yapılan deneylerdeki ölçüm sonuçları görülmektedir.

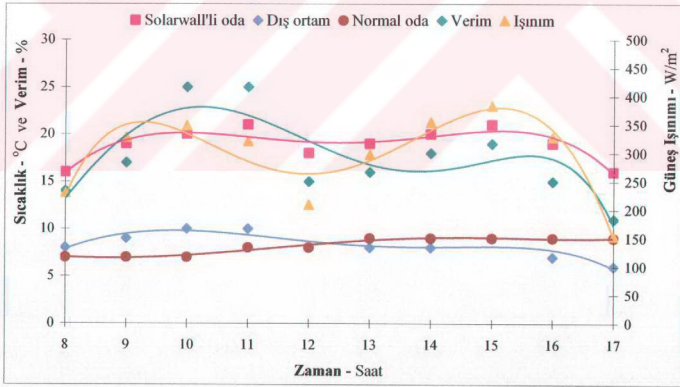


Şekil 7.16. II. Tip Kolektörlü Fanlı Sistemde Verim ve Sıcaklık Değişimleri

07.04.2005 tarihinde havanın açık ve rüzgarlı olduğu bir günde yapılan deneylerde II. Tip kolektörün, (I. Tip kolektörle yapılan deney şekillerine bakıldığında) I. Tip kolektöre göre daha etkili olduğu ve I. Tip kolektöre göre iç ortam sıcaklık değerini daha da artırdığı Şekil 7.16'dan görülmektedir. Öğle saatlerinde ısıtmaya çalıştığımız iç ortam sıcaklık değerinin yaklaşık 40°C çıktığı durumda kıyaslama yapılan normal odanın sıcaklık değerinin yaklaşık

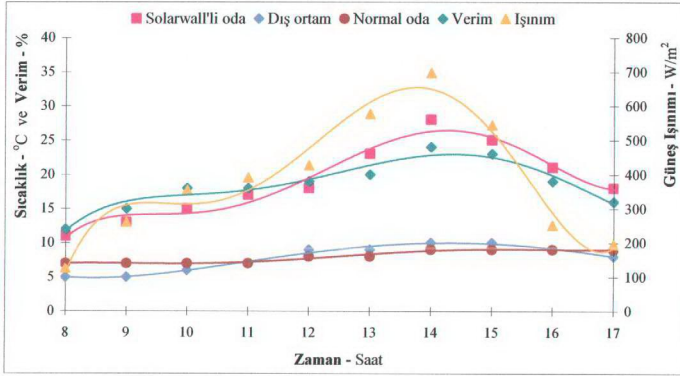
10°C olduğu ve güneş ışınım şiddetinin artmasıyla solarwall'li odanın iç ortam sıcaklık değerinin de arttığı şekilde görülmektedir. Ayrıca şekilden verimde meydana gelen değişikliklerde görülmektedir.

II. Tip kollektörde beş gün süreyle fan kullanılarak yapılan ölçümlerden sonra I. Tip kollektörde yapıldığı gibi II. Tip kollektörde de fan kapatılarak (Doğal konveksiyon) solarwall'li 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 17:00'ye kadar sürdü. Şekil 7.17, Şekil 7.18, Şekil 7.19, Şekil 7.20, Şekil 7.21 ve Şekil 7.22'de II. Tip kollektörle fan kapatılarak yapılan deneylerin sonuçları, deney günlerine ait güneş ışınım şiddeti ve verim değerleri görülmektedir. II. Tip kollektörde fan kapatıldığı zaman alınan ölçümlerdeki ısı I. Tip kollektördeki fanın kapatılarak ısıtmanın sağlandığı ortamdan yüksek olduğu şekillerden görülmektedir. Şekillerden görüleceği üzere, en yüksek kollektör verimi güneş ışınımın en yüksek olduğu zamanlarda elde edilmiştir. Güneş ışınım şiddetinde meydana gelen değişikliklerin verimi etkilediği de şekillerden görülmektedir. Ayrıca fanın açık ve kapalı olduğu şekillere bakıldığında, fan çalıştığı zamanki aynı ışınım şiddeti değerlerinde elde edilen verim ile fan çalışmadığı zamanki elde edilen verimde meydana gelen değişim de görülmektedir.



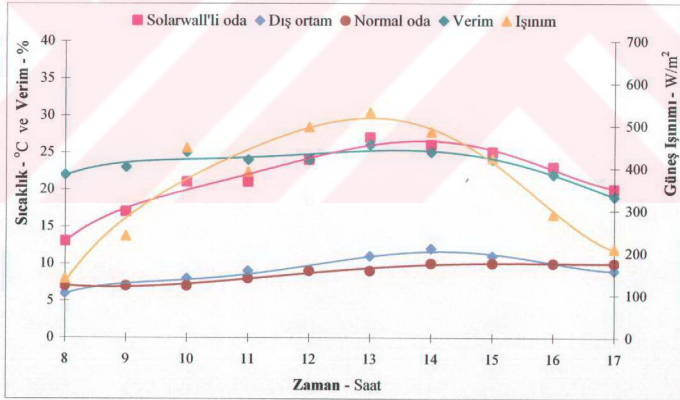
Şekil 7.17. II. Tip Kollektörlü Fansız Sistemde Verim ve Sıcaklık Değişimleri

02.04.2005 tarihinde havanın parçalı bulutlu ve yağmurlu olduğu bir günde yapılan deneylerdeki sonuçlar Şekil 7.17'de gösterilmiştir. Güneş ışınım şiddetinde meydana gelen değişiklikler ısıtmaya çalışılan iç ortam sıcaklık değerini de değiştirdiği şekil 7.17'den görülmektedir. Ayrıca şekilden güneş ışınımının yüksek olmadığı bir günde bile ısıtılan iç ortamın sıcaklık değerini nasıl değiştirdiği açıkça görülmektedir.



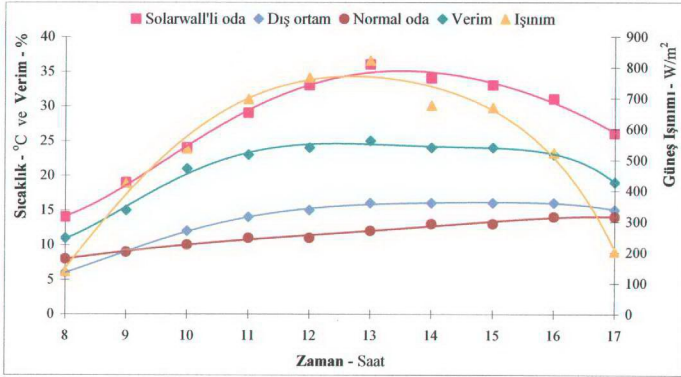
Şekil 7.18. II. Tip Kolektörlü Fansız Sistemde Verim ve Sıcaklık Değişimleri

05.04.2005 tarihinde havanın parçalı bulutlu olduğu bir günde yapılan deneylerde ısıtılmaya çalışılan ortam ile kıyaslama yaptığımız normal oda arasındaki sıcaklık farkı ve güneş ışınım şiddeti değerleri Şekil 7.18’de görülmektedir. Kolektöre iç ortam havasının girişini sağlayan fanın kapalı olmasından dolayı iç ortam sıcaklık değeri fazla yükselmemektedir.



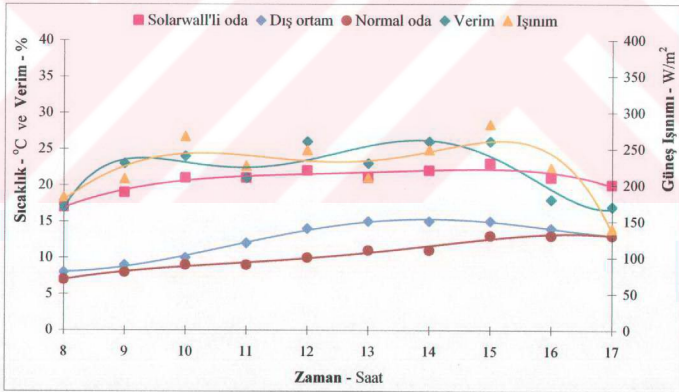
Şekil 7.19. II. Tip Kolektörlü Fansız Sistemde Verim ve Sıcaklık Değişimleri

06.04.2005 tarihinde havanın parçalı bulutlu olduğu bir günde deneylerdeki ölçüm sonuçları Şekil 7.19’da gösterilmektedir. Sabah saatlerinde ısıtılmaya çalışılan oda ile normal oda arasındaki sıcaklık farkı güneş ışınım değerine bağlı olarak çok yüksek değilken öğle saatlerine doğru güneş ışınım şiddetinin de artmasıyla ısıtmaya çalıştığımız odanın iç ortamındaki sıcaklık artışı Şekil 7.19’da görülmektedir.



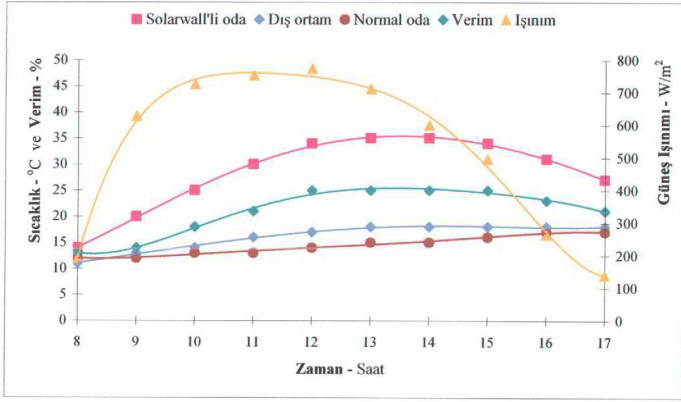
Şekil 7.20. II. Tip Kolektörlü Fansız Sistemde Verim ve Sıcaklık Değişimleri

08.04.2005 tarihinde havanın parçalı bulutlu olduğu bir günde yapılan deneylerdeki ölçümlerin sonuçları Şekil 7.20'de gösterilmektedir. Şekilden de görüleceği üzere saat 13:00'de ısıtmaya çalıştığımız ortamın iç ortam sıcaklık değeri maksimum değerdedir. Ayrıca şekilden iki oda arasındaki sıcaklık farkı da görülmektedir.



Şekil 7.21. II. Tip Kolektörlü Fansız Sistemde Verim ve Sıcaklık Değişimleri

09.04.2005 tarihinde havanın kapalı olduğu bir günde yapılan deneylerdeki ölçüm sonuçları Şekil 7.21'de gösterilmektedir. Şekilden güneş ışınımının yüksek olmamasına rağmen iç ortam sıcaklık değerinin yaklaşık 25°C olduğu ve bu değer fan sisteminin açık olması durumunda daha yüksek olabileceği (fan sisteminin çalıştığı şekiller ile karşılaştırıldığında) şekilden görülmektedir.



Şekil 7.22. II. Tip Kollektörlü Fansız Sistemde Verim ve Sıcaklık Değişimleri

10.04.2005 tarihinde havanın parçalı bulutlu olduğu bir günde yapılan deneylerde ki sonuçlar Şekil 7.22'de gösterilmektedir. Şekilden iç ortam sıcaklık değerinin saat 13:00'de maksimum olduğu ve güneş ışınlamındaki değişimler görülmektedir. Ayrıca güneş ışınlamı şiddeti değerine bağlı olarak ta verim de meydana gelen değişiklikler de Şekil 7.22'de gösterilmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi güneş ışınlamı şiddetinin yüksek olmasına karşı fanın kapalı olması, verim ve iç ortam sıcaklık değerlerinin düşük olmasına nedendir.

8. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Yapılan bu çalışma ortaya koymuştur ki, 3. iklim bölgesinde bulunan Elazığ'da sistem verimli olabilecek düzeyde olumlu sonuçlar vermiştir ve soğuk kış aylarında sistemden faydalanılabileceği görülmüştür.

Bu sistem, çevreye ve insan sağlığına zararlı hiçbir etkisi olmayan bir sistemdir. Dizayn koşullarına bağlı olarak, sistem verimi %75'e kadar çıkabilmektedir. Sistemden ve güneş enerjisinden daha fazla yararlanabilmek için, örtü malzemesinin (cam) ışık geçirgenliğini arttırmak, kolektör plakası emiciliğini artırıp yayıcılığını azaltmak (seçici yüzey kullanmak), plakadan akışkana ısı geçişini iyileştirmek ve uygun yalıtım yapılarak verim daha da artırılabilir [79].

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;

- Güneş enerjisinin %75 gibi büyük bir oranını kullanılabilir ısı enerjisine dönüştürür.
- Bulutlu günlerde, havalandırma havasının ön ısıtılmasında önemli bir yarar sağlar.
- Sistemin kurulacağı yer ve gerekli ısıtma miktarına bağlı olarak, sistemin kendini amorti etmesi için gerekli süre 1~6 yıl arasındadır [88].
- Yaklaşık olarak, 1m² solarwall paneli 500W gücünde ısıtıcıya eşdeğer ısıtma yapar [88].
- Tahıl kurutma ambarlarının çatı ve tavanları solarwall panelleri ile kaplanarak, doğal yollardan elde edilen ısı sayesinde kurutma yapılabilir.
- Yapıların duvarlarına ve çatılarına monte edilebilir.
- Solarwall, konvansiyonel ısıtma sistemlerindeki radyatör gibi gereksiz yer kayıplarını önler.
- 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.

Farklı duvar şekilleri kullanılarak ısıtılmak istenen ortamın sıcaklık değerleri ve verimi arttırılabilir. Yalnız burada önemli bir nokta var ki o da, ısıtılmak istenen yapının güneş 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 yaygın olarak kullanılmaktadır. 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 oluşu, ilk planda olumsuz bir izlenim bırakmasına rağmen, uzun vadeli düşünüldüğü takdirde 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.

KAYNAKLAR

1. www.youthforhab.org.tr
2. Kılıç, A. ve Öztürk, A., 1983, Güneş Enerjisi. Kipaş Dağıtımçılık, İstanbul.
3. Kutlu, S., 2002, Güneş Tarlası ile Elektrik Enerjisi Üretimi ve Süleyman Demirel Üniversitesi Kampus Alanında Bir Uygulama Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 110s.
4. Dilmaç, Ş., 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
5. 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.
6. Asan, H., Sancaktar, Y.S., 1997, Duvarların Termofiziksel Özelliklerinin Faz Kayması ve Sönüm Oranına Etkisinin İncelenmesi, 11. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi Bildiri Kitapçığı, Edirne, s.105-114.
7. Givoni, B., 1991, Characteristics, Design Implications and Applicability of Passive Solar Heating Systems for Buildings, Solar Energy Vol. 47, No. 6, pp. 425-435
8. 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.
9. Asan, H., 1998 Effects of Wall's İnsulation Thickness and Position on Time Lag and Decrement Factor, Energy and Building 28, pp. 299-305.
10. Hottel, H.C. and Woertz, B.B., 1942, Performance of Flat-Plate Solar Heat Collectors Trans. ASME, 64, pp. 91-104.
11. Yeh, H., Ting, C., 1990, Efficiency of Solar Air Heaters With Baffles Energy, Vol. 16, No. 7, pp. 983-987.
12. Yeh, H., Ting, C., 1987, Efficiency of Solar Air Heaters Packed with İron Fillings, Energy, Vol. 13, No. 7, pp. 543-547.
13. Yeh, H., Lin, T., 1995, Efficiency İmprovement of Flat-Plate Solar Air Heaters, Energy, Vol.21, No. 6, pp. 435-443.
14. 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.
15. Tabor, H., 1962, Solar Energy Research and the New States, Conference Held in Rehovot, Solar energy, Vol. 6, No. 4, pp. 168, İsrail.
16. 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.

17. Binark, K. ve Deliçay Ş., 1993, Hava Isıtmalı Güneş Kolektörleri Dizaynı, Isı Bilimi ve Tekniği 9. Ulusal Kongresi, Elazığ, s. 204-212.
18. Ertekin, C. ve Bilgili, E., 1998, Güneş Enerjili Hava Isıtıcılarında Isıl Verim, 5. Ulusal Soğutma ve İklimlendirme Tekniği Kongresi, Adana, s. 237-248.
19. Mohamad, A.A., 1996, Counter-Current Solar Air Heater, Proceedings of the First Trabzon International Energy and Environment Symposium.
20. Garg, H.P. and Datta, G., 1988, Performance Studies on a Finned-Air Heater, Energy, Vol.14, No. 2, pp. 87-92.
21. Altıntop, N. Ve 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.
22. Tiris, C., Tiris, M., Ture, E.I., 1996, Improvement of Basin Type Solar Stil Performance; Use of Various Absorber Materials and Solar Collector Integration, Renewable Energy, Vol. 9, pp. 758-761.
23. Yildiz C., Turk Togrul, İ., Sarsilmaz 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.
24. Acar, M., Üçgül, İ., Fişek, S. Ve Selbaş, R., 1993, Serpantin-Akışlı Düzlemsel Güneş Kollektör Absorblayıcıların Sonlu Farklar Yöntemiyle Isıl Analizi, Isı Bilimi ve Tekniği 9. Ulusal Kongresi, Elazığ, s.189
25. Derbentli, T., Uras, A. ve Sayın, C., 1983, Güneş Toplayıcı Bir Konut Isıtma Sisteminin Simülasyonu, Isı Bilimi ve Tekniği 4. Ulusal Kongresi, Gaziantep, s. 221-232.
26. Özbalta, N. ve Güngör, A., 1989, Güneş Enerjisi Toplayıcılarında Kullanılan Isı transfer Akışkanları, Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü Dergisi, Cilt 1, Sayı 1, s. 65-76.
27. Prapas, D.E., Psimmenson, S. And Sotiropoulos, B.A., 1994, Beneficial Interconnection of Two Thermosiphon DHW Solar Systems, Applied Energy, Vol. 49, pp. 47-60.
28. O'Brien- Bernini, F.C. and McGowan, J.G., 1984, Performance Modelling of Non-Metallic Flat-Plate Solar Collectors, Solar Energy, Vol. 33, pp. 305-319.
29. Madson, P. And Goss, K., 1981, Report on Non-Metallic Solar Collectors, Solar Age, Vol. 6, No. 1, pp. 28-32.
30. Wilhelm, W.G., 1980, Low-Cost Solar Collectors Using Thin Film Plastics Absorber and Glassings, Proceeding of the 1980 Annual Meeting of the American Section of the International Solar energy Society, Vol. 3.1, pp. 456-460
31. Russel, L.D. and Guven, H.M., 1982, Modelling and Analysis of an All Plastics Flat-Plate Solar Collector, J. Solar Energy Engineering, Vol. 104, pp. 333.

32. Olesen, B.W., 1994, Comparative Experimental Study of Performance of Radiant Floor-Heating Systems and A Wall Panel Heating System Under Dynamic Conditions, Proc. of the ASHRAE Winter Meeting, Atlanta GA, USA, 100, No. 1, pp. 1011-1023.
33. Watson, R. And Chapman, K.S., 1996, Radiant Heating for Thermal Comfort, ASHRAE J. 38, No. 7,6.
34. Udagawa, M., 1993, Simulation of Panel Cooling Systems with Linear Subsystem Model, Proc. of the 1993 Annual Meeting of the American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, ASHRAE Transactions, Atlanta GA, USA, No. 99, pp.534-544.
35. Khudhair, A. M. and Farid, M. M., 2004, A Review on Energy Conservation in Building Applications with Thermal Storage by Latent Heat Using Phase Change Materials, Energy Conversion and Management, 45, No.10, pp. 263-275.
36. Peippo, K., Kauranen, P. and Lund, P.D., 1991, A Multicomponent PCM Wall Optimized for Passive Solar Heating, Energy and Buildings, No. 17, pp. 259-270.
37. Scalet, S., Banu, D., Hawes, D., Paris, J., Haghighata, F., and Feldman, D., 1996, Full Scale Thermal Testing of Latent Heat Storage in Wallboard, Solar Energy Materials and Solar Cell, No. 44, pp. 49-61.
38. Paris, J., Falardeau, M. and Villeneuve, C., 1993, Thermal Storage by Latent Heat, A Viable Option for Energy Conservation in Buildings, Energy Sources, No. 15, pp. 85-93.
39. Badran, A.A. and Hamdan, M.A., 2004, Comparative Study for Under-Floor Heating Using Solar Collectors or Solar Ponds, Applied Energy, 77, No. 1, pp. 107-117.
40. Technich and Economic Performance of Site-Built Solar Air Heaters, 1994, MSC. Thesis, University of Nevada.
41. Yeh, L., Liu, J.H., Yan, J.P., Gu. Y.P. and Pan, Z.R., 1992, Laminar Flow and Heat Transfer to Pseudoplastic Fluids In Pipes, Vol. 23, No. 4, pp. 247-253.
42. Das, S.K. and Chakraverty, A., 1991, Performance of A Solar Collector with Different Glazing Materials and Their Degradation Under the Condition Prevailing in A Solar Collector, Vol. 31, No. 3, pp. 233-242.
43. Das, S.K. and Chakraverty, A., 1990, Annual Performance of Integrated Collector Modules at A Suitable Tilt for Air Heating System, Vol. 30, No. 3, pp. 251-259.
44. Das, S.K. and Chakraverty, A., 1990, Performance of An Integrated Array of Solar Collector Modules for Different Air Flow Rates and Flow Organizations, Vol. 30, No. 1, pp. 29-39.
45. De Giorgi, G., Fumagalli, S., Rizzi, G. and Sharma, V.K., 1991, Design, Development and Experimental Performance of Solar Collector Storage System for Space Heating Applications, Vol. 31, No. 1, pp. 75-93.

46. Parker, B.F., Lindley, M.R., Colliver, D.G. and Murphy, W.E., 1993, Thermal Performance of Three Solar air Heaters, Vol.51, No. 6, pp. 467-479.
47. Selcuk, M.K., 1979, Analysis, Development and Testing of A Fixed Tilt Solar Collector Employing Reversible Vee-Trough Reflectors and Vacuum Tube Receivers, Vol. 22, No. 5, pp. 412-426.
48. Audi, S.M., 1992, Experimental Study of A Solar Space Heating Model Using Jordanian Rocks for Storage, Vol. 33, No. 9, pp.833-842.
49. Stahl, W., Voss, K. and Goetzberger A., 1994, The Self-Sufficient Solar House in Freiburg, Vol. 52, No. 1, pp. 111-125
50. Doğan, T., 1999, Güneş Enerjisi Sistemleri ve İzmit'te Güneş Evinin Yapılabilirliğinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Makine Mühendisliği.
51. Demiral, D., Altıntop, N., Çınar, G., 2000, Erciyes Üniversitesi Güneş Evi ve Teknik Özellikleri, Isı Bilim ve Tekniği Dergisi, Sayı 20, 1-2.
52. Karluk, S.R., 1996, Türkiye Ekonomisi, Tarihsel Gelişim Yapısal ve Sosyal Değişim, Genişletilmiş 4. Baskı, s. 230, Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş., İstanbul.
53. Başol, K., 1991, Doğal Kaynaklar Ekonomisi, Doğal Kaynaklar, Enerji ve Çevre Sorunları, Genişletilmiş 2. Baskı, s. 110, Akı Selim Ofset Tesisleri, İzmir.
54. Doğanay, H., 1991, Enerji Kaynakları, Konvansiyonel Kaynaklar, Yeni ve Yenilenebilen Kaynaklar, Türkiye enerji Kaynakları, Atatürk Üniv. Yayınları, No. 707, Kazım Karabekir Eğitim Fak. Yayın No. 18, Ders Kitapları Serisi No. 13, s. 2, Erzurum.
55. Tümertekin, E., 1972, İktisadi Coğrafya, İstanbul Üniv. Yayın No. 1703, Coğrafya Enstitüsü Yayın No. 67, s. 143-144, Çağlayan Basımevi, İstanbul.
56. Doğanay, H., 1994, Türkiye Ekonomik Coğrafyası, Atatürk Üniv. Yayın No. 767, Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi Yayın No.39, Ders Kitapları Serisi No. 33, s.387, Erzurum.
57. Kasapoğlu, İ., 1986, Enerji Tüketiminde İthalatın Yeri ve Etkileri, Türkiye enerji Sempozyumu'96, s.1, TMMOB.
58. Demirbaş, L., 2002, Türkiye'de Enerji Sektörü, Sektörün Problemleri, Avrupa Birliği ve Türkiye'de Enerji Politikaları, Yüksek Lisans Tezi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Süleyman Demirel Üniv., Isparta.
59. Başol, K., 1993, Türkiye Ekonomisi, Genişletilmiş 4. Baskı, Anadolu Matbaası, s.160, İzmir.
60. 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.
61. www.eie.gov.tr

62. Doğanay, H., Enerji Kaynakları, A.g.e., s.3-4-5-6-9-24.
63. Başol, K., Doğal Kaynaklar Ekonomisi, s.115-116-128-140-161-164-174-178-188.
64. Doğanay, H., Türkiye Ekonomik Coğrafyası, S.361.
65. Bayhan, A., Köseoğlu, A., Yakın Gelecekte Dünya'da ve Türkiye'de Taşkömürü, Türkiye 7. Enerji Kongresi., Cilt I, s. 386.
66. Devlet Planlama Teşkilatı, 1996, Jeotermal Enerji, Yedinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, ÖİK Raporu, s.1, Ankara.
67. Doğanay, H., Enerji Kaynakları, s. 181-212-214.
68. Türkiye 5. Enerji Kongresi, 1990, Teknik Oturum Tebliğleri- 3, s. 539-559, Ankara.
69. Akyüz, A.A., Tolun, S., Rüzgar Enerjisini Dönüştürme Sistemleri ve Gelişmeler, Türkiye 7. Enerji Kongresi, Cilt III, s. 85.
70. Kadioğlu, S., Tellioğlu, Z., A.g.m., s. 57-58.
71. Ültanır, M.Ö., Rüzgar ve Güneş Elektrik Santrallerindeki Gelişmeler ve Türkiye'de Bu Santralin Kurulma Olanakları, Türkiye 7. Enerji Kongresi Cilt III, s. 56.
72. Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, 1996 Raporu, s. 19.
73. Sancar, M.S., 1992, Avrupa Topluluğunda Enerji Arzı – Çevre Dengesinin Optimizasyonu ve Türkiye'deki Uygulanabilirliği, DPT, Yayın No. DPT: 2294, ATGM. 28, s. 8.
74. Tümertekin, E., A.G.E., s. 145.
75. Karluk, R., Türkiye Ekonomisi, s. 239.
76. Sohtaoglu, N. H., Türkiye Elektrik Sektöründe Verimlilik, Türkiye 7. Enerji Kongresi Cilt IV, s. 2.
77. www.akat.org
78. Sarsılmaz, C., 1998. Güneş Enerjisi Destekli Kayısı Kurutma Sistemi, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,
79. Uyarel, A.Y. ve Öz, E.S., 1987, Güneş enerjisi ve Uygulamaları, Birsan Yayınevi, Ankara.
80. Özgen, M.N., 1990, Güneş Enerjisinden Isıtmada Yararlanma, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, 156s.
81. Anderson, H.C.W., Fisk, M.J., 1982, Introduction to Solar Technology.
82. Olgyay, V., 1973, Design with Climate, Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism, Princeton University Press, New Jersey.
83. Harrell, J.J., 1982, Solar Heating and Cooling of Buildings.
84. ANON, 1985, Düz Güneş Enerjisi Toplayıcıları, Türk Standartları TS 3680.
85. Doğan, T., 1999, Güneş Enerjisi Sistemleri ve İzmit'te Güneş Evinin Yapılabilirliğinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniv., Makine Mühendisliği, Sakarya.
86. Lebens, R.M., 1980, Passive Solar Heating, Applied Science Publishers Ltd., Londra.

87. Wachberger, M., Wachberger, H., 1988, Güneş ve Konut, (Etüd ve Proje-Konut), Yaprak Kitabevi, Ankara.
88. www.alternatifenerji.com

ÖZGEÇMİŞ

1978 yılında Elazığ'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Elazığ'da tamamladı. 1998 yılında Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Otomotiv Öğretmenliği bölümünü kazandı. 2002 yılında mezun oldu. Ocak 2003'de Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji Bilim Dalında Yüksek Lisans çalışmasına başladı ve halen devam etmektedir.

İlker SUGÖZÜ

EK 1.



Deney Evinin Önden Görüntüüü



Deney Evinin Sağdan İzometrik Görüntüüü



Deney Evinin Soldan İzometrik Görüntüsü



Deney Evinin Arkadan Görüntüsü