

**GÜNEŞ TAKİP SİSTEMİNE SAHİP
DÜZLEMSEL KOLEKTÖRÜN PERFORMASININ
DENEYSEL OLARAK BELİRLENMESİ**

Kudbeddin ARGUN

**Yüksek Lisans Tezi
Makine Eğitimi Anabilim Dalı
Danışman: Yrd. Doç. Dr. Aydın DİKİCİ**

HAZİRAN-2012

**T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GÜNEŞ TAKİP SİSTEMİNE SAHİP DÜZLEMSEL KOLEKTÖRÜN
PERFORMASININ DENEYSEL OLARAK BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kudbeddin ARGUN

08219104

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih :07 Ağustos 2012

Tezin Savunulduğu Tarih :23 Ağustos 2012

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Aydın DİKİCİ (F.Ü)
Diğer Jüri Üyeleri: Doç. Dr. Ahmet KOCA
Yrd. Doç. Dr. Emre TURGUT

AĞUSTOS-2012

ÖNSÖZ

Çalışmalarım sonuca varılması ve karşılaşılan zorlukların aşılmasında yol gösterici olan Sayın Yrd. Dç. Dr. Aydın DİKİCİ'ye, deney setinin hazırlamasında bana yardımcı olan öğretim görevlisi Musa YILMAZ'a, Yaptığım bu çalışma sürecinde değerli görüşlerini ve düşüncelerini esirgemeyen sayın Yrd. Dç. Dr. Şehmuz ALTUN'a, Doç. Dr. Ahmet KOCA ve Yrd. Doç. Dr. Emre TURGUT'a teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Kudbeddin ARGUN

BATMAN-2012

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	II
ÖZET	V
SUMMARY	VI
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	VII
TABLolar LİSTESİ	IX
SEMBOLLER LİSTESİ	X
1. GİRİŞ	1
2. GÜNEŞ ENERJİSİ	4
2.1. Güneş enerjisinden faydalanma şekilleri	4
2.1.1. Güneş enerjisinin ısı olarak faydalı enerjiye dönüştürülmesi	5
2.1.1.1. Düşük sıcaklıklar uygulamaları	5
2.1.1.2 Orta sıcaklık uygulamaları	6
2.1.1.3. Yüksek sıcaklık uygulamaları.....	7
2.1.2. Güneş enerjinin fotovoltaik olarak faydalı enerjiye dönüştürülmesi.....	8
2.2. Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Uygulamaları	8
2.3. Güneş Enerjisi Kolektörü.....	11
2.3.1. Bir Kolektörde Aranacak Özellikler.....	12
2.4. Düzlemsel Güneş Kolektörü	12
2.5. Güneş Enerjisinin Diğer Enerji Türlerine Göre Avantajları	16
2.6. Güneş Enerjisinin Diğer Enerji Türlerine Göre Dezavantajları.....	17
3. GÜNEŞ TAKİP SİSTEMLERİ	17
3.1. Sistemin Dönüş Eksenleri.....	18
3.1.1. Modülün z-ekseni etrafında dönüşü.....	18
3.1.2. Modülün x-ekseni etrafında dönüşü.....	19
3.2. Optimum eğim açısı araştırılması	19
3.3. Güneş Takip Sistemlerinin sınıflandırılması.....	20
3.3.1. Yerçekimi kullanarak çalışan sistemler.....	21
3.3.2. Açık döngü sistemler	22
3.3.3. Kapalı döngü sistemler.....	22
3.4. Güneş takip sistemlerinin gerekliliği.....	23
3.5. Güneş takip sistemlerinin verimi.....	24

4. METARYAL YÖNTEM	29
4.1. Güneş Takip Sistemi	29
4.1.1. Çalışma Prensibi	29
4.2. Örnek Bir Güneş Takip Sistemine Sahip Maliyet Analizi.....	34
4.2.1. Güneş Takip Sisteminin Maliyet Analizi.....	34
4.2.1.1 Sabit Güneş Sistemi Maliyet Analizi.....	35
4.2.1.2. Güneş Takip Sistemi Maliyet Analizi.....	37
4.2.1.3. İki Sistemin Karşılaştırılması.....	39
4.3. Deneylerin Düzenlenmesi.....	40
4.3.1. Deney Adımları	40
4.3.2. Ölçümlerinin Yapılışı	40
4.3.3. Çevre Rüzgar Hızının Saptanması	40
4.3.4. Yatay Yüzeye Gelen ışı nım Şiddetinin Saptanması	40
4.3.5. Kütlesel Debinin Saptanması	41
4.3.6. Düzlemsel Güneş enerjisi Kolektörü Yüzeyinden Sağlanan Faydalı Isı	42
4.3.7. Adım (Periyod) Süresi Boyunca Işı nım Şiddetinin Saptanması	42
4.3.8. Verim Değerlerinin Saptanması	42
4.4. Deneyin Aşamaları	44
4.5. Deney Verileri	46
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	57
KAYNAKLAR.....	59
ÖZGEÇMİŞ	63

ÖZET

Güneş Takip Sistemine Sahip Düzlemsel Kolektörün Performansının Deneysel Olarak Belirlenmesi

Ülkemiz, coğrafi konum itibari ile sahip olduğu güneş enerjisi potansiyel açısından diğer ülkelere nazaran şanslı ayrıca temiz ve tükenmeyen bir yenilenebilir enerji kaynağı olduğundan oldukça dikkat çekici bir enerji kaynağıdır. Hareketli düzlemsel kolektörler sistemlerin tek dezavantajı ilk kurulumun maliyetli olmasıdır. Güneş enerjili ısıtma sistemleri ülkemizde yaygın olarak evsel amaçlı kullanılmaktadır. Yaptığımız çalışmalarla evsel amaçlı dışında da özendirilmesi sağlamaktır. Son zamanlarda güneş enerjisinden elektrik de üretilmektedir.

Bu çalışmada sabit düzlemsel kolektörler ve hareketli düzlemsel kolektörler aynı deney düzeneğinde uygulanarak ayrıca aynı saat diliminde yapılarak güneş enerjisi ile elde edilen verim analizi yapıldı. Elde edilen bulgular grafik ve şekiller üzerinde tek tek incelenerek verim karşılaştırılması yapıldı.

Yaptığımız çalışma ile hareketli düzlemsel kolektörlerin sabit kolektörlere göre verim karşılaştırılması üzerinde ileride yapılacak araştırmalara yardımcı olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Düzlemsel kolektörler, güneş takip sistemleri, güneş enerjisi.

SUMMARY

Performance of Planar Collector With Solar Tracking System of Experimental Determination

Our country is to have by the geographical position compared to other countries in terms of the potential of solar energy is a renewable energy source fortunate also clean and inexhaustible source of energy that is quite remarkable. Moving plate collector systems, the only disadvantage is that the first installation cost. Solar heating systems in our country are widely used for home usage purpose. Our studies provide encouraging other than home usage purpose. Recently time Electricity from solar energy is produced.

In this study, fixed and tracking plate collector by applying the same experimental setups also obtained from the same time zone with solar energy yield analysis was performed. The results obtained by examining the efficiency were compared with one by one on the charts and figures.

Our study based on tracking planar collectors than fixed on a comparison of yield for research done will help in the future.

Keywords: Planar collectors, solar tracking systems, solar energy.

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1. Güneş enerjisinin faydalı enerjiye dönüşüm yöntemleri	5
Şekil 2.2. Düz Güneş kolektörü.....	6
Şekil 2.3. Çizgisel odaklı güneş kolektörü	6
Şekil 2.4. Yüksek sıcaklık uygulamaları	7
Şekil 2.5. Fotovoltaik uygulama.....	8
Şekil 2.6. Türkiye'nin güneş haritası.....	9
Şekil 2.7. Türkiye'nin ortalama aylık güneş enerji potansiyeli.....	9
Şekil 2.8. Türkiye'nin ortalama aylık güneşlenme süresi	10
Şekil 2.9. Türkiye'nin yıllık toplam güneş enerjisi potansiyelinin, bölgelere dağılımı	10
Şekil 2.10. Düzlemsel Güneş Kolektörü	12
Şekil 2.11.a. Tabii dolaşımlı güneş enerjisi sistemi	14
Şekil 2.11.b. Tabii dolaşımlı güneş enerjisi şeması.....	15
Şekil 3.12. Modülün herhangi bir andaki pozisyonu.....	18
Şekil 3.13. Modülün z- eksenini etrafındaki dönüşü	18
Şekil 3.14. Modülün x- eksenini etrafındaki dönüşü.....	19
Şekil 3.15 Yerçekimi özelliğine göre çalışan sistemlere iki örnek.....	21
Şekil 3.16. Panelin güneş takibi	21
Şekil 3.17. Açık döngü sistemlerin blok diyagramı	22
Şekil 3.18. Gerçekleştirilen kapalı döngü sistem	23
Şekil 3.19. Yatay bir düzlemde güneş ışınlamı	24
Şekil 3.20. Gerçekleştirilen güneş takip sistemi.....	27
Şekil 3.21. Gerçekleştirilen örnek bir güneş takip sistemi	28
Şekil 4.22. Elektronik devre şeması	30
Şekil 4.23. Oyuncak araba dişlisi ve motoru	31
Şekil 4.24. Oyuncak araba güneş takip düzeneği önden görünüş	32
Şekil 4.25. Oyuncak araba güneş takip düzeneği yandan görünüş.....	32
Şekil 4.26. Oyuncak arabaya güneş kolektörü yerleştirilmesi	33
Şekil 4.27. Sabit panelin yıllık ortalama enerjisi.....	35
Şekil 4.28. Güneş takip sisteminin yıllık ortalama enerji.....	37
Şekil 4.29. Hareketli ve sabit düzlemsel kolektör önden görünüş	44

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 4.30. Hareketli ve sabit düzlemsel kolektör yandan görünüş	45
Şekil 4.31. Deneyin tüm günlere ait anlık verim verileri	50
Şekil 4.32. 18/05/2012 tarihine ait sabit düzlemsel kolektörüne.....	
ait güneş ışınlamı değerleri.	51
Şekil 4.33. 18/05/2012 tarihine ait sabit düzlemsel kolektörüne giriş	
sıcaklığı ve çıkış sıcaklığı karşılaştırılması	51
Şekil 4.34. 18/05/2012 tarihine ait sabit düzlemsel kolektörüne ait anlık verim	52
Şekil 4.35. 20/05/2012 tarihine ait sabit düzlemsel kolektörüne	
ait güneş ışınlamı değerleri.....	52
Şekil 4.36. 20/05/2012 tarihine ait sabit düzlemsel kolektörüne giriş.....	
sıcaklığı ve çıkış sıcaklığı karşılaştırılması	53
Şekil 4.37. 20/05/2012 tarihine ait sabit düzlemsel kolektörüne ait anlık verim	53
Şekil 4.38. 23/05/2012 tarihine ait sabit düzlemsel kolektörüne	
ait güneş ışınlamı değerleri.....	54
Şekil 4.39. 23/05/2012 tarihine ait sabit düzlemsel kolektörüne giriş.....	
sıcaklığı ve çıkış sıcaklığı karşılaştırılması	54
Şekil 4.40. 23/05/2012 tarihine ait sabit düzlemsel kolektörüne ait anlık verim	55
Şekil 4.41. 27/05/2012 tarihine ait sabit düzlemsel kolektörüne.....	
ait güneş ışınlamı değerleri.....	55
Şekil 4.42. 27/05/2012 tarihine ait sabit düzlemsel kolektörüne giriş.....	
sıcaklığı ve çıkış sıcaklığı karşılaştırılması	56
Şekil 4.43. 27/05/2012 tarihine ait sabit düzlemsel kolektörüne ait anlık verim	56

TABLÖLAR LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 3.1. Fransa-Paris şehrinde ortalama günlük güneş ışıınımı (kWh/m ²).....	25
Tablo 3.2. Avustralya -Melbourne şehrinde günlük güneş ışıınımı (kWh/m ²).....	26
Tablo 4.3. Sabit güneş sisteminin maliyeti.....	36
Tablo 4.4. Güneş takip sisteminin maliyeti	38
Tablo 4.5. Çeşitli gök durumları için ışıınım oranları	41
Tablo 4.6. Suyun fiziksel özellikleri	42
Tablo 4.7. Düzlemsel sabit güneş kolektörü günlük verim araştırması	46
Tablo 4.8. Güneş sistemine sahip düzlemsel kolektörlerin günlük performansını deneysel olarak araştırılması	47
Tablo 4.9. Düzlemsel sabit güneş kolektörü günlük verim araştırılması	48
Tablo 4.10. Güneş sistemine sahip düzlemsel kolektörlerin günlük performansını deneysel olarak araştırılması	49

SEMBOLLER LİSTESİ

T	: Sıcaklık (K, °C)
kWh	: Kilowatt saat
W	: Watt
A	: Kolektör alanı (m ²)
I_z	: Yatay zemine gelme açısı
I	: Birim yüzeye düşen anlık ışıma şiddeti
LDR	: Foto direnç
V	: Volt
Sn	: Saniye
$\dot{m}$	: Kütleli debi (kg/sn)
$\dot{V}$	: Hacimsel debi (m ³ /sn)
ρ_s	: Suyun özgül ağırlığı (kg/ m ³)
C_p	: Sabit basınçta özgül ısı (kJ/kg.°K)
$T_{kç}$	: Kolektör çıkış sıcaklığı (°C)
T_{kg}	: Kolektör giriş sıcaklığı (°C),
μ_a	: Anlık verim
θ_f	: Düzlemsel kolektörden sağlanan yararlı ısı (W/m ²)
θ_{sol}	: Düzlemsel güneş enerjisi toplayıcısının efektif alanından sağlanan ısı enerjisi (W/m ²)
E_s	: Bir Peryot Süresince Ölçülen ışıma şiddeti (W/m ²)
F_k	: Düzlemsel toplayıcının efektif alanı (m ²)
μ_o	: Günlük ortalama (optik verim) verim
na	: Adım sayısı

1.GİRİŞ

Dünyanın en büyük enerji kaynağı güneştir. Güneş enerjisi yeni ve yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Güneş enerjisini diğer enerji kaynaklarından ayıran en temel özellik, teknolojik gelişmelerle birlikte büyüyen bir sorun olan çevreyi kirletici artıklarının bulunmayışıdır [1]. Güneş enerjisi çevre dostudur. Araştırmacıların güneş enerjisi üstüne çalışmalarının diğer sebepleri ise karmaşık bir teknoloji gerektirmemesi ve diğer enerji kaynaklarına yapılan fiyat artışlarından etkilenmemesidir.

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].

Güneş, hidrojen ve helyum gazlarından oluşan orta büyüklükte bir yıldızdır. Dünya ile Güneş arasındaki mesafe 150 milyon km'dir. Dünya'ya güneşten gelen enerji, dünya'da bir yılda kullanılan enerjinin 20 bin katıdır. Sıcaklığı merkeze doğru artar ve 20×10^6 °C'yi bulur. Yüzey sıcaklığı ise 6000 °C'dir. Güneşteki bu yüksek sıcaklık nedeni ile elektronlar atom çekirdeklerinden ayrılır. Bu sebeple, güneşte atom ve molekül değil serbest elektronlar ve atom çekirdekleri bulunur. Bu karışıma Plazma adı verilir. Güneşin içi, yakıtı hidrojen ve ürünü helyum olan çok büyük bir fırın olarak düşünülebilir. Dört hidrojen çekirdeği birleşerek bir helyum çekirdeğini oluşturur. Güneşte oluşan helyum miktarı harcanan hidrojen miktarından daha azdır. Aradaki fark güneşten ışın olarak çıkan enerjiyi verir. Bu enerjiye güneş radyasyonu denir. Bu enerji çeşitli dalga boylarında ışınlar olarak dünyaya ulaşmaktadır [3].

Güneşin ışıınım enerjisi, yer ve atmosfer sistemindeki fiziksel oluşumları etkileyen Başlıca enerji kaynağıdır. Dünyadan ortalama 1.496×10^8 km. uzaklıkta, 1.392×10^8 km. çapında ve 1.99×10^{30} kg. kütleinde sıcak bir gaz küresi olan güneşin yüzey sıcaklığı yaklaşık 6.000 °K olup, iç bölgesindeki sıcaklığın 8×10^6 °K ile 40×10^6 °K arasında değiştiği tahmin edilmektedir [4].

Son yıllarda özellikle fosil yakıtların çevreye olan zararları ve bu tür enerji kaynaklarının gittikçe azalmasıyla beraber, küresel ısınma ve iklim değişiklikleri sebebiyle

temiz enerji kaynaklarına duyulan gereksinim giderek artmıştır. Öte yandan enerji kullanımındaki artışın karşılanması, tükenmekte olan fosil yakıtlar ve kullanılsa da kullanılsa da yalnız nükleer yakıtlarla mümkün görülmemekte ve ancak yenilenebilir enerjilerin kullanılması ve enerji kullanımı veriminin artırılması şartlarına bağlı olmaktadır.

Elektrik enerjisi üretiminde en çok kullanılan yöntem kömür gibi fosil yakıtların yakılması ile gerçekleştirilir. Fakat fosil yakıtların yakılması ile ortaya çıkan karbondioksit gazı sebebiyle meydana gelen sera etkisi nedeniyle küresel ısınma olayı ortaya çıkar. Fotovoltaikler çevre kirleticisi etki oluşturmeyen enerji üretim seçeneklerinin başında gelmektedir.

Yerkürede bulunduğu konum açısından güneşlenme alanı ve süresi oldukça iyi olan ülkemizde güneş enerjisi alternatif enerji kaynağı olarak öne çıkmaktadır. Son yıllarda yapılan araştırmalar, ülkemizde yılda metrekare başına 1100 kWh lik güneş enerjisi potansiyelinin olduğunu göstermektedir [5]. Bu açıdan bakıldığında güneş enerjisi gelecek yıllar için ülkemizde yerli enerji kullanımının yaygınlaşması açısından önemli bir alternatif enerji kaynağı olarak karşımıza çıkmaktadır.

Güneş enerjisi ışıınım yoluyla iletilmektedir. Işıınımı elektromagnetik dalgalarla taşınan Enerji sekli olarak açıklayabiliriz. Yapılan araştırmalar ve hesaplamalar sonucunda yeryüzündeki birim yatay düzleme gelen güneş ışıınımı ortalama 400 ile 800 W/m² seviyesindedir [6]. Bu rakamı önemli hale getiren, gelen güneş ışıınımının yıllık tabanda dünya enerji ihtiyacının yaklaşık 1500 katı olduğudur. Bu sonuıtan yola çıkılarak söylenebilecek en doğru söz, güneşin dünyamıza enerji veren sonsuz denilebilecek güce sahip tek enerji kaynağı olduğudur [7].

Ülkemiz, coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğ u güneş enerjisi potansiyeli açısından Birçok ülkeye göre şanslı durumdadır. Devlet Meteoroloji işleri Genel Müdürlüğünde (DM_) Mevcut bulunan 1966–1982 yıllarında ölçülen güneşlenme süresi ve ışıınım şiddeti verilerinden yararlanarak Elektrik idaresi Etüt idaresi Genel Müdürlüğ ü (E_E) tarafından yapılan çalışmaya göre Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat (günlük toplam 7.2 saat), ortalama toplam ışıınım şiddeti 1311 kWh/m²-yıl (günlük toplam 3.6 kWh/m²) olduğ u tespit edilmiştir [8].

Güneşten dünyaya ışınlar 32° açı ile gelir. Güneş enerjisinden yararlanma konusundaki çalışmalar özellikle 1970'lerden sonra hız kazanmış, güneş enerjisi sistemleri teknolojik olarak ilerleme ve maliyet bakımından düşme göstermiş, çevresel olarak temiz bir enerji kaynağı olarak kendini kabul ettirmiştir [9,5,10].

Türkiye, 110 gün gibi yüksek bir güneş potansiyeline sahiptir. Gerekli yatırımlar yapılması halinde Türkiye yılda birim metre karesinden ortalama olarak 1.100 kWh'lik güneş enerjisi üretebilir [11].

Günümüz teknolojisi ile güneş enerjisinin % 100 verimle kullanılması mümkün değildir. Bunun yanında güneş enerjisi teknolojisi kullanarak uygulanan sistemler içerisinde, en yüksek verimin elde edilebildiği yöntem sıcak su hazırlama sistemleri olarak bilinmektedir [12].

Güneş enerji sistemlerinin en yaygın uygulama alanı kullanım suyu ısıtmasıdır. yıllık tabanda konutun sıcak su ihtiyacını önemli bir bölümü güneş enerjisi vasıtası ile karşılanabilir [13].

Yapılan araştırmalar ışığında konutlarda sıcak su temini için harcanan enerji konut için gerekli tüm enerjinin % 12'si civarındadır [14].

Güneş batıncaya kadar güneş ışınlarının dik olarak gelmesini sağlayacak hareketli bir sistem kullanılmalıdır.

Güneş takip sistemleri, güneş panellerin gün içerisinde sürekli olarak güneşi takip ederek ürettikleri enerjiyi arttırmaya yönelik olarak tasarlanmış izleyici tasarımlardır. Bu sistemler sayesinde, daha fazla miktarda güneş enerjisi soğrulur ve solar panellerin bu sayede günlük performans ve verim değerleri artar elde edilen enerjideki bu verim artışının sınırları % 25 ile % 55 değerleri arasındadır [15].

Geliştirilen iki eksenli güç, sabit panele göre ortalama % 33,85 oranında artmıştır [16].

2.GÜNEŞ ENERJİSİ

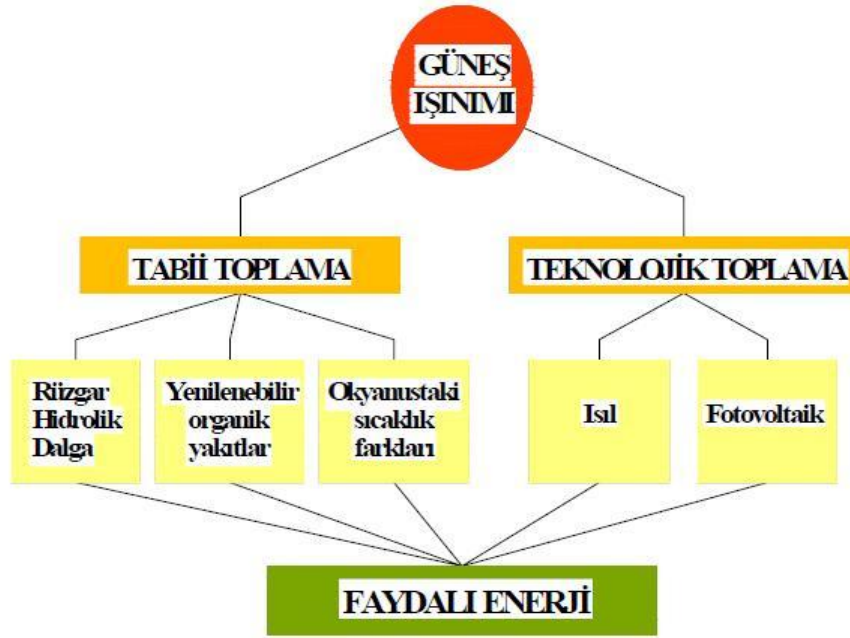
Güneşte; enerji üretiminin, hidrojenin helyuma dönüştüğü füzyon reaksiyonları ile olduğu ileri sürülmektedir. Güneş bilimcileri, güneş çekirdeğindeki sıcaklığın Yaklaşık $25 \times 10^6^\circ\text{C}$ olduğunu tahmin etmektedirler. Ancak, güneş ışıınımı ise yaklaşık 5762K 'de olan foto küreden gerçekleşmektedir.

Termonükleer bir reaktör olan güneşin birim alanından birim zamanda çeşitli dalga boylarında 62MW/m^2 enerji yayılmaktadır. Güneşin bütün yüzeyinden neşredilen enerjinin sadece iki milyarda biri yeryüzüne gelmektedir. Buna rağmen bir yıl boyunca yeryüzüne gelen güneş enerjisi, dünya enerji tüketiminin milyonlarca katıdır [17].

Atmosfer dışında güneş ışınlarına dik birim alana gelen güneş ışıınımı 1353W/m^2 olarak belirlenmiştir. Yeryüzünde birim alana gelen güneş ışıınımı şiddeti ise $0-1000\text{ W/m}^2$ aralığında değişmektedir. Türkiye'nin bir bölümü güneş kuşağı adı verilen bölgede bulunmaktadır ve güneş enerjisi bakımından orta zenginliktedir. Yeryüzüne gelen güneş ışıınımı, farklı mühendislik uygulamaları ile kullanılabilir formda faydalı enerjiye dönüştürülmektedir [18].

2.1 Güneş Enerjisinden Faydalanma Şekilleri

Güneş, aslında yeryüzündeki tüm enerji formlarının kaynağıdır ve bu enerji formları güneş ışıınımının maddeler üzerindeki tesirlerinden meydana gelmektedir. Halen kullanılan tüm fosil yakıtlar güneşin etkisiyle fotosentez yoluyla oluşmuşlardır [19]. Güneş enerjisinin teknolojik toplama aracılığı ile faydalı enerjiye dönüşümü, ısı ve fotovoltaiik uygulamalarla gerçekleşmektedir. Şekil 2.1'de, güneş enerjisinden faydalanma şekilleri görülmektedir.



Şekil 2. 1. Güneş enerjisinin faydalı enerjiye dönüşüm yöntemleri [20]

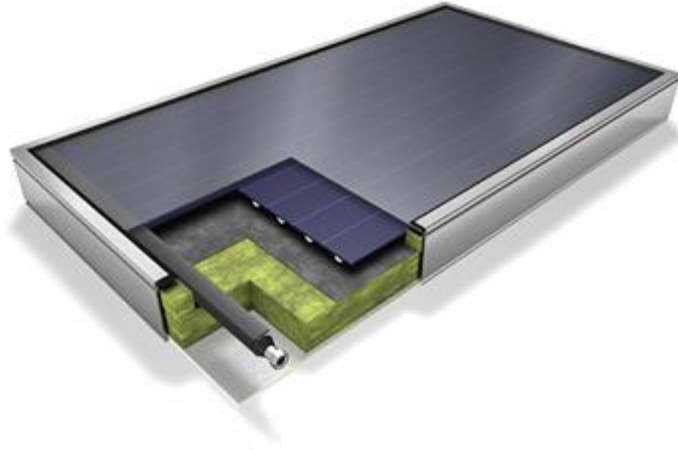
2.1.1 Güneş enerjisinin ısı olarak faydalı enerjiye dönüştürülmesi:

Güneş enerjisinin faydalı enerjiye ısı yollarla dönüştürüldüğü sistemler üç farklı şekilde sınıflandırılırlar.

1. Düşük sıcaklık uygulamaları ($20 < T < 100^{\circ}\text{C}$) Düz kolektör
2. Orta sıcaklık uygulamaları ($100 < T < 300^{\circ}\text{C}$) Çizgisel yoğunlaştırıcı kolektör
3. Yüksek sıcaklık uygulamaları ($T > 300^{\circ}\text{C}$) Noktasal yoğunlaştırıcı kolektör

2.1.1.1 Düşük sıcaklık uygulamaları:

Düşük sıcaklıklı ısı uygulamalarda, elde edilen enerji, sıcak su temininde, konutların ısıtılmasında ve soğutulmasında, sera ısıtılmasında, tarım ürünleri kurutulmasında, suyun damıtılmasında, yüzme havuzu ısıtılmasında ve güneş ocaklarında kullanılmaktadır [20]. Bu uygulamalardan en yaygın konutlarda sıcak su temini uygulamasıdır. Konutlarda sıcak su temininde Şekil 2.2’de gösterilen düz güneş kolektörleri kullanılır. Güneş ışıyım enerjisi, düz kolektörlerde faydalı enerji olarak akışkana aktarılır.



Şekil 2.2. Düz güneş kolektörü [20]

2.1.1.2 Orta sıcaklık uygulamaları:

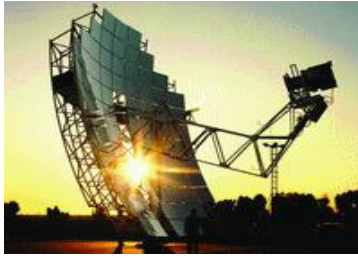
Orta sıcaklık uygulamalarında, ışınların çizgisel olarak odaklanması ile 300°C 'ye varan sıcaklık elde edebilen çizgisel odaklı parabolik kolektörler kullanılır (Şekil2.3). Parabolik yüzeye düşen ışınım, parabolün odağında içinden akışkan geçen boru üzerine yoğunlaştırılır [21]. Bu yoğun güneş ışınımı sayesinde boru içinden akan akışkan yüksek sıcaklıklara ulaşır. Bu tip uygulamalara örnek olarak, sanayi için su ve buhar temini, yüksek kapasiteli soğutma üniteleri, büyük çapta ısıtma sistemleri verilebilir. Çizgisel odaklı kolektörlerde bir eksenli güneşi takip gereklidir. Şekil 2.3'de çizgisel odaklı bir güneş kolektörü uygulaması görülmektedir.



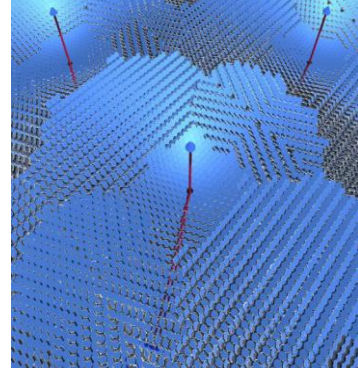
Şekil 2.3. Çizgisel odaklı güneş kolektörü [20]

2.1.1.3 Yüksek sıcaklık uygulamaları

Yüksek sıcaklık uygulamalarında, 300°C'nin üzerinde sıcaklık elde edilir. Şekil 2.4 görüldüğü gibi, bu tip uygulamalar iki farklı şekilde yapılmaktadır. İlk uygulamada parabolik çanak kolektörler kullanılır ve iki eksende güneşi takibi sağlanarak güneş enerjisi noktasal olarak odaklanır [22]. Odaklanma noktasında oluşan yüksek ısı enerjisi, akışkana aktarılır ve kullanılacak yere iletilir. İkinci uygulama ise, çok sayıda heliostat adı verilen yansıtıcılar, geniş bir alana gelen güneş ışınımını, alıcı adı verilen bir kule üzerine odaklar. Kule içerisinde bulunan ısı değiştiricisi sayesinde akışkan, çok yüksek sıcaklığa ulaşır. Şekil 2.4'de her iki uygulamaya ait örnekler gösterilmiştir. Bu uygulamalarda, genelde yüksek sıcaklıklarda elde edilen buhar, türbin aracılığı ile elektrik enerjisine dönüştürülebilmektedir. Ayrıca, metal eritmesi, metal kalıplaması ve kesilmesi gibi proseslerde de bu tip uygulamalara rastlanır.



a) Parabolik yansıtıcı



b) Heliostat ayna yansıtıcı

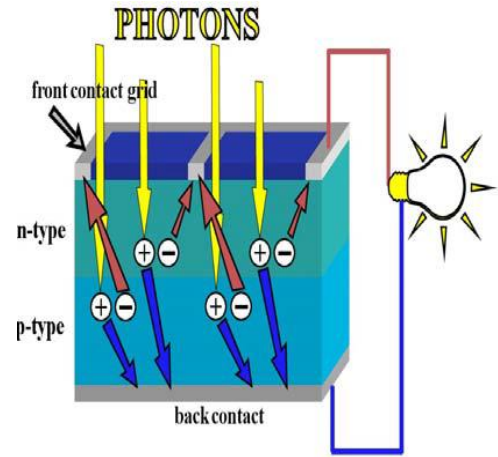
Şekil 2.4. Yüksek sıcaklık uygulamaları

2.1.2 Güneş enerjisinin fotovoltaik olarak faydalı enerjiye dönüştürülmesi

Güneş enerjisinden elektrik elde edilmesi yaygın olarak fotovoltaik paneller yardımı ile de gerçekleşmektedir (Şekil 2.5). Güneş pili olarak da adlandırılan bu paneller, yüzeylerine gelen güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren yarı iletken hücrelerin birleşiminden oluşur. Yarı iletken malzemede, fazla elektron ve boşluk bulunduran iki farklı maddenin teması ile tek bir kristal meydana getirilmesi ve ısıl ışıınım etkisi ile fazla elektronların boşluklara yönelmesi ile doğru akım oluşur. Verimleri %3 ile %25 arasında değişen bu sistemin, üretim ağının genişlemesi ile birlikte ülkemizde ve dünyada kullanımı yaygınlaşmıştır [23]. Genellikle sinyalizasyon, kırsal elektrik ihtiyacının karşılanması, bina içi ve dışı aydınlatma, deniz fenerleri, alarm ve güvenlik sistemleri, deprem ve hava gözleme istasyonları gibi küçük sistemlerden, elektrik üretim santrallerine kadar birçok kullanım alanları mevcuttur [24].



a) Fotovoltaik panel



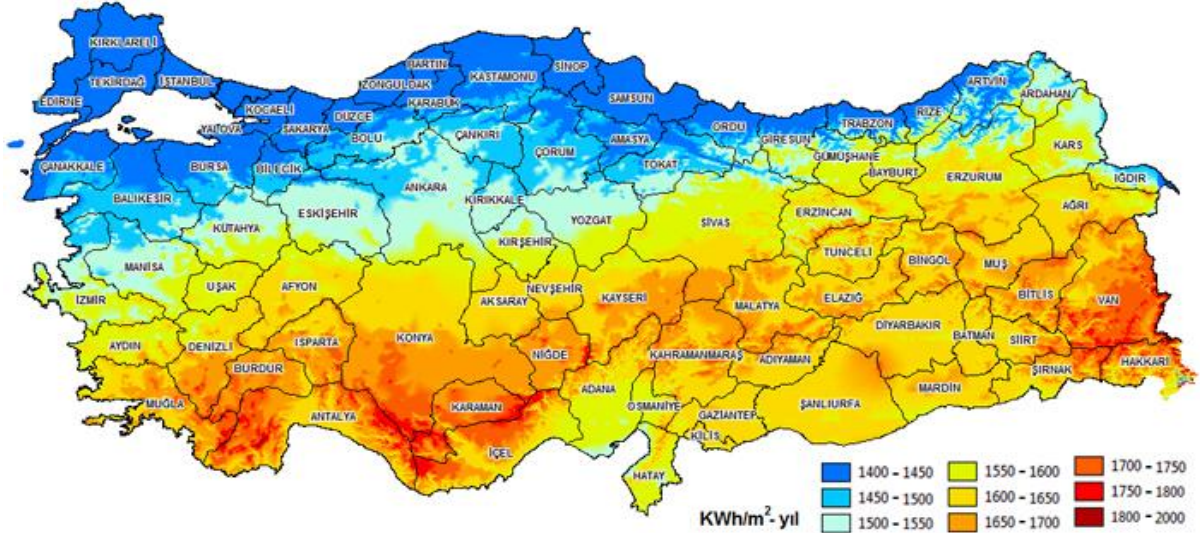
b) Hücree

Şekil 2.5. Fotovoltaik uygulama

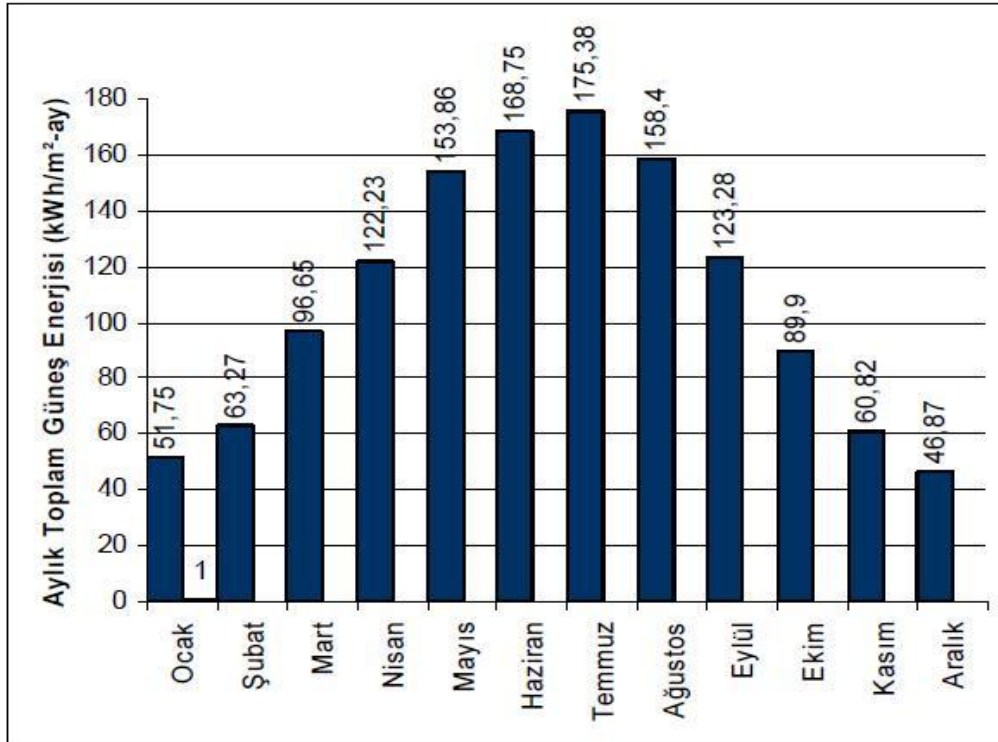
2.2. Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Uygulamaları

Türkiye 36°–42° kuzey paralelleri arasında olup güneş enerjisi potansiyeli bakımından elverişli bir konumda bulunmaktadır. Elektrik İşleri Etüt İdaresi [EİE] verilerine göre, Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2640saat (günlük toplam 7.2saat), ortalama toplam ışıınım şiddeti 1311kWh/m²–yıl (günlük toplam 3.6kWh/m²) olduğu tespit edilmiştir. Türkiye'nin aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli ve güneşlenme süresi ile Türkiye'nin yıllık toplam güneş enerjisi potansiyelinin, bölgelere

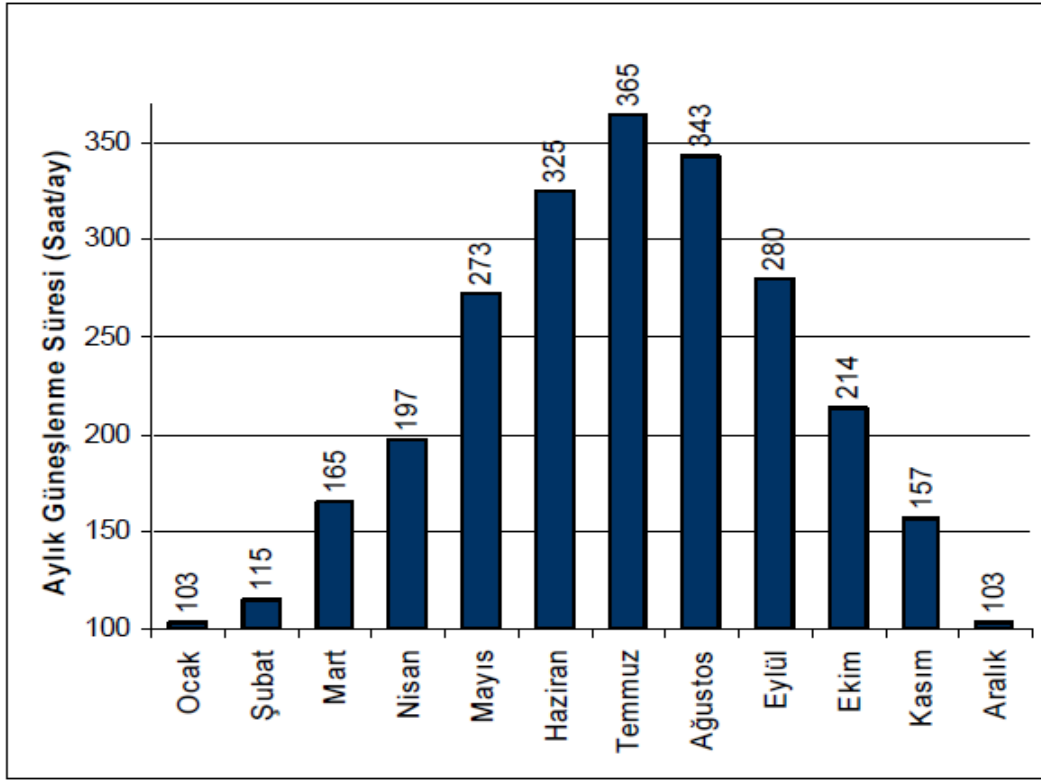
dağılımı, Şekil 2.6, Şekil 2.7, Şekil 2.8 ve Şekil 2.9 ile gösterilmektedir. Türkiye'nin yüzölçümü alanının büyük bölümü güneş kuşağı içinde yer almaktadır ve en fazla güneş alan bölgesi Güneydoğu Anadolu bölgesi olup, bunu Akdeniz bölgesi izlemektedir. Güneş enerjisi potansiyeli, güneşlenme süresi ile doğru orantılıdır. Türkiye'nin aylık güneşlenme süresi ile güneş enerjisi potansiyeli Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında yüksek iken, kış aylarında düşük değerleri almaktadır.



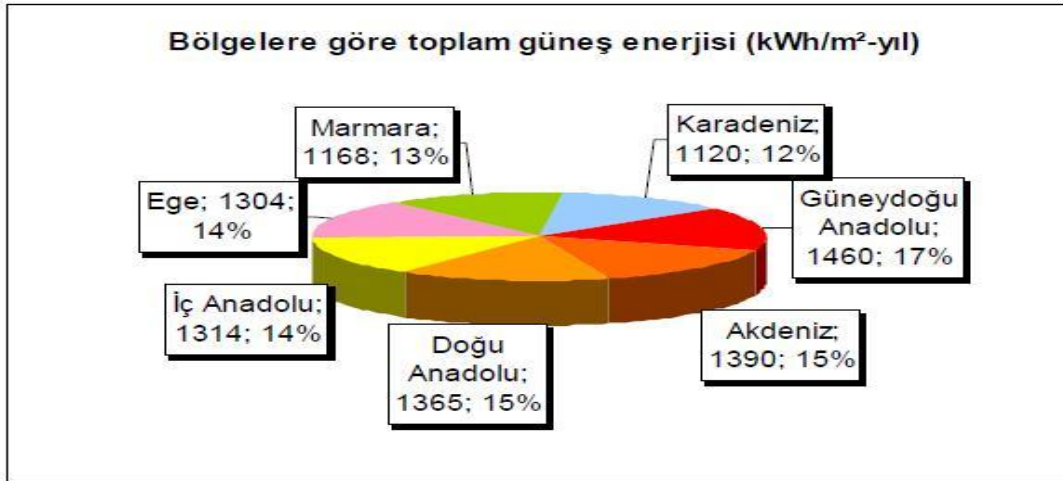
Şekil 2.6. Türkiye'nin güneş haritası [7]



Şekil 2.7. Türkiye'nin ortalama aylık güneş enerji potansiyeli



Şekil 2.8. Türkiye'nin ortalama aylık güneşlenme süresi



Şekil 2.9. Türkiye'nin yıllık toplam güneş enerjisi potansiyelinin, bölgelere dağılımı

2.3. Güneş Enerjisi Kolektörleri

Güneş kolektörleri, güneş ışınımı toplayan ve onu güneş enerjisine dönüştüren düzeneklerdir. Düzlemsel veya vakum tüplü olmak üzere iki tip olarak üretirler. Güneş kolektörlerin önemli parçalardan bir tanesi yutucu plakalardır. Bu plakalar aldıkları enerjiyi, içlerdeki borulardan geçen bir akışkana vererek akışkanlığının sıcaklığını artırırlar. Sıcaklığı artan akışkan ise, kullanım amacına uygun olarak ya depolanıp kullanılır ya da çevrime geri gönderilir [25].

Yutucucu plakalar genellikle bakır, paslanmaz çelik ve alüminyumdan yapılırlar. Yüzeyleri Güneş ışınımı çok iyi yutan ve yayıcılığı çok az olan ve seçici yüzey olarak adlandırılan tabakalarla kaplıdır.

Düzlemsel ve vakum tüplü kolektörler, evsel sıcak su üretiminde ve yardımcı ısıtma kaynağı olarak yaklaşık 40 yıldır kullanılmaktadır [26,27]. Kolektör yutucu plakaları siyah mat boya ile boyamaktadırlar [28].

Su ve hava gibi akışkanların güneş enerjisinden yararlanarak ısıtılmasında kullanılan güneş enerjisi kolektörleri aşağıdaki elemanlardan oluşmaktadırlar.

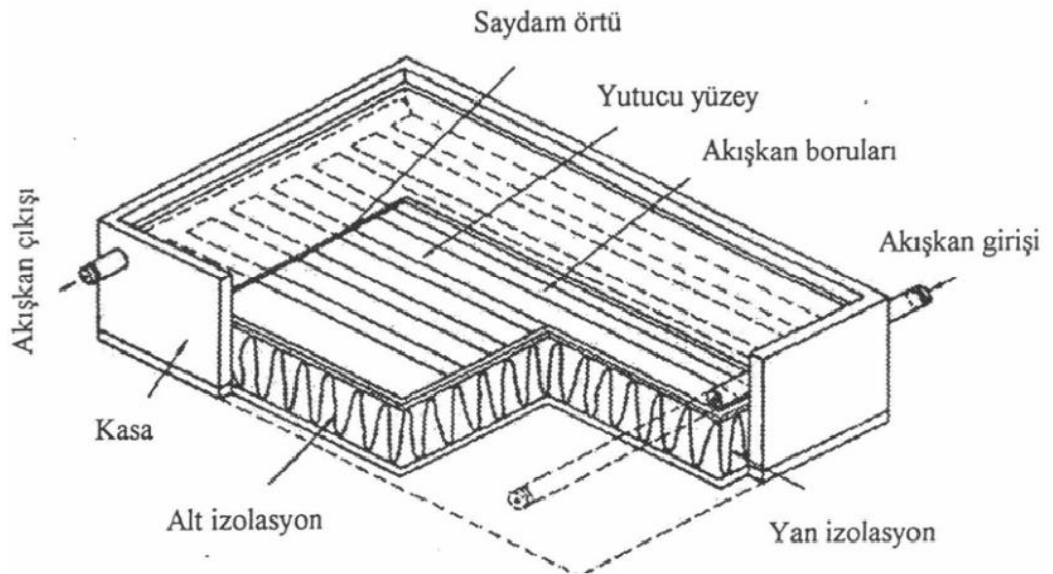
- Üst örtü (cam, şeffaf plastik v.b. saydam maddelerden yapılır.)
- Güneş ışınımı yutan siyah yüzey (bakır, alüminyum, metal veya PVC malzemelerden çeşitli şekillerde yapılır.)
- İzolasyon maddesi (cam yünü, poliüretan, sytrafor gibi malzemelerden yapılır.)
- Koruyucu dış kasa (galvanizli sac, alüminyum, PVC, fiber v.b malzemedan çeşitli şekillerde yapılır.)

2.3.1 Bir Kolektörde Aranılan Özellikler

- Maksimum verime sahip olması [15]
- İyi izole edilmiş olup ısı kayıpları çok az olmalı
- Hafif ve pratik olmalı
- Ortam ve kullanım şartlarına dayanıklı olmak
- Montaj ve işletme işçiliği az veya hiç olmamalı
- Montaj ve işletme masrafları az veya hiç olmamalı

2.4. Düzlemsel Güneş Kolektörü

Güneş kolektörleri, güneş enerjisini toplayan ve bir akışkana ısı olarak çeşitli tür ve biçimlerdeki aygıtlardır [29]. Bu toplayıcılar, su ısıtma ya da hacim ısıtma gibi akışkan sıcaklığını 100°C 'nin altında olmasının istendiği durumlarda kullanılır. Yüzeyleri düz olduğundan düzlemsel güneş enerjisi toplayıcıları adını almaktadır. Şekil 2.10'da akışkanın düzlemsel kolektörde aldığı yol gösterilmektedir.



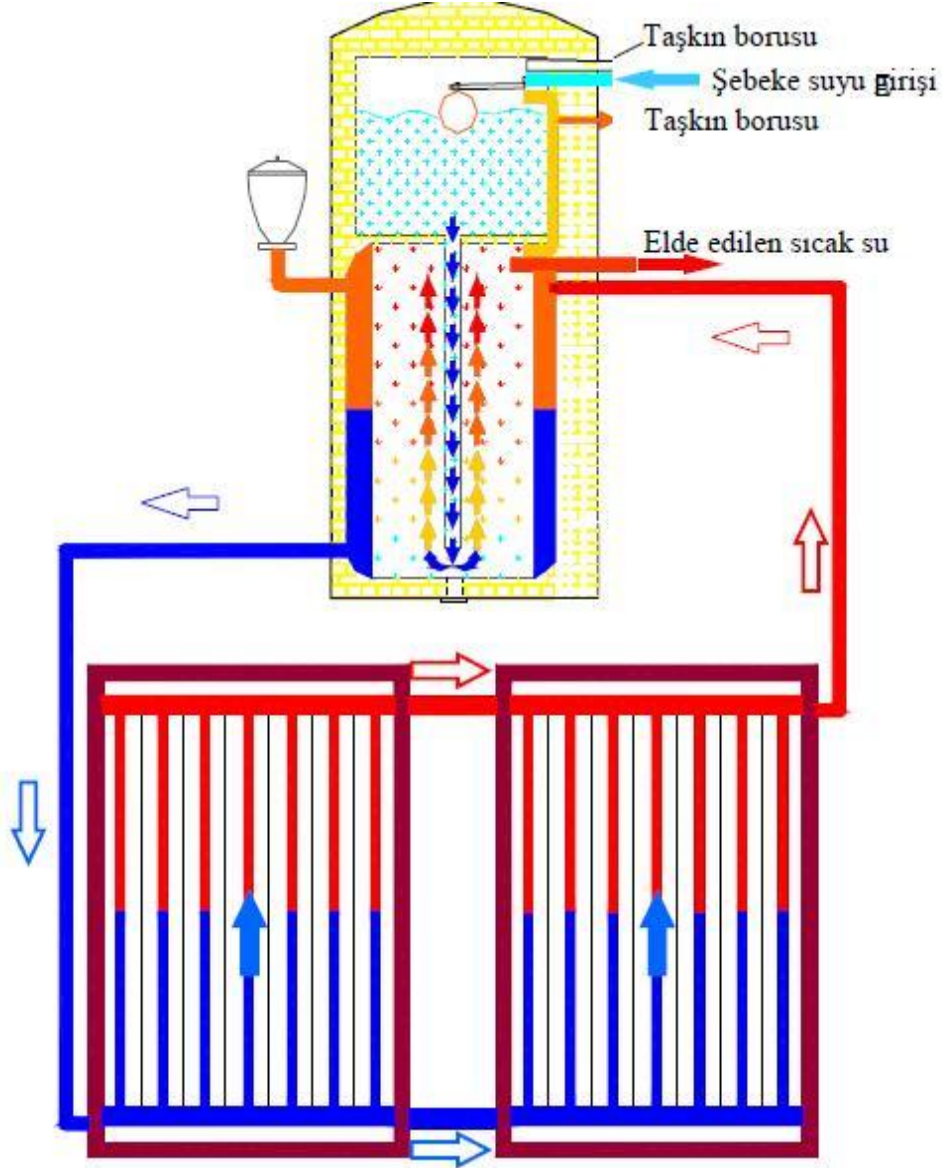
Şekil 2.10 Düzlemsel Güneş kolektörü

- Konstrüksiyonları oldukça basittir.
- Yayılı ışıınımdan da faydalanabilinir.
- Tesisatın yerleşme zeminin hazırlığı kolaydır.
- Tesisatın elemanları az veya basittir.
- Dayanıklı ve daha kullanışlıdır.
- Nakledilmeleri ve montajları daha kolaydır.
- Yatırım maliyeti ve işletme masrafları az olması gibi avantajları bulunmaktadır.

Türkiye’de güneş enerjisi, hem değişik sanayi sektörlerinde hem de konutlarda sıcak su elde etmek amacı ile kullanılmaktadır. Konutlarda sıcak su elde etmeyi amaçlayan sektör, sanayi sektörünün yaklaşık 3 katı kapasitededir ve güneş enerjisi kullanımında en iyi pazar olmaya devam etmektedir [30]. Şekil 2.11’da günümüzde yaygın olarak kullanılan tipik bir güneş enerjili sıcak su sistemi görülmektedir. Düz güneş kolektörünün kullanıldığı bu sistemler; temelde toplam kolektör alanı 4m² civarında olan 2 adet düz kolektör, depo ve boru bağlantılarından oluşmaktadır. Bu sistemler; açık veya kapalı devre olarak çalıştırılabilir. Kolektör yüzeyine gelen güneş ışıını enerjisi yutucu plaka sıcaklığını artırır. Isınan plakadan, temas halindeki boru içinden akan akışkana iletimle ve taşınım ile ısı geçişi olur. Buna bağlı olarak sıcaklığı artan akışkan, yoğunluğu azaldığından genişler ve kolektör üst kısmına doğru hareketlenir ve kolektör üst toplayıcı borusunda toplanarak tekrar depoya döner. Kapalı sistemlerde depo içinde bir ısı değıştirici bulunur.



Şekil 2.11.a. Tabii dolaşımlı güneş enerjisi sistemi



Şekil 2.11.b. Tabi dolaşımli güneş enerjisi şeması

EİE verilerine göre, 2007’de ülkemizde kurulu olan güneş kolektörü miktarı yaklaşık 12milyon m² olup, yıllık kolektör üretim kapasitesi 750 bin m²’dir ve bu üretimin bir miktarı da ihraç edilmektedir. Güneş enerjisinden elde edilen ısı enerjisi, yıllık üretimi, yine 2007 verilerine göre, 420.000 Ton eşdeğeri Petrol (TEP) civarındadır. Bu haliyle ülkemiz, dünyada kayda değer bir güneş kolektörü imalatçısı ve kullanıcısı durumundadır.

2.5. Güneş Enerjisinin Diğer Enerji Türlerine Göre Avantajları

- Her şeyden önce, güneş bol ve tükenmeyen enerji kaynağıdır
- Temiz türüdür, çevreyi kirleticisi, duman, gaz, karbon monoksit, kükürt ve radyasyon gibi atıkları yoktur.
- Yerel uygulamalar için elverişlidir. Enerjiye ihtiyaç duyulan, hemen hemen her yerde güneş enerjisinden yararlanmak mümkündür. Bir çakmağın, bir saatin, bir hesap makinesinin veya bir deniz fenerinin, bir orman gözetleme kulesinin enerji ihtiyacı yerinde karşılanabilir.
- Dışa bağlı olmadığından, doğabilecek ekonomik bunalımdan bağımsızdır.
- Birçok uygulaması için karmaşık teknolojiye gerek duyulmamaktadır.
- İşletme masrafları çok azdır [31,32].

2.6. Güneş Enerjisinin Diğer Enerji Türlerine Göre Dezavantajları

- Birim yüzeye gelen güneş ışıınımı az olduğundan büyük yüzeylere ihtiyaç vardır.
- Güneş ışıınımı sürekli olmadığından depolama gerekmektedir. Depolama imkânları ise sınırlıdır.
- Enerji ihtiyacının çok olduğu kış aylarında güneş ışıınımı az ve geceleri de hiç yoktur.
- Güneş ışıınımından faydalanan sistemin güneş ışıığını sürekli alabilmesi için çevrenin açık olması, gölgelenmemesi gerekir. Güneş ışıınımından yararlanılan birçok tesisatın ilk yatırım maliyeti fazladır ve henüz bazıları ekonomik değildir [31].

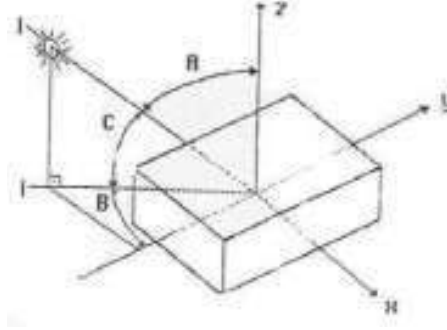
3. GÜNEŞ TAKİP SİSTEMLERİ

Güneş enerjisinden faydalanmak için geliştirilen sistemler, Güneş'in radyasyonundan yararlanırlar. Adi bir camdan geçen direk radyasyon yoluyla elde edilecek ısı, onun (enlem itibariyle) dünya üzerindeki yerine, hangi yöne dönük olduğuna, günün hangi saatinde ve yılın hangi gününde bulunduğuna bağlıdır. Güneş Açısından yararlanmak için geliştirilen sistemlere doğrudan radyasyondan faydalanma miktarının maksimum olması için geliş açısının minimum hatta 0° olması Gerekir. Panelin bulunduğu yere göre aynı geliş açısını elde etmek için farklı eğim açıları gerekecektir. Dünyanın $23,5^\circ$ eğik eksen ve güneş açısının 0° olmasını temin edebilmek için, eğim açısının yer ve mevsimler itibariyle değiştirilmesi gerekir. Bunun İçin kuzey - güney yönünde yani aşağı yukarı hareket ile tek eksen takip edilmesi gerekir.

Ayrıca Güneş'in her gün doğudan batıya doğru olan hareketinin geliş açısına olan etkisini ortadan kaldırmak için panel ve bu doğrultudaki açısının da günün saatleri itibariyle değiştirilmesi gerekir. Sabit, yatay bir düzleme gelen enerji sabah ve akşam dolaylarında en az, öğle saatlerinde ise en fazla olmaktadır. Geliş açısının minimum olabilmesi için Güneş'in doğu - batı istikametindeki hareketinin de takip edilmesi gerekir [33]. Güneş Takip Sistemleri (Solar Tracking Systems) bu açılardan birinin veya Her ikisini birden değiştirmek suretiyle, güneş ışınının panel üzerine tam dik olarak gelmesini sağlamak için geliştirilmiştir. Güneş'in iki ekseninde hareket ile izlendiği Sistemlerde geliş açısı 90° olmaktadır [12].

3.1 Sistemin dönüş eksenleri

Şekil 3.12’de modülün herhangi bir zamanda oluşacak açıları gösterilmiştir.



Şekil 3. 12. Modülün herhangi bir andaki pozisyonu.

A: Güneş zenit açısı ($A=90^\circ-C$)

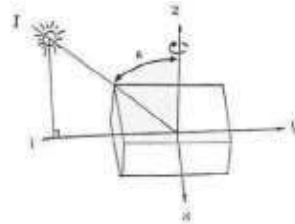
B: Kolektör azimut açısı

C: Güneş altitud (yükseklik) açısı

Pilin güneş ışığını dik alacak konuma gelmesi için bu iki açı sıfır oluncaya kadar pilin z-ekseni ve güneş ışını ile z eksenine dik eksen etrafında döndürülmesi gerekir. Önce B açısının sıfırlanması için gerekli dönmeyi inceleyelim [12].

3.1.1 Modülün z-ekseni etrafındaki dönüşü

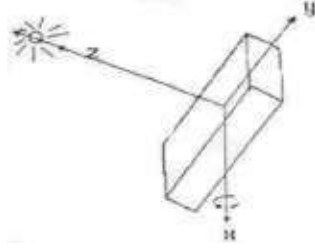
Modülün gün boyunca kendisine ait azimut açısının sıfır olması için güneşin bu açıya sebep olan doğu-batı yönündeki dönüş hareketini izlemesi gerekir



Şekil 3. 13. Modülün z- eksen etrafındaki dönüşü

Bunun için şekil 3.13’de görüldüğü gibi x,y-düzlemi, B açısı sıfır oluncaya kadar z-ekseni etrafında dönmelidir. Yani x,y- düzlemine ait yüzey normali N ile güneş ışını I’nın, x,y- yatay düzlemindeki izdüşümü i, birbirlerine çakımsalıdır [12].

3.1.2 Modülün x- eksenini etrafındaki dönüşü



Şekil 3. 13. Modülün x- eksenini etrafındaki dönüşü

Modül yüzeyinin herhangi bir anda güneş ısınına dik konumda olabilmesi için B açısından başka A açısını da sıfırlayacak şekilde dönmesi gerekir. Bu dönüş, şekil 3.13’de görüleceği gibi x- eksenini etrafında olmalıdır. Bu dönüş, $\pm 70^\circ$ lik bir açı tarayacaktır.

3.2 Optimum eğim açısı araştırmaları

Optimum eğim açısı için önerilen basit kural şöyledir;

Bütün yıl için yaklaşık olarak: eğim = enlem

Yaz için: eğim = enlem - 10°

Kış için: eğim = enlem + 10°

Benzer sonuçlara vararak yıllık optimum verim için (eğim = 0.9 x enlem) kuralını önerenler de mevcuttur. Konuyu ekonomik yönden inceleyenler ise kış için

(eğim = Enlem + 15°) kuralını geliştirmişlerdir.

Deris'e göre optimum açı için aşağıdaki kurallar saptanmıştır;

- *Yıllık optimum verim için: $= 0.9 \times \text{enlem}$*
- *7 aylık kış mevsiminde optimum verim için: $= \text{enlem} + 15^\circ$*
- *Kış mevsiminde en soğuk üç ayda optimum verim: $ft = \text{enlem} + 25^\circ$*
- *Yaz mevsiminde optimum verim için: $= \text{enlem} - 25^\circ$*

Bu kuralların uygulanmasında katı davranılmamalı ve durumun özellikleri göz önünde tutulmalıdır. İklim şartları önemli bir faktördür. Örneğin bir yörede Aralık ve Ocak ayları %80 kapalı geçiyorsa, parça bu aylara göre yönlendirilmelidir. İkinci önemli faktör sistemin kullanım amacıdır. İlk veya sonbahar mevsimlerinde azami Verimle çalışması gereken mevsimlik bir iş için sistem kurulacaksa eğim açısı buna göre hesaplanmalıdır. Bu kısımda verilen bilgi ile her türlü esnek uygulama olanakları sağlanabilir. İdeal konumdan $\pm 15^\circ$ sapma halinde kayıp oranı %6 mertebesinde olacaktır. Bu nedenle mimari ve diğer etkenler sebebi ile ideal açı uygulanamazsa kayıplar çok büyük olmayacaktır.

3.3 Güneş Takip Sistemlerinin sınıflandırılması

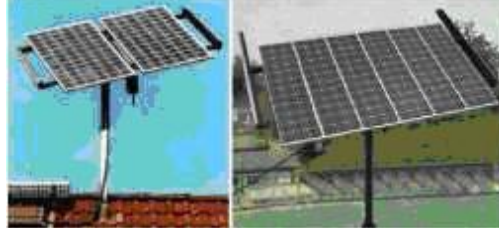
Güneş Takip Sistemlerini aşağıdaki şekilde sınıflandırabiliriz:

- 1) Takip eksenine göre;*
 - a) Tek eksen kontrollü*
 - b) Çift eksen kontrollü*
- 2) Kontrol mekanizmasına göre;*
 - a) Yerçekimini kullanan çözümler*
 - b) Açık döngü (open loop) sistemler*
 - c) Kapalı döngü (closed loop) sistemler*

Tek eksen ve çift eksenli takibin verimlerine ilişkin kıyaslama ileriki bölümlerde yapılacağından burada sadece kontrol mekanizmasına göre takip sistemi çeşitlerinden bahsedilecektir.

3.3.1 Yerçekimini kullanarak çalışan sistemler

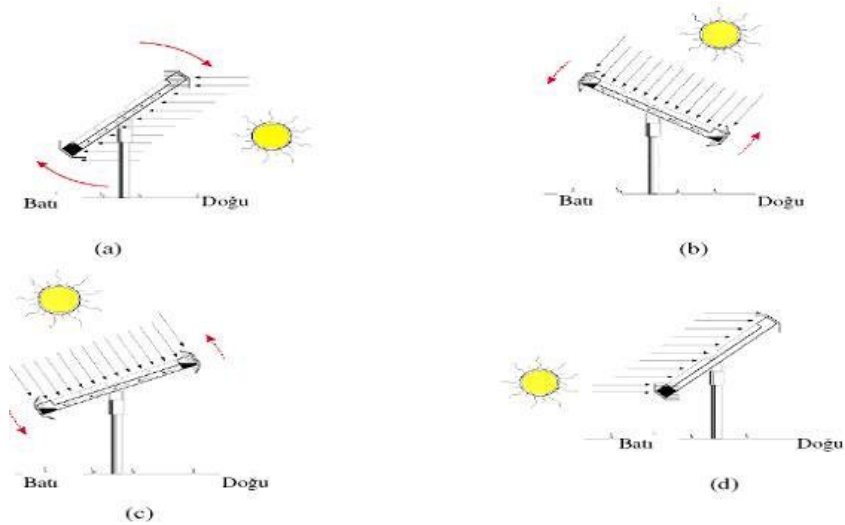
Bu sistemlerde panellerin sağ ve sol kenarlarına yerleştirilmiş ve içerisinde özel bir sıvı olan iki adet tüp bulunmaktadır (Şekil 3.15).



Şekil 3. 15. Yerçekimi özelliğine göre çalışan sistemlere iki örnek

Bu tüpler birbiriyle bağlantılı olup birbirleri arasında sıvı geçişi olmaktadır. tüplerin içerisinde bulunan sıvı ısıya karşı hassas ve genleşme katsayısı yüksektir.

Paneller öncelikle ağırlık merkezine göre dengeli bir şekilde yerleştirilmektedirler. daha sonra bu sıvı tüplerinden daha fazla güneş ısınına maruz kalan taraftaki sıvı genişlerken karşı tüpe doğru akmakta ve böylece panelin ağırlık merkezi kaydırıldığı için panel, Güneşe doğru hareket etmektedir. Güneş ışınları panel yüzeyine dik gelinceye kadar Panel hareketine devam etmektedir.



Şekil 3. 16. Panelin güneş takibi

(a) Panel, geceden batıya bakar şekilde kalmış, sabah güneş altındaki tüpe daha fazla güneş ışını gelmekte ve sıvı yukarı kaba doğru genişmekte. (Şekil 3.16)

(b) Güneş ısınları her iki tüpe eşit miktarda gelinceye kadar panel dönmekte.

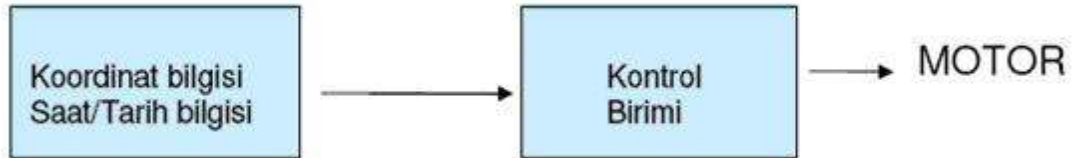
(c) Güneş hareket ettikçe belli bir açıyla panel de güneşi takip etmekte.

(d) Panel, akşam batıya dönük olarak kalmakta.

Güneş takibi için herhangi bir elektriksel aksam gerektirmeyen sistemlerde takip genellikle tek eksenle yapılmaktadır. Rüzgârın olumsuz etkisini azaltmak için hidrolik damper kullanılmaktadır.

3.3.2 Açık döngü sistemler

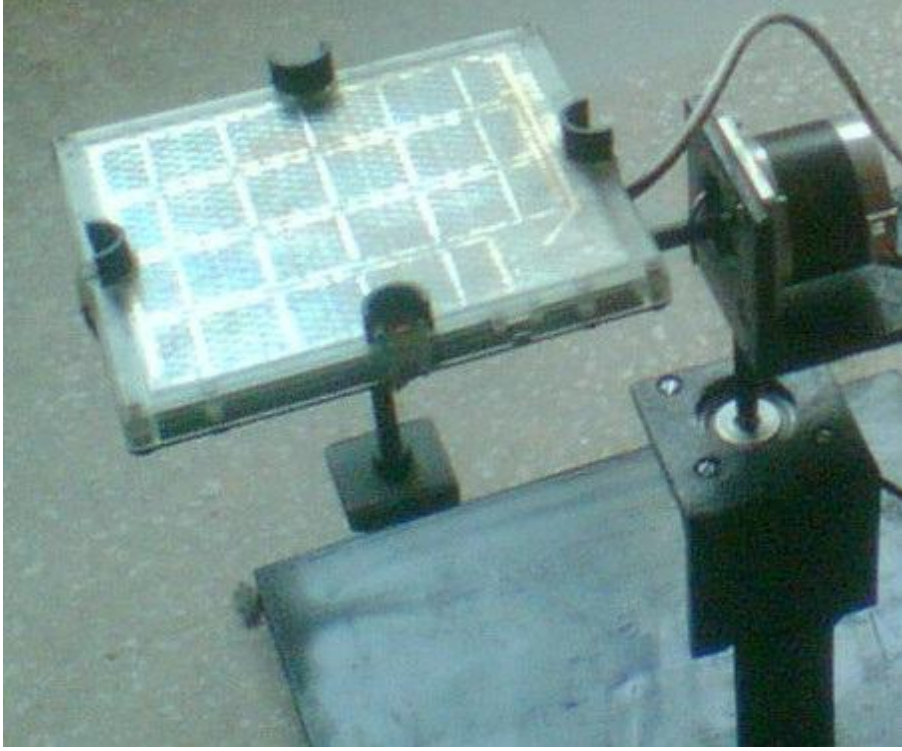
Aslında dünya'nın herhangi bir noktası için güneşin yılın herhangi bir günü ve saatinde hangi koordinatlarda olacağı bellidir. Bu düşünceden hareketle güneşin yerini tespit etmek amacıyla sensor kullanılmasına gerek duymadan koordinat bilgilerine göre Güneş takibi yapan mikroişlemci kontrollü sistemler bu gruba girmektedir (Şekil 3.17).



Şekil 3. 17. Açık döngü sistemlerin blok diyagramı

3.3.3 Kapalı döngü sistemler

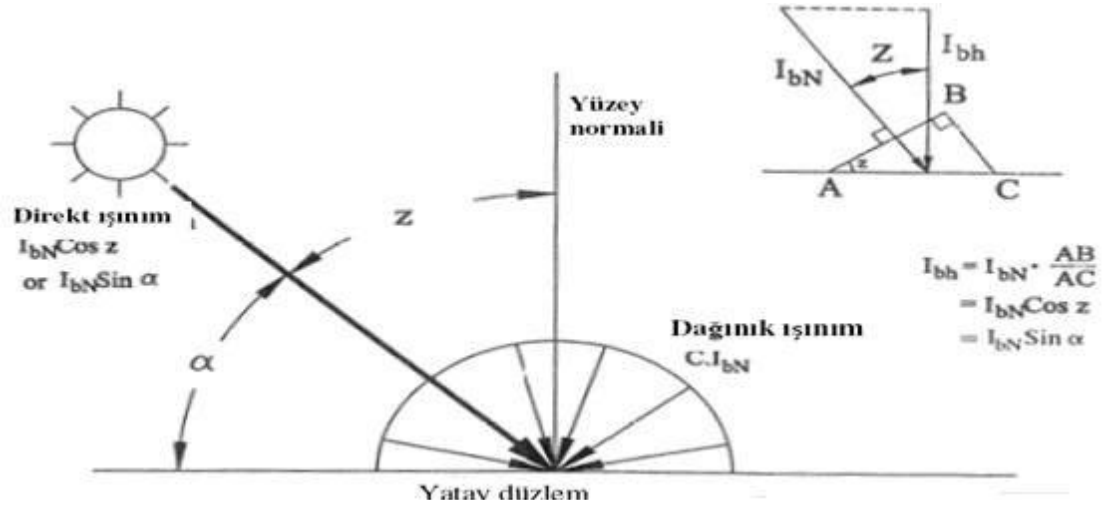
Çeşitli sensorlar vasıtasıyla güneşin yerini tespit ederek panellerin güneşe doğru yönelmesini sağlayan sistemlerdir. Bu sistemlerde geri besleme olduğu için kapalı döngü olarak adlandırılmışlardır. Gerçekleştirdiğimiz devre bu gruba girmektedir. Şekil (3.18)'de bu tip sistemler ayrıntılı olarak anlatılmaktadır. Diğer sistemlere göre en gerçekçi takibi yapan sistemler kapalı döngü sistemlerdir. Dezavantaj olarak maliyeti yüksek ve bakımı diğerlerine göre zordur.



Şekil 3.18. Gerçekleştirilen kapalı döngü sistem

3. 4 Güneş takip sistemlerinin gerekliliği

Şekil 3-19’de yatay bir düzleme çeşitli açılarla gelen direkt ve dağınık ışınımalar görülmektedir. Burada biz daha çok direkt ışınım ile ilgileneceğiz. Yatay zemine z gelme açısıyla gelen ışının birim yüzeye düşen anlık ısıma şiddeti $I_z = I \times \cos z$ ’dır [34]. Şekil 3.19’de görüldüğü gibi bir yüzeye güneş ısıyı ne kadar dik gelirse birim yüzeye düşen ısıma şiddeti o kadar yüksek olacaktır. İşte bu noktada Güneş Takip Sistemlerinin kullanım gereklilikleri ortaya çıkmaktadır. Güneş takip sistemlerinin kullanım amacı; güneş ışınlarının yüzeye sürekli dik gelmesini sağlayarak elde edilen Enerji miktarını artırmaktır [35].



Şekil 3.19. Yatay bir düzlemde güneş ışıınımı

3. 5 Güneş Takip Sistemlerinin Verimi

Bir önceki bölümde belirtildiği gibi güneş takip sistemlerini kullanım amacı elde edilen enerji miktarını artırmaktır. Bu artışın ne kadar olacağı da önemli bir husustur. Bu konuyla ilgili olarak ABD Ulusal Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı (NREL) Tarafından elde edilen bazı şehirlere ilişkin güneş ışıınımı şiddeti, tek eksen ve çift eksen güneş takibi yapılması durumunda elde edilen enerji artışı verileri Tablo 3–2 ve Tablo 3-3’de sunulmuştur. Tablolardan aşağıdaki sonuçları çıkarabiliriz:

- Güneş takibi yapılmayan sabit durumda; 5,5 kWh/m2 yıllık ortalama ışıma enerjisi elde edilmektedir.
- 1-eksen de takip yapılırsa; 7,2 kWh/m2 yıllık ortalama ışıma enerjisi elde edilmektedir. Bu, sabite göre $(7,2-5,5)/5,5 = \%30,9$ artış demektir.
- 2-eksen de takip yapılırsa; 7,4 kWh/m2 yıllık ortalama ışıma enerjisi elde edilmektedir. Bu, sabite göre $(7,4-5,5)/5,5 = \%34,5$ artış demektir.

Tablo 3. 1 Fransa-Paris şehrinde ortalama günlük güneş ışınlımı (kWh/m²)

Ay	Panel yere enlem–15° açısıyla eğimli		Panel yere enlem açısı kadar eğimli		Panel yere enlem+15° Açısı kadar eğimli		2- Eksende Takip
	Sabit	1-eksenli takip	Sabit	1-eksenli takip	Sabit	1-eksenli takip	
Ocak	1,77	1,77	2,06	2,06	2,24	2,24	2,24
Şubat	2,47	2,54	2,75	2,82	2,91	2,94	2,94
Mart	3,75	4,56	3,90	4,79	3,88	4,69	4,81
Nisan	4,32	6,02	4,25	5,99	4,04	5,54	6,06
Mayıs	5,01	7,39	4,78	7,05	4,41	6,22	7,41
Haziran	5,37	8,04	5,05	7,50	4,61	6,45	8,10
Tem.	5,14	7,66	4,87	7,21	4,47	6,28	7,69
Ağustos	4,59	6,60	4,45	6,46	4,18	5,87	6,62
Eylül	3,95	5,04	4,02	5,19	3,93	4,98	5,20
Ekim	2,74	3,01	2,95	3,27	3,02	3,31	3,33
Kasım	1,71	1,71	1,95	1,95	2,11	2,11	2,11
Aralık	1,56	1,56	1,83	1,83	2,02	2,02	2,02
ORT.	3,53	4,66	3,57	4,68	3,49	4,39	4,88

Tablo 3.1’den aşağıdaki sonuçları çıkarabiliriz:

- Güneş takibi yapılmayan sabit durumda; 3,57 kWh/m² yıllık ortalama ısıma enerjisi elde edilmektedir.
- 1-eksende takip yapılırsa; 4,68 kWh/m² yıllık ortalama ısıma enerjisi
 - Elde edilmektedir. Bu, sabite göre $(4,68-3,57)/3,57 = \%31,1$ artış demektir.
 - 2-eksende takip yapılırsa; 4,88 kWh/m² yıllık ortalama ısıma enerjisi elde edilmektedir. Bu, sabite göre $(4,88-3,57)/3,57 = \%36,7$ artış demektir.

Tablo 3. 2 Avustralya -Melbourne şehrinde günlük güneş ışınlamı (kWh/m²)

Ay	Panel yere enlem–15° Açısıyla eğimli		Panel yere enlem açısı kadar eğimli		Panel yere enlem+15° Açısı kadar eğimli		2- Eksende Takip
	Sabit	1-eksenli takip	Sabit	1-eksenli takip	Sabit	1-eksenli takip	
Ocak	7,15	9,95	6,60	9,39	5,78	8,19	9,99
Şubat	6,37	8,63	6,07	8,44	5,51	7,68	8,65
Mart	3,96	5,38	3,94	5,53	3,74	5,30	5,54
Nisan	4,14	5,06	4,41	5,49	4,45	5,55	5,58
Mayıs	3,51	3,93	3,96	4,49	4,20	4,74	4,76
Haziran	3,13	3,32	3,65	3,90	3,96	4,22	4,27
Temmuz	3,31	3,61	3,80	4,19	4,08	4,48	4,51
Ağustos	3,72	4,37	4,05	4,85	4,17	4,99	4,99
Eylül	4,61	5,89	4,72	6,17	4,59	6,04	6,19
Ekim	5,36	7,27	5,18	7,22	4,77	6,68	7,32
Kasım	5,37	7,62	5,01	7,25	4,45	6,39	7,63
Aralık	5,93	8,45	5,45	7,88	4,77	6,78	8,51
ORT.	4,71	6,21	4,74	6,23	4,54	5,92	6,50

Tablo3.2’den aşağıdaki sonuçları çıkarabiliriz:

- Güneş takibi yapılmayan sabit durumda; 4,74 kWh/m² yıllık ortalama ısıma enerjisi elde edilmektedir.
- 1-eksende takip yapılırsa; 6,23 kWh/m² yıllık ortalama ısıma enerjisi elde edilmektedir. Bu, sabite göre $(6,23-4,74)/4,74 = \%31,4$ artış demektir.
- 2-eksende takip yapılırsa; 6,50 kWh/m² yıllık ortalama ısıma enerjisi elde edilmektedir. Bu, sabite göre $(6,50-4,74)/4,74 = \%37,1$ artış demektir. Her üç çizelgeden ayrıca aşağıdaki sonuçlara ulaşmak da mümkündür:

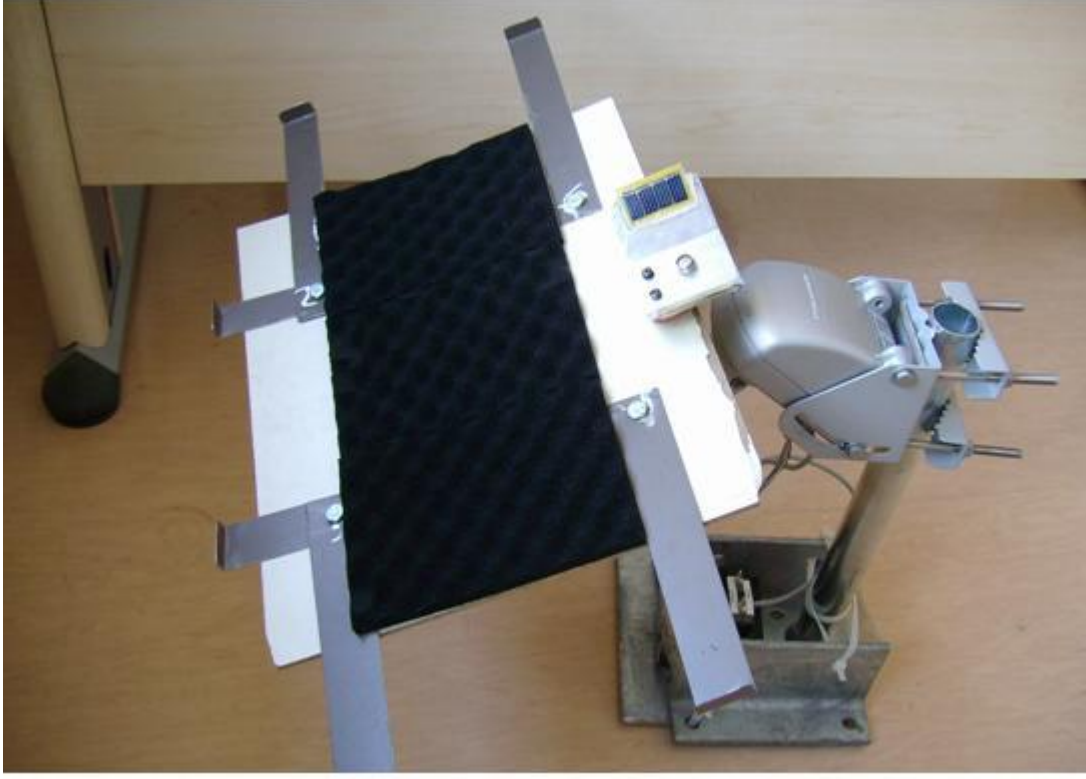
Yaz aylarında, panelin eğim açısı düşükken (enlem–15°) diğer iki duruma göre (enlem ve enlem+15°) daha çok enerji elde edilmektedir. Bunun sebebi açıktır yaz aylarında güneş ışınları daha dik açıyla geldiğinden panelin eğim açısı daha düşükken ışınlar panele daha dik gelmektedir. (Tabi Güney Yarım Kürede bulunan Melbourne şehri için durum tam tersi). Kış aylarında, panelin eğim açısı yüksekken (enlem+15°) diğer iki duruma göre (enlem ve enlem–15°) daha çok enerji elde edilmektedir. Bunun sebebi de gayet açıktır güneş ışınları kış aylarında daha eğimli açılarla geldiğinden panelin eğimi yüksekken ışınlar daha dik vurmaktadır. (Tabii güney yarım kürede bulunan Melbourne şehri için durum tam tersi).

Yıllık güneş ışınımının ortalaması dikkate alındığında panellerin yatayla yaptığı enlem, enlem-15 ve enlem+15 derecelik eğimler arasında en uygun olan eğim açısının enlem derecesine eşit olan durum olduğu görülecektir.

Sonuç olarak her çizelgenin altında çıkartılan verim hesaplamalarına dikkat edilirse görülecektir ki, güneş takibi yapılmayan sabit durumlarda elde edilen enerji Miktarlarına göre, 1-eksenli takip yapmak %31 civarında enerji kazancı sağlamaktadır. 2-eksenli takip yapmak %34-37 civarında enerji kazancı sağlamaktadır.



Sekil 3. 20. Gerçekleştirilen güneş takip sistemi.



Şekil 3. 21. Gerçekleştirilen örnek bir güneş takip sistemi

Şekil 3.20 ve şekil 3.21’de daha önce çalışma yapılan güneş takip sistemleri örnekleri görülmektedir.

4. MATERYAL VE YÖNTEM

4.1 Güneş Takip Sistemi

Sistemin Amacı: Yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş enerjisinden azami derecede faydalanabilmek amacıyla güneşi gün boyunca takip eden hareketli güneş kolektörü kontrol sistemi tasarlamak.

Güneş enerjisinden azami derecede faydalanabilmek amacıyla güneşi gün boyunca takip eden güneş kolektörünü kontrol edebilen bir denetim sistemi planlanmaktadır.

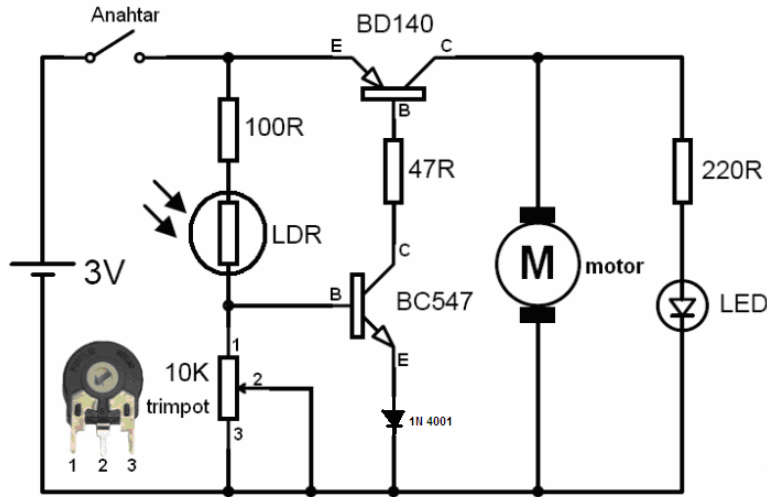
Bunun için güneş ışığı ile direnci değişen elektronik devre elemanı olan LDR (Light Dependent Resistors), anahtar olarak transistör, akımı ayarlama için sabit ve ayarlı direnç (trimpot) kullanılacaktır.

Güneş ışığının üzerine düşmesi ile direnci azalan LDR, üzerinden istenilen akımın geçmesiyle transistörün anahtar olarak çalışmasını sağlayacak. Transistörün çalışmasıyla motora enerji gider ve motor çalışır. Motorun dönmesi ile güneş kolektörünün yüzeyi güneşe dik konumda olacak şekilde yönelir. Motor olarak 3v dc elektrik motoru ve dönme hareketini yavaşlatacak dişli sistemi kullanılacak.

Bu amaçla istediğimiz özellikleri sağlayacak aşağıdaki devre delikli pertinaks yapılabilecek. Devre yapıldıktan sonra güneş kolektörüne motor mili bağlantısı ile monte edilecek. Güneşin doğmasıyla kolektörün yüzeyi güneşe dik konumda olacak şekilde yönelerek güneşin batımına kadar bu konumda güneşi takip edecek. Güneşin batma anında güneş kolektörünün anahtara teması ile motorun zıt yönde çalışması sağlanarak kolektör tekrar güneşin doğduğu yere dönecektir. Bu hareket her gün periyodik olarak tekrarlanacaktır. Böylece güneş ısılarının sürekli olarak panele dik gelmesi sağlanarak maksimum enerji elde edilecektir.

4.1.1. Çalışma Prensipleri

Güneş enerjisinden azami derecede faydalanabilmek amacıyla güneşi gün boyunca takip edecek ve kolektörü hareket ettirecek bir devre, var olan elektronik devreler taranarak değişiklikler yapıldı ve aşağıdaki devre tasarlandı. (Şekil 4.22)



Şekil 4.22. Elektronik devre şeması

Devremizde ışıkla direnci değişen elektronik devre elemanı olan LDR (Light Dependent Resistors) Foto direnç kullanıldı. Foto direnç ışığa duyarlı bir dirençtir. Üzerine düşen ışığın miktarına bağlı olarak direnci değişir. Bir foto direncin özelliklerini gösteren tablo aşağıda verilmiştir.

Devrede kullanılan iki transistörden biri BC 547 transistörü olup akımı açıp kapama işlevini görür. Diğeri BD 140 olup güç için kullanılmaktadır. Led'ler ışık vermesi, dirençler ise akım ve gerilimi uygun duruma getirmek için kullanılmıştır. Ayarlı direnç olarak trimpot takıldı (Bir tornavida ile direnç değeri değiştirilebilir). Projemizin bir âmâcıda atıl olabilecek malzemelerden ve çevre gözlemlerinden de çeşitli fikirler üretilerek kullanılabileceğine işaret etmektir. Bu bağlamda devrenin yapımı esnasında gerek duyulan malzemeler her öğrencinin çevresinden bulabileceği eski oyuncaklarının motoru ve dönme hareketini yavaşlatacak dişli sistemi kullanıldı. (Şekil 4.23).



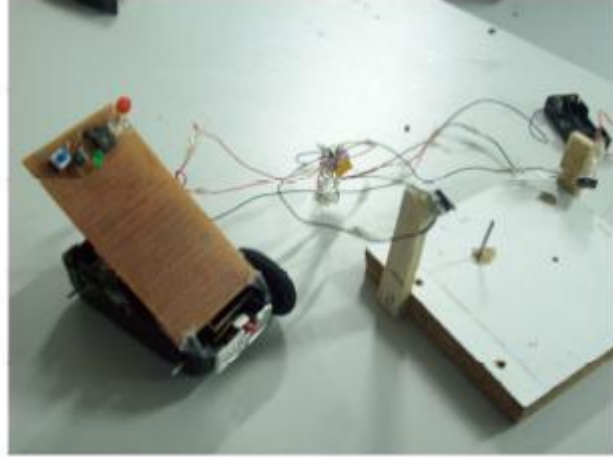
Şekil 4.23. Oyuncak araba dişlisi ve motoru

3V DC güç kaynağı ve kolektörü döndürmek içinde oyuncakların içinden çıkan 3V DC elektrik motoru kullanıldı.

Transistörün zarar görmemesi içinde 1N 4001 diyotu kullanıldı.(Yalnızca bir yönde akımı geçiren devre Kolektörün güneş battıktan sonra tekrar güneşin doğduğu yere otomatik olarak dönebilmesi için röle kullanıldı. (Röle düşük bir voltaj ve akım kullanarak daha yüksek bir voltaj ve akımı kontrol etmemizi sağlar. Elektrikle kumanda edilebilen bir anahtardır. Kilitleyen ve kilitsiz olan çeşitleri mevcuttur. Güneş ışınları LDR (foto direnç) üzerine geldiğinde LDR' nin iç direnci azalarak iletkenliği artar. BC 547 transistörünün bazına uygun gerilim gelir (0,6 - 0,7 V). Transistörün emiter-kolektör arası ilettime geçer. BD 140 transistöründen motoru çalıştıracak şekilde bir akım geçer. Dirençler devre elemanlarına uygun akım ve gerilim sağladığından motor çalışır.

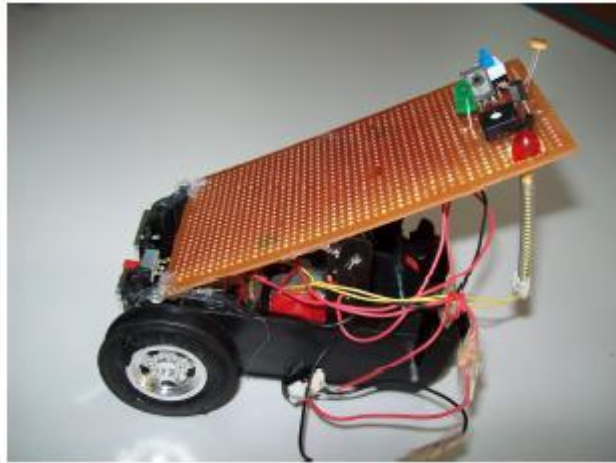
Kolektörü döndüren motorun harcadığı enerji kısa süreli kullanılmaktadır.

Burada kolektörün güneşi takip etmesinden dolayı fazladan kazanılan enerji, motoru hareket ettirmek için gereken enerjiden azdır. Motoru çalıştırmak için kullanılan enerji ayrıca güneş enerjisinden de sağlanabilir. Şekil 4.24 ve şekil 4.25'de Güneş takip sistemine sahip bir çalışmanın önden ve yandan görünüşü görülmektedir.



Şekil 4.24. Oyuncak araba güneş takip düzeneği önden görünüş

LDR güneşi gördüğü müddetçe motor çalışır. Güneş batıya doğru hareket ettiğinde motorda çalışacağından dolayı güneşle birlikte kolektörde hareket eder. Güneşin battığı anda anahtarlama yaparak geri dönüş motoru çalışarak (+,- ters bağlanarak) ertesi güne hazır olacak şekilde kolektör doğuda bekler. Devre delikli pertinakssa yapıldıktan sonra güneş kolektörüne bağlandı ve uygulamaya geçildi.



Şekil 4.25. Oyuncak araba güneş takip düzeneği yandan görünüş

Devrenin laboratuvar şartlarında çalıştığı gözlemlendi. Dışarıda yapılan denemede devamlı bir çalışma sergilediğinden güneşi takip etmediği görüldü. Bunun sebebi gündüz ışık çok yoğun ve her tarafta olduğundan güneşin ışığına odaklanabilmek için ayarlı

dirençle (trimpot) ayar yapıldı ve ldr'nin ucuna kılıf takıldı. Bu durumda güneş kolektörünün güneşle beraber hareket ettiği görüldü.



Şekil 4.26. oyuncak arabaya güneş kolektörü yerleştirilmesi

Güneşin battığı andaki konuma bir anahtar konuldu. Anahtara ek güç kaynağı bağlanarak ters yönde çalıştırıldı. Ters akımın zarar vermemesi için transistöre diot takıldı. fakat anahtarlama ile motorun çalışmasının çok kısa sürdüğü görüldü. Böylece kolektör tekrar güneşin doğduğu yere gelemedi. Bunu engellemek içinde kolektör batıya geldiğinde anahtara değdiğinde kilitli röleye enerji gelerek motorun doğuya tekrar gidinceye kadar çalışması sağlandı. Doğuya geldiğinde başka bir anahtarla devre normal çalışma durumuna geçirildi.

Bu çalışmadan şu sonuçlar çıkarıldı:

Tasarımımızda bulunan röle ve motor yüksek gerilime göre seçildiğinde tasarım direk evlerde kullanılan güneş kolektörlerine uyarlanabilir. Tasarım aynı zamanda güneşten elektrik enerjisi elde edilen sistemlerde de kullanılabilir.

Güneş enerjisi hem bol, hem sürekli ve yenilenebilir hem de bedava bir enerji kaynağıdır. Ülkemizde güneş enerjisi yaygın olarak evlerin sıcak su gereksiniminin karşılanmasında kullanılmaktadır. 18 milyon konut içinde yalnızca 3,5 - 4 milyon konutta güneş enerjili sıcak su sistemi bulunduğu gözlemlenmiştir. Bu sistemlerin ülkemize enerji getirisi yaklaşık olarak 500-600 milyon dolardır.

4.2. Örnek Bir Güneş Takip Sistemine Sahip Maliyet Analizi

Bir işletmenin (firmanın) üretime başlamak ve sonra devam ettirmek için yaptığı ve yapacağı çeşitli harcamalara, genel olarak ‘maliyet’ adi verilir. Üretim sonrasında satılan mallardan elde edilen kazanca ‘hâsılat’, bu kazançtan maliyetlerin çıkarılmasıyla bulunacak miktara da, bilindiği gibi, ‘kar’ denilmektedir. Her üç kavram da belirli bir t1-t2 zaman dilimi için geçerlidir.

Maliyet; bir varlığın elde edilmesi amacıyla yapılan harcama veya katlanılan özverinin toplamıdır. Her harcama maliyet kapsamına girmeyebilir. Üretim araçlarının fiyatları, çalışanların ücretleri, ham madde, yarı mamul ve malzeme fiyatları, kredi (borçlanma) faizler, vb. bir işletmenin beli başlı maliyetlerini oluşturur.

4.2.1 Güneş Takip Sisteminin Maliyet Analizi

Maliyet analizi bir işletmenin yapacağı iş sonunca kar-zarar durumunu ortaya koyduğu gibi şirketin kar-zarar durumunu oransal olarak sayısal sonuç verir. Çalışmamızda aynı güce sahip güneş takip sistemi ve sabit bir sistemin maliyet analizlerini yapıp avantajlı olan sistemi seçmektir. İlk göze çarpan durum güneş takip sisteminde sistemin hareketini sağlayan ve hareket sisteminin kontrolünü sağlayan kontrol devrelerinin ekstra bir maliyet ortaya çıkarmasıdır. Bunun yanında güneş takip sisteminin sürekli güneşe dik bir konumda olacağı için günün her anı için maksimum güç alacağıdır [36]. Güneş takip sistemini üreteceği güç kuskusuz sabit güneş panelinin üreteceği güç daha fazladır. Buradan su sonuçlar ortaya çıkıyor;

Güneş takip sistemi maliyeti > Sabit güneş sistemi maliyeti

Güneş takip sisteminin ürettiği güç > Sabit sisteminin üreteceği güç

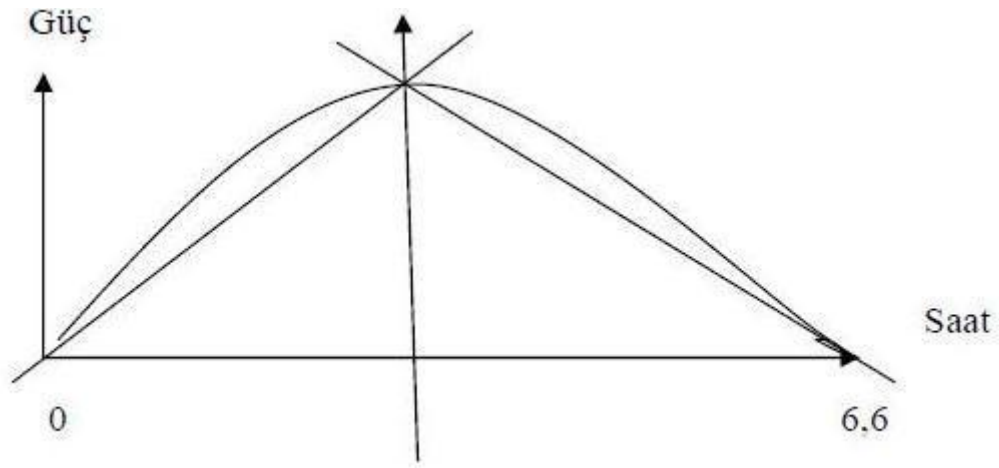
Bir işletme mühendisi yatırım yapacağı zaman maliyetin düşük elde edeceği karın maksimum olmasını ister her zaman. Bizde güneş takip sistemini tasarlarken maliyetinin mümkün oldukça düşük, güneş panelinden alacağımız gücün de mümkün oldukça yüksek olmasını sağlamaya çalıştık.

Tüketici kendi talebi doğrultusunda güneş takip sisteminin gücünü farklı isteye bilir. Bu durumu düşünerek güneş takip sistemi maliyet programı yaptık. C# da

hazırladığımız güneş takip sistemi maliyet programı maliyeti doğrudan etkileyecek tüm verileri hesaba katarak herkesin kullanabileceği kolay bir program oluşturulmuştur.

4.2.1.1 Sabit Güneş Sistemi Maliyet Analizi

Sabit güneş sistemi sadece gün ortasında da 5W'lık enerji üretebilir. Gün doğumundan gün ortasına kadar ve gün ortasından gün batımına kadar sabit güneş sistemini üreteceği enerji lineer bir şekilde artar.



Şekil 4.27. Sabit panelin yıllık ortalama enerjisi

Üçgenin alanını hesaplırsak;

$$P = [5 \times 6,6] / 2 = 16,5 \text{ (Wh/gün)}$$

Grafikte almadığımız alan için üretilen gücün %10'u ekliyoruz.

$$P = 16,5 + 16,5 \times 0,1 = 18,15 \text{ (Wh/gün)}$$

Bir yıl 365 gün olduğundan dolayı;

$$\text{Toplam güç} = 18,15 \times 365 = 6624,75 \text{ (Wh) güç elde edilir.}$$

29.05.2010 tarihi elektriğin birim fiyatı **0,23 TL/kWh** (KDV dâhil) olarak belirlenmiştir.

$$\text{Elde edilecek bir yıllık ortalama gelir} = 6624,75 \times 10^{-3} \times 0,23 = \mathbf{1.524 \text{ TL}}$$

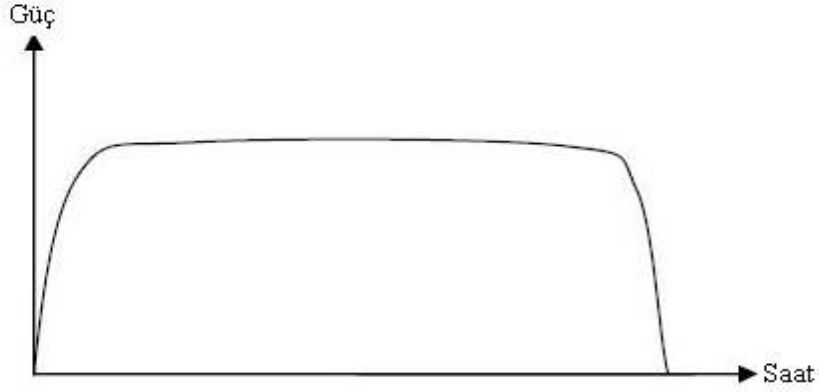
Tablo 4.3 Sabit güneş sisteminin maliyeti

ELEMAN	BİRİM FİYAT	ADET	TUTAR
Panel (5W	40 TL	1	40 TL
Metal Kasknak (50cm)	2 TL	1	2 TL
Akü (12V 1.3Ah)	10 TL	1	10 TL
Bağlantı Kabloları	10 TL	1	10 TL
Kutu	5 TL	1	5 TL
İşçilik ve diğer giderler	20 TL	1	20 TL
Toplam	82 TL		

Yapılan analiz sonucunda sabit güneş sistemi 82 TL maliyetle bir yılda 1.524 TL gelir elde edilir.

4.2.1.2. Güneş Takip Sistemi Maliyet Analizi

Güneş takip sistemi güneşin doğması ve batması esnasında güneşten gelen ışık seviyesinin azalması nedeniyle üreteceği enerjide artma ve azalma meydana gelir [37]. ancak günün büyük bir bölümünde maksimum enerji üretir.



Şekil 4.28. Güneş takip sisteminin yıllık ortalama enerjisi

Güneş takip sisteminin bir günlük ortalama enerjisi;

$$\text{Panel gücü} = 5 \times 6,6 = 33 \text{ (Wh/gün)}$$

Grafikte fazladan aldığımız alan için üretilen gücün %10'u çıkarıyoruz.

$$P = 33 - 33 \times 0,1 = 29,7 \text{ (Wh/gün)}$$

$$\text{Bir yıllık ortalama güç} = 29,7 \times 365 = 10840 \text{ (Wh)}$$

$$\text{Bir yıllık ortalama gelir} = 10840 \times 10^{-3} \times 0,23 = \mathbf{2.493 \text{ TL}}$$

Tablo 4.4 Güneş takip sisteminin maliyeti

ELEMAN	BİRİM FİYAT	ADET	TUTAR
Redüktörlü motor	15 TL	2	30 TL
Panel (5W)	40 TL	1	40 TL
Rulman	5 TL	3	15 TL
Metal Kasknak (50cm)	1 TL	1	1 TL
Triger Dişlisi	5 TL	2	10 TL
Kayış (40cm)	6 TL	1	6 TL
Akü (12V 1.3Ah)	10 TL	1	10 TL
Elektronik Malzemeler	1.75 TL	2	3.5 TL
Bakır Plaka (5x7cm ²)	1.5 TL	2	3 TL
Bağlantı Kabloları	5 TL	1	5 TL
Kutu	5 TL	1	5 TL
İşçilik ve diğer giderler	30 TL	1	30 TL
Toplam	158.5 TL		

Yapılan analiz sonucunda güneş takip sistemi 158,5 TL maliyetle bir yılda 2.493 TL gelir elde edilir.

4.2.1.3. İki Sistemin Karşılaştırması

Yapılan analizler sonucunda güneş takip sisteminin verimi daha yüksektir, bunun yanında maliyeti de yüksektir.

Maliyet $[(158,5-82)/82]*100=\%98$ artmıştır.

Öte yandan $[(10840-6624,75)/10840]*100=\%38,88$ 'lik bir verim artışı sağlanmıştır.

Yapılan analizler ortalama sonuçlar vermektedir.

4.3. Deneylerin Düzenlenmesi

Batman ili koşullarında standart düzlemsel güneş kolektörünün sabit ve hareketli olarak verimleri günlük deneysel olarak incelendi. Sabit güneş kolektörü sistemi ile hareketli güneş enerjisi sistemi arasındaki verim farkı incelenecektir. Deneyde sabit ve hareketli kolektör için pompalı sistem kullanılacaktır.

4.3.1. Deney Adımları

Deneyler Batman İli koşullarında Mayıs ayında yapılan incelemede, toplam radyasyon şiddetinin 630 W / m^2 değerinin üzerinde ve rüzgar hızının 5.4 m / sn değerinin altında olduğu tespit edildi.

Deney ölçümleri 08.00 ile 18.00 arası alındı. Ölçümler saat başı değerlerdir.

4.3.2. Ölçümlerin Yapılışı

Aşağıda denenecek güneş enerjisi kolektörü, ölçülecek değerler için her gün ve belirli periyotlarda ayrı ayrı alınmıştır. Ölçümler alınmadan önce depo suyu sıcaklığı belirli seviyeye getirilmiştir. Sistem saat 08:00'de başlatılmıştır.

4.3.3. Çevre Rüzgâr Hızının Saptanması

Deney tesisatının ortamında rüzgâr hızı Devlet Meteoroloji İşleri Batman ili otomatik ölçüm alma istasyonu verileri kullanılmıştır. Veriler güneş enerjisi standının kurulduğu yerle aynı yerde olmadığı için sağlıklı değildir. Veriler içinde yüksek olan değerler ölçüm istasyonun şehir dışında bir yerde olmasından kaynaklanmaktadır.

4.3.4. Yatay Yüzeye Gelen Işınım Şiddetinin Saptanması

Araştırmada güneş enerjisi ışıınım değerleri Devlet Meteoroloji İşleri Batman ili otomatik ölçüm alma istasyonu verileri kullanılmıştır.

Güneşleme süresi, herhangi bir yerin güneş radyasyonunu doğrudan doğruya aldığı, yani güneşin doğuşundan batışına kadar geçen süredir. Güneşleme süresi coğrafi enleme göre de değişir. Güneşleme süresinin en fazla olduğu yerler kutuplar olup, bu süre ekvatora gittikçe azalır [38].

Bir güneş panellin çıkış gücü, panele düşen ışığın miktarına bağlıdır [33,39]. Güneş ışınlamından faydalanan sistemin güneş ışığını sürekli alabilmesi için çevrenin açık olması, gölgelenmemesi gerekir [6].

Güneş ışınlamının bu bölümüne difüz güneş ışınlamı, doğrudan yeryüzüne ulaşan kısmına da güneş ışınlamı denir. Çeşitli gök durumları için toplam ışınlam miktarı ve yaygın ışınlam oranları tablo 4. 5’de verilmiştir [9].

Tablo 4.5 Çeşitli gök durumları için ışınlam oranları

	Açık gök	Puslu gök	Tam kapalı gök
Toplam ışınlam	600-1000 W/m ²	200-400 W/m ²	50-150 W/m ²
Yaygın ışınlam	%10- %20	%20- %80	%80- %100

4.3.5. Kütlesel Debinin Saptanması

Mekanik sıcak su sayacından alınan hacimsel debi $\dot{V}$ (m³/sn) değeri ve aynı anda ısı taşıyıcı akışkan (deneyde su kullanıldı) sıcaklığı verilmiş Tablo 4.6’da okunup ve aynı tabloda verilmiş bu sıcaklığa karşılık gelen sıvı yoğunluğu ρ_s bulunup aşağıdaki eşitlikte yerine koyularak hesaplanır.

$$\dot{m} = \dot{V} \cdot \rho_s \quad (4.1)$$

$\dot{m}$: Kütlesel debi (kg/sn),

$\dot{V}$: hacimsel debi (m³/sn)

ρ_s :suyun özgül ağırlığı (kg/ m³)

Tablo 4.6. Suyun fiziksel özellikleri

Sıcaklıklar (°C)	Özgül Isı C_p (kJ/kg.°K)	Özgül Ağırlık ρ_s (kg/m ³)
0	1000	4,220
20	998	4,183
40	992	4,178
60	983	4,191
80	972	4,199
100	958	4,216

4.3.6. Düzlemsel Güneş Enerjisi Kolektörü Yüzeyinden Sağlanan Faydalı Isı

Düzlemsel güneş enerjisi kolektörü yüzeyinden sağlanan faydalı ısı suyun, kolektör girişinden çıkışına dolaşmaya kadar kazandığı enerji miktarıdır. Faydalı ısının hesaplanmasında aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$\theta_f = \dot{m} \cdot C_p \cdot (T_{kç} - T_{kg}) \quad (4.2)$$

$\dot{m}$: Kütlesel debi (kg/sn),

C_p : sabit basınçta özgül ısı (kJ/kg.°K),

$T_{kç}$: Kolektör çıkış sıcaklığı (°C),

T_{kg} : Kolektör giriş sıcaklığı (°C),

4.3.7 Adım (Periyod) Süresi Boyunca Işınım Şiddetinin Saptanması

Devlet Meteoroloji işleri Batman ili otomatik ölçüm alma istasyonu verileri kullanılmıştır.

4.3.8. Verim Değerlerinin Saptanması

Adım verim değerinin saptanması; Bir güneş enerjisi kolektörünün adım verim değeri, kolektörün birim alanından birim zamanda elde edilen yararlı ısının θ_f (W/m²)

kolektörün efektif (etkin) yüzeyine düşen ışı nım şiddeti θ_{sol} 'a oran ıdır ve % olarak a şağıda verilen formülle hesaplanmaktadır.

$$\mu_a = \frac{\theta_f}{\theta_{sol}} = \frac{m.c_p.(t_{kç} - t_{kg})}{E_s.F_k} \quad (4.3)$$

Günlük ortalama verim değ erinin saptanması:

Günlük ortalama verim, her adım için hesaplanan anlık verim değ erlerinin adım sayısına bölünmesi ile bulunur. Yani hesaplanarak bulunan adım verim değ erlerinin toplamının hesaplanan adım sayısına (na) oran ıdır.

$$\mu_o = \frac{\mu_1 + \mu_2 + ... + \mu_{na}}{na} \quad (4.4)$$

μ_a :Anlık verim

θ_f :Düzlemsel kolektörden sağ lanan yararlı ısı (W/m²)

θ_{sol} :Düzlemsel güneş enerjisi toplayıcısının efektif alanından sağ lanan ısı enerjisi (W/m²)

E_s :Bir periyot süresince ölç ülen ışı nım şiddeti (W/m²)

F_k :Düzlemsel toplayıcının efektif alanı (m²)

μ_o :Günlük ortalama (optik verim) verim

na :Adım sayısı

4.4. Deneyin Aşamaları

Kurulan hareketli güneş enerjisi sisteminde iki ayrı deney uygulanmıştır.

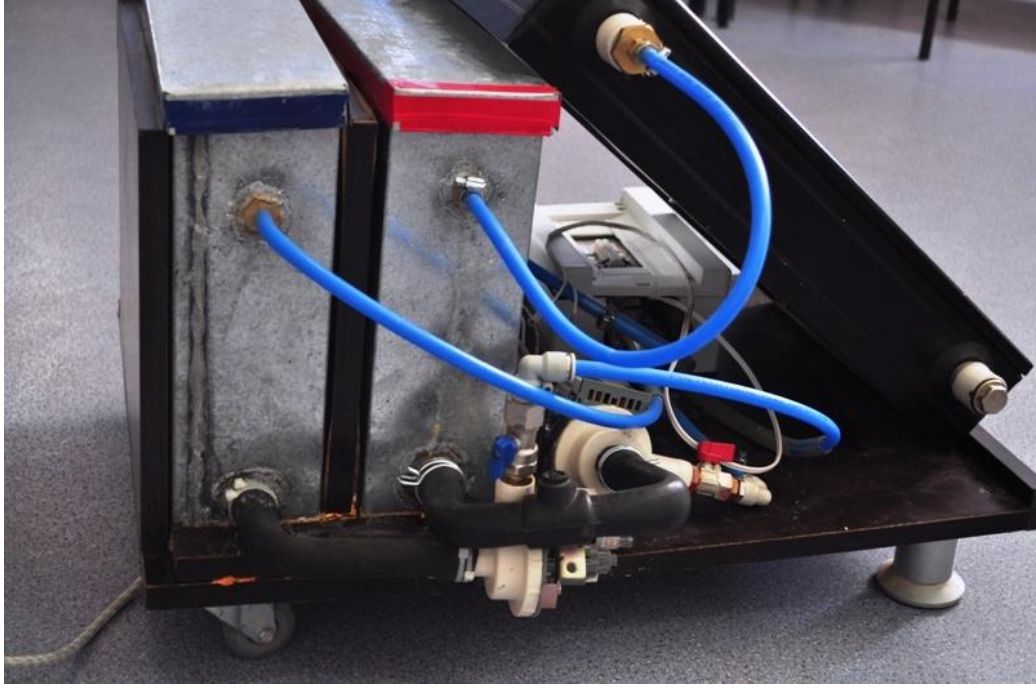
1. Sabit Güneş Enerjisi Sistemine (Pompa Bağlantılı) Uygulanan Deney.
2. Hareketli Güneş Enerjisi Sistemine (Pompa Bağlantılı) Uygulanan Deney.

Yapılan iki ayrı deneyde aynı sistemde uygulandı. Sistemde veriler farklı çıkmaması için parça ekleme ve çıkarma işlemi mümkün oluncaya kadar değiştirilmedi.

Deney hareketli olarak uygulandığı zaman düzlemsel kolektörün hareketi her saat başı güneş doğrultusuna getirildi. Şekil 4.29'de güneş enerjisinin önden görünüşü, şekil 4.30'de düzeneğin yandan görünüşü görülmektedir.



Şekil 4.29. Hareketli ve sabit düzlemsel kolektör önden görünüş



Şekil 4.30. Hareketli ve sabit düzlemsel kolektör yandan görünüş

4.5. Deney Verileri

Tablo 4.7. Düzlemsel sabit güneş kolektörü günlük verim araştırması

Deneyin yapıldığı tarih		18/05/2012		5.6. Düzlemsel sabit güneş kolektörü günlük verim araştırması			Kolektör boyutu (cm ³)	74×54×10	
Deneyin yapıldığı yer		Batman					Kolektörün faydalı alanı (m ²)	0,35	
Sıra no	Ölçüm zamanı	Çevre sıcaklığı (°C)	Rüzgar hızı (m/sn)	Şebeke su sıcaklığı (°C)	Kolektör giriş sıcaklığı (°C)	Kolektör çıkış sıcaklığı (°C)	Güneş ışınlımı (W/m ²)	Anlık verimi	Günlük verim
1	08:00-09:00	20,0	0	18,3	27,8	28,5	740	0,3939	0,47
2	09:00-10:00	22,5	1,3	18,5	30,0	30,8	790	0,4217	
3	10:00-11:00	24,4	1,1	19,2	34,9	35,8	781	0,4799	
4	11:00-12:00	26,5	1,5	19,3	41,5	42,6	785	0,5835	
5	12:00-13:00	27,25	3,9	19,5	45,0	46,3	810	0,6684	
6	13:00-14:00	28,05	2,8	20,1	52,5	53,7	770	0,7572	
7	14:00-15:00	28,55	1,6	21,2	57,9	58,6	658	0,4430	
8	15:00-16:00	27,45	1,8	21,5	60,3	60,9	675	0,3701	
9	16:00-17:00	26,4	3,0	21,9	62,1	62,7	665	0,3757	
10	17:00-18.00	25,05	2,7	22,3	54,9	55,3	660	0,2524	

İşletme şartlarına bağlı suyun yoğunluğu:995 (kg/m³)

İşletme şartlarına bağlı suyun özgül ısı:4,185 (kj/kg.°K)

İşletme şartlarına bağlı suyun hacimsel debisi:0,035(m³/sn)

İşletme şartlarına bağlı suyun kütleli debisi:34,83 (kg/sn)

Tablo 4.8. Güneş takip sistemine sahip düzlemsel kolektörlerin günlük performansını deneysel olarak araştırılması

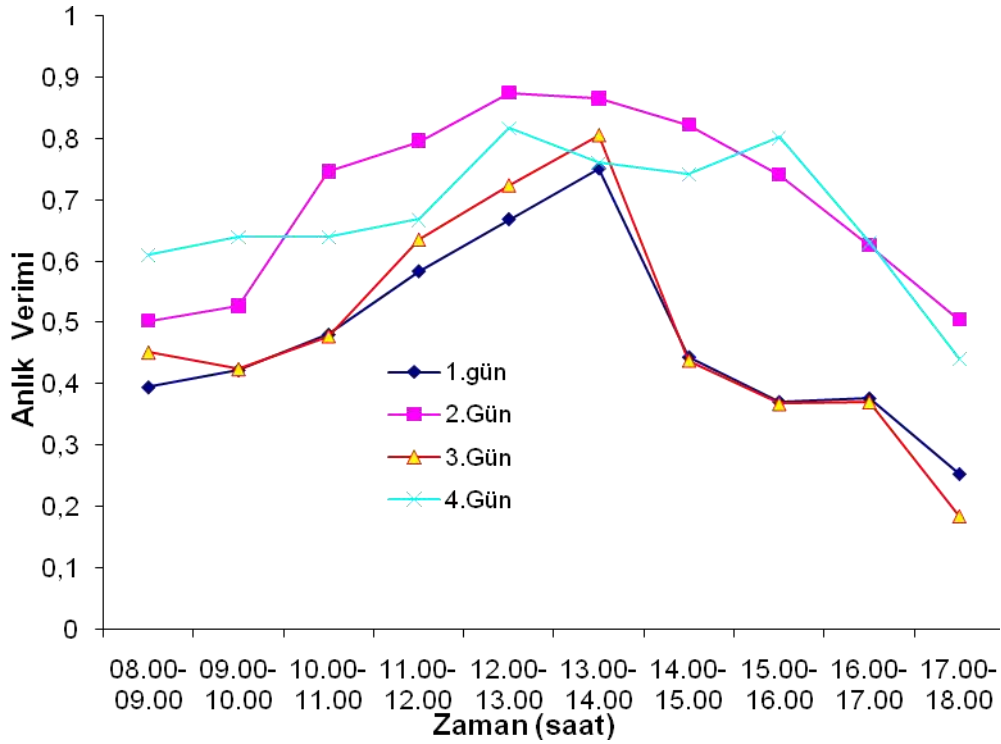
Deneyin yapıldığı tarih		20/05/2012		5.7. Güneş sistemine sahip düzlemsel kolektörlerin günlük performansını deneysel olarak Araştırılması			Kolektör boyutu (cm ³)	74×54×10	
Deneyin yapıldığı yer		Batman					Kolektörün faydalı alanı (m ²)	0,35	
Sıra no	Ölçüm zamanı	Çevre sıcaklığı (°C)	Rüzgar hızı (m/sn)	Şebeke su sıcaklığı (°C)	Kolektör giriş sıcaklığı (°C)	Kolektör çıkış sıcaklığı (°C)	Güneş ışınlamı (W/m ²)	Anlık verimi	Günlük verim
1	08:00-09:00	19,3	1,7	18,2	32,3	33,2	745	0,5031	0,70
2	09:00-10:00	22,25	1,5	18,4	34,2	35,2	790	0,5271	
3	10:00-11:00	25,25	0,6	19,2	37,5	38,9	781	0,7465	
4	11:00-12:00	27,25	2,3	19,4	42,5	44,0	785	0,7958	
5	12:00-13:00	28,25	4,0	19,5	50,5	52,2	810	0,8741	
6	13:00-14:00	28,7	3,1	20,2	55,1	56,7	770	0,8653	
7	14:00-15:00	29,7	3,4	21,0	59,5	60,8	658	0,8228	
8	15:00-16:00	30,15	3,5	21,5	60,1	61,3	675	0,7403	
9	16:00-17:00	29,55	2,5	21,4	61,7	62,7	665	0,6262	
10	17:00-18:00	28,6	1,1	21,6	57,8	58,6	660	0,5048	

Tablo 4.9. Düzlemsel sabit güneş kolektörü günlük verim araştırması

Deneyin yapıldığı tarih		23/05/2012		5.8. Düzlemsel sabit güneş kolektörü günlük verim araştırması			Kolektör boyutu (cm ³)	74×54×10	
Deneyin yapıldığı yer		Batman					Kolektörün faydalı alanı (m ²)	0,35	
Sıra no	Ölçüm zamanı	Çevre sıcaklığı (°C)	Rüzgar hızı (m/sn)	Şebeke su sıcaklığı (°C)	Kolektör giriş sıcaklığı (°C)	Kolektör çıkış sıcaklığı (°C)	Güneş ışıınımı (W/m ²)	Anlık verimi	Günlük verim
1	08:00-09:00	20,04	0,88	18,06	27,5	28,3	738	0,4514	0,49
2	09:00-10:00	22,65	0,99	18,3	30,2	31,0	785	0,4244	
3	10:00-11:00	24,0	1,5	19,5	34,6	35,5	784	0,4781	
4	11:00-12:00	25,5	1,5	19,2	41,7	42,9	785	0,6356	
5	12:00-13:00	26,6	1,1	19,3	45,3	46,7	805	0,7242	
6	13:00-14:00	27,6	2,2	20,4	52,7	54,2	775	0,8060	
7	14:00-15:00	28,05	5,3	21,5	57,4	58,1	665	0,4383	
8	15:00-16:00	27,85	2,9	21,7	59,7	60,3	680	0,3674	
9	16:00-17:00	27,25	2,3	21,95	61,5	62,1	675	0,3702	
10	17:00-18:00	26,2	2,1	22,1	55,4	55,7	670	0,1841	

Tablo 4.10. Güneş takip sistemine sahip düzlemsel kolektörlerin günlük performansını deneysel olarak araştırılması

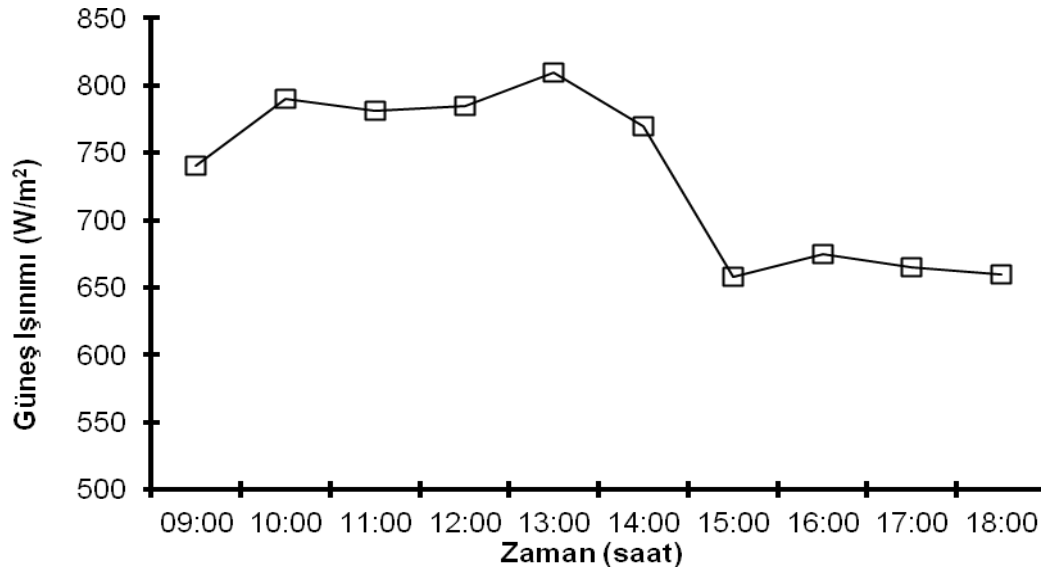
Deneyin yapıldığı tarih		27/05/2012		5.9. Güneş sistemine sahip düzlemsel kolektörlerin günlük performansını deneysel olarak Araştırılması			Kolektör boyutu (cm ³)	74×54×10	
Deneyin yapıldığı yer		Batman					Kolektörün faydalı alanı (m ²)	0,35	
Sıra no	Ölçüm zamanı	Çevre sıcaklığı (°C)	Rüzgar hızı (m/sn)	Şebeke su sıcaklığı (°C)	Kolektör giriş sıcaklığı (°C)	Kolektör çıkış sıcaklığı (°C)	Güneş ışıınımı (W/m ²)	Anlık verimi	Günlük verim
1	08:00-09:00	20,05	1,3	19,2	33,1	34,2	750	0,6108	0,68
2	09:00-10:00	21,95	1,5	19,3	34,9	36,1	780	0,6407	
3	10:00-11:00	23,1	1,7	20,0	37,3	38,5	780	0,6407	
4	11:00-12:00	24,65	1,9	20,1	42,6	43,9	795	0,6684	
5	12:00-13:00	26,15	2,1	20,3	50,3	51,9	815	0,8176	
6	13:00-14:00	27,75	2,2	20,5	54,9	56,3	765	0,7621	
7	14:00-15:00	28,6	2,3	20,8	58,5	59,7	673	0,7425	
8	15:00-16:00	28,2	1,9	21,0	60,3	61,6	675	0,8020	
9	16:00-17:00	26,85	1,7	21,2	61,9	62,9	660	0,6310	
10	17:00-18:00	24,75	1,1	21,6	57,7	58,4	660	0,4417	



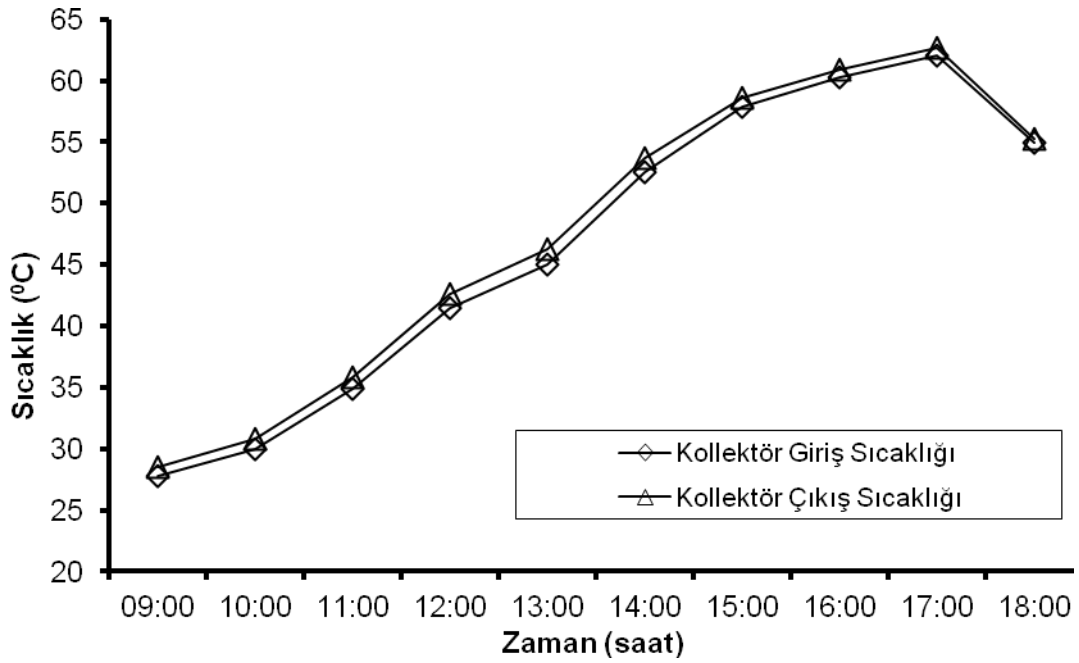
Şekil 4.31 Deneyin tüm yapılan günlere ait anlık verim verileri

Şekil 4.31’ de aralıklarla hem sabit hem de hareketli kolektörde elde edilen adım verimleri saat başı tespit edilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi sabit kolektörde adım verimi öğle vakitlerinde maksimuma ulaşırken hareketli kolektörde ise öğle vakti ile diğer zamanlarına adım verimi çok belirgin bir değişiklik olmamaktadır. Hem sabit hem de hareketli kolektörlerde öğle vakti adım verimleri birbirine yakın değerdedir.

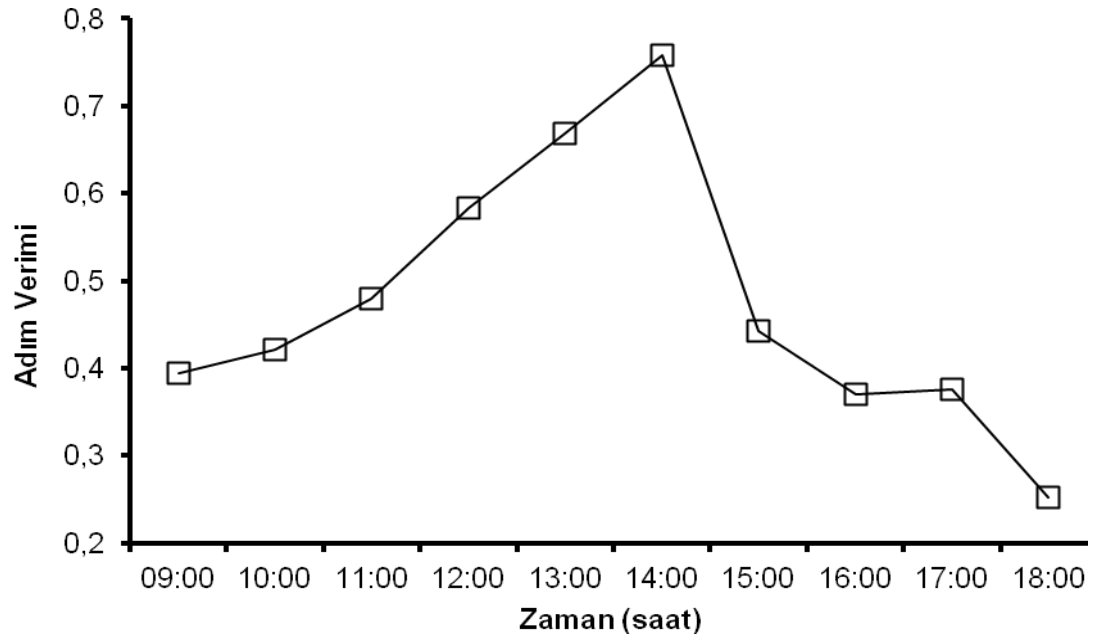
Sebebi ise güneşin düzlemsel kolektöre 90°C yakın açıyla gelmesinden kaynaklanmaktadır. Adım verimlerinin saat başı aynı değerler çıkmamasının nedeni aynı saate güneş ışıınımı, çevre Sıcaklığı ve şebeke suyunun sıcaklığı aynı değerlerde olmamasıdır. Şekilde görüldüğü gibi hareketli düzlemsel kolektörü sabit düzlemsel kolektöre göre daha verimlidir. Şekil 4.32, şekil 4.35, şekil 4.38 ve şekil 4.41’de günlük saat başı güneş ışıınım değerleri yer almaktadır. Şekil 4.33, şekil 4.36, şekil 4.39 ve şekil 4.42’de günlük saat başı suyun kolektöre giriş ve çıkış sıcaklıkları yer almaktadır. Şekil 4.34, şekil 4.37, şekil 4.40 ve şekil 4.43’ de ise günlük saat başı anlık verimi bulunmaktadır.



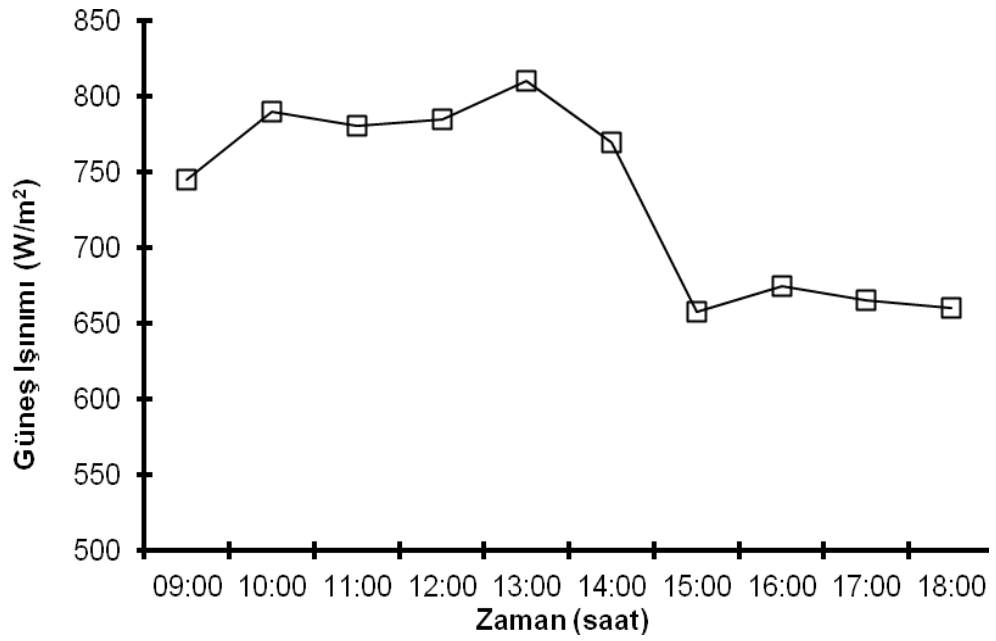
Şekil 4.32. 18/05/2012 tarihine ait sabit düzlemsel kolektörüne ait güneş ışınlımı değerleri



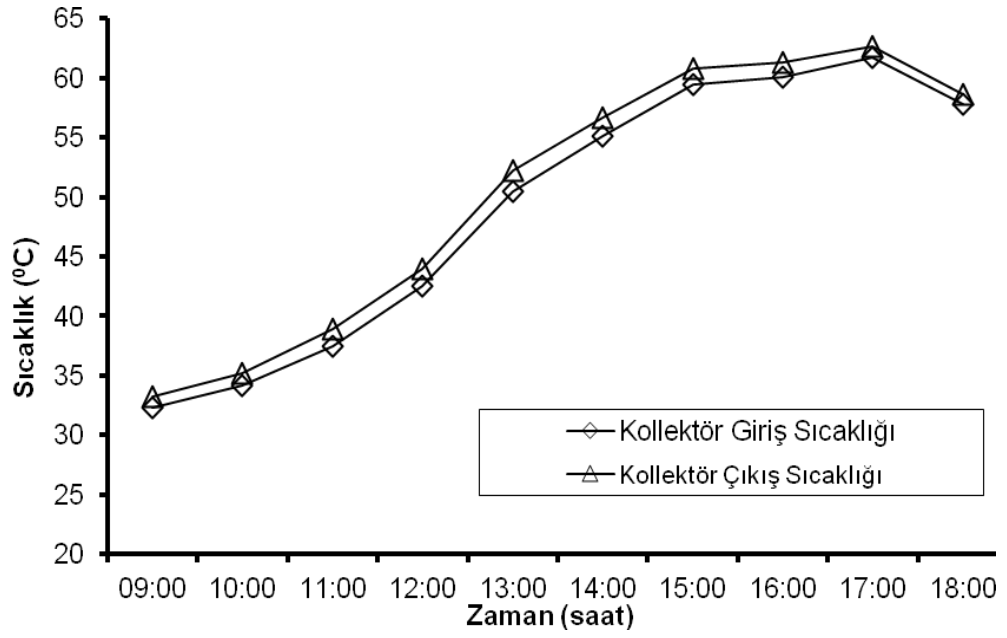
Şekil 4.33. 18/05/2012 tarihine ait sabit düzlemsel kolektörüne giriş sıcaklığı ve çıkış sıcaklığı karşılaştırılması



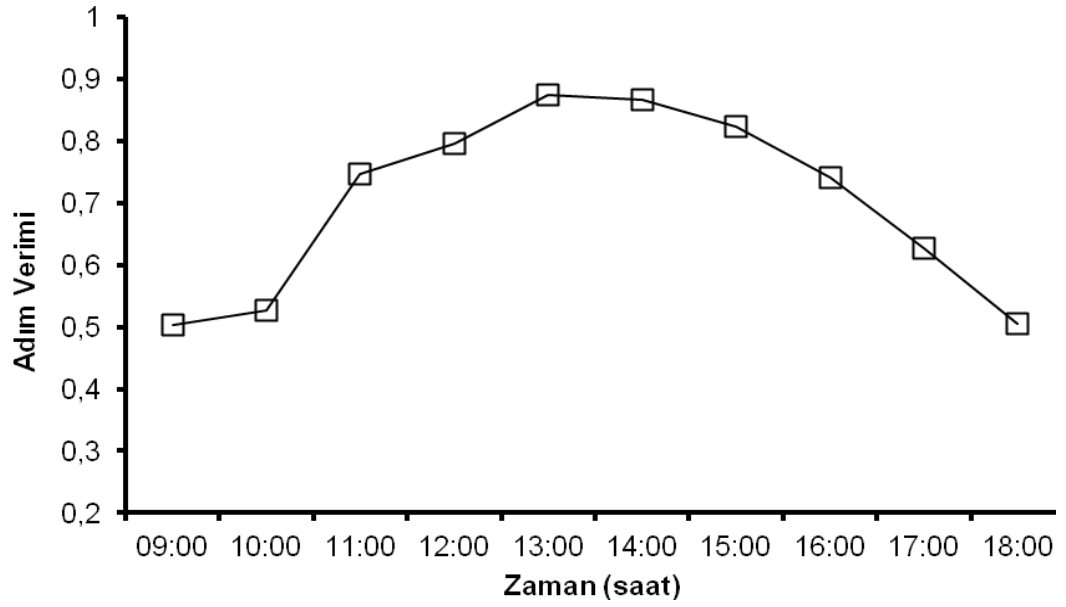
Şekil 4.34. 18/05/2012 tarihine ait sabit düzlemsel kolektörüne ait anlık verimi



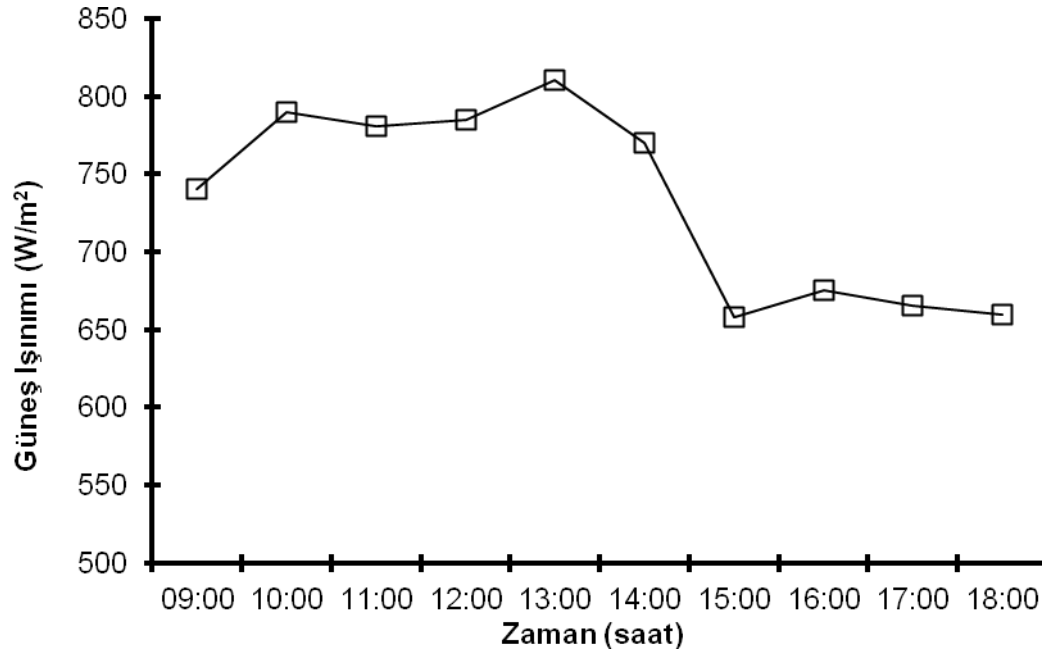
Şekil 4.35. 20/05/2012 tarihine ait hareketli düzlemsel kolektörüne ait güneş ışıınımlı değerleri



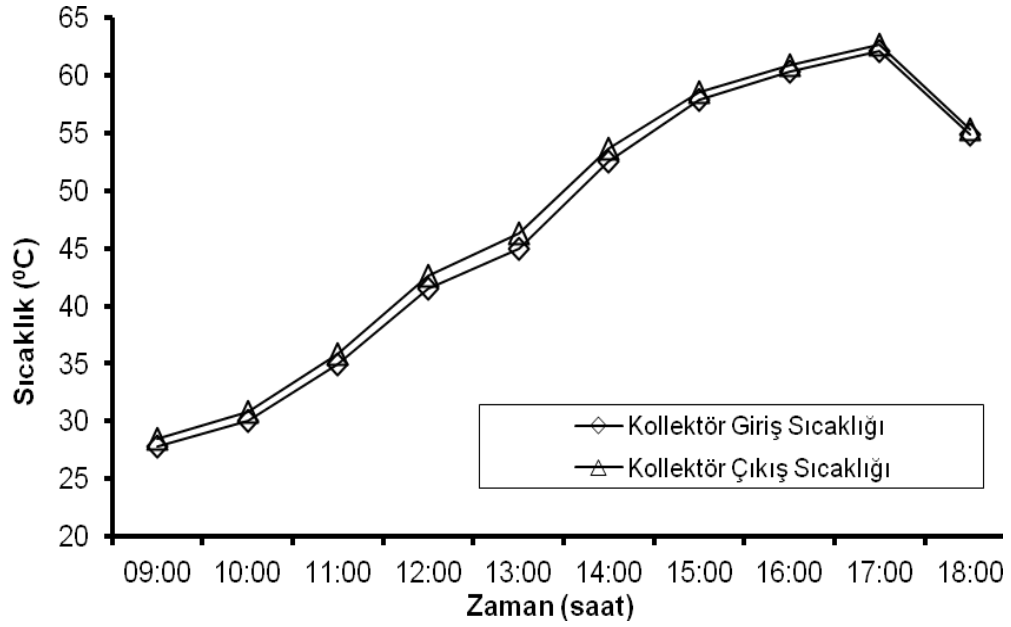
Şekil 4.36. 20/05/2012 tarihine ait hareketli düzlemsel kolektörüne ait giriş sıcaklığı ve çıkış sıcaklığı karşılaştırılması



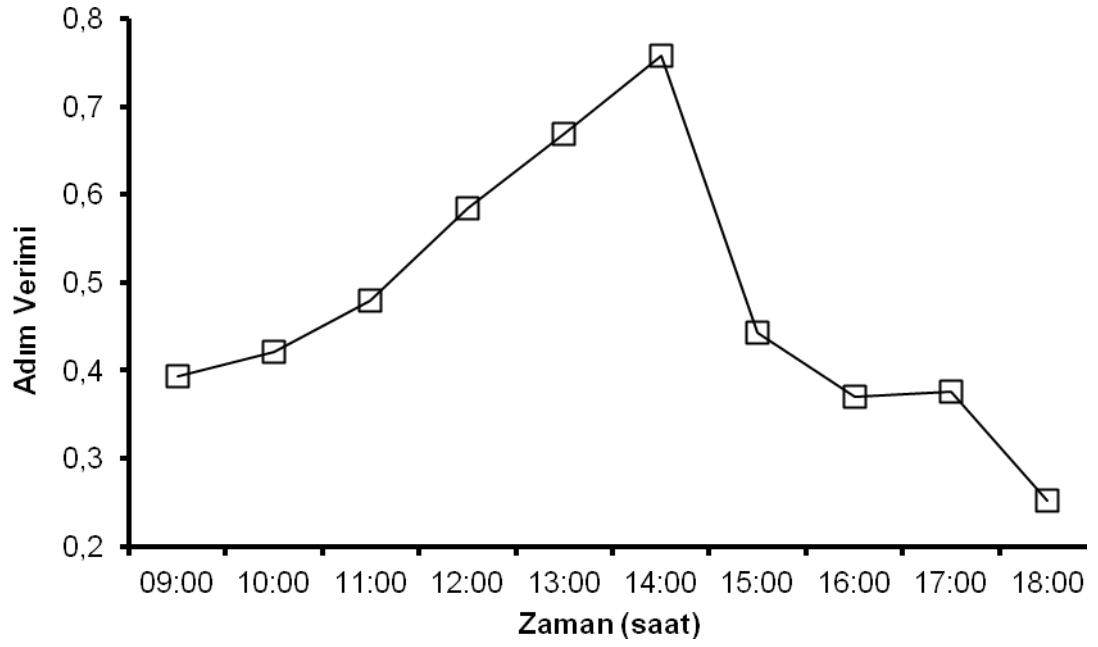
Şekil 4.37. 20/05/2012 tarihine ait hareketli düzlemsel kolektörüne ait anlık verimi



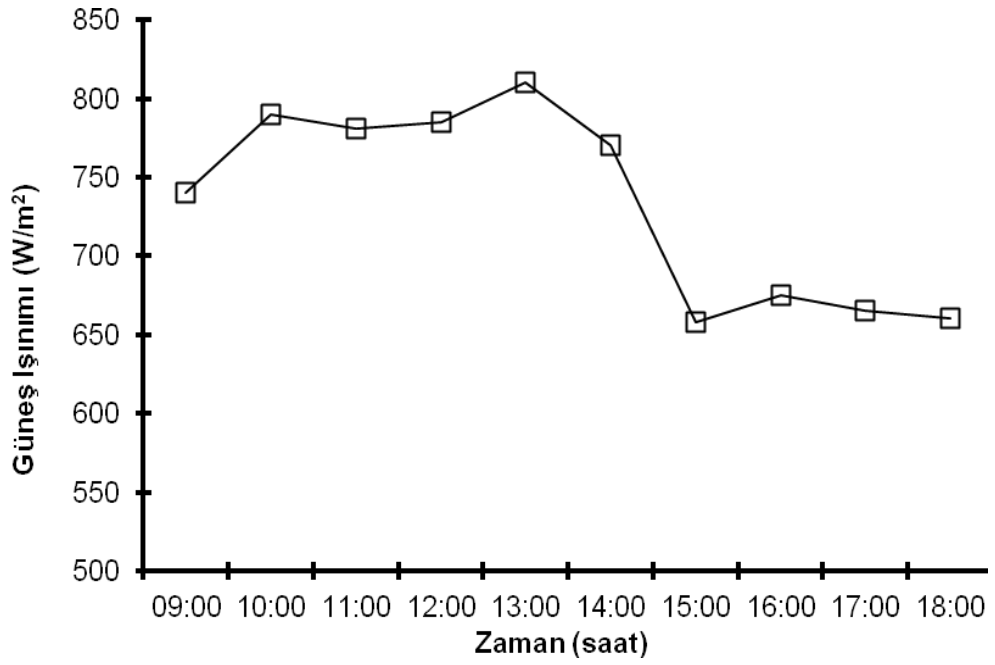
Şekil 4.38. 23/05/2012 tarihine ait sabit düzlemsel kolektörüne ait güneş ışıınımlı değlerleri



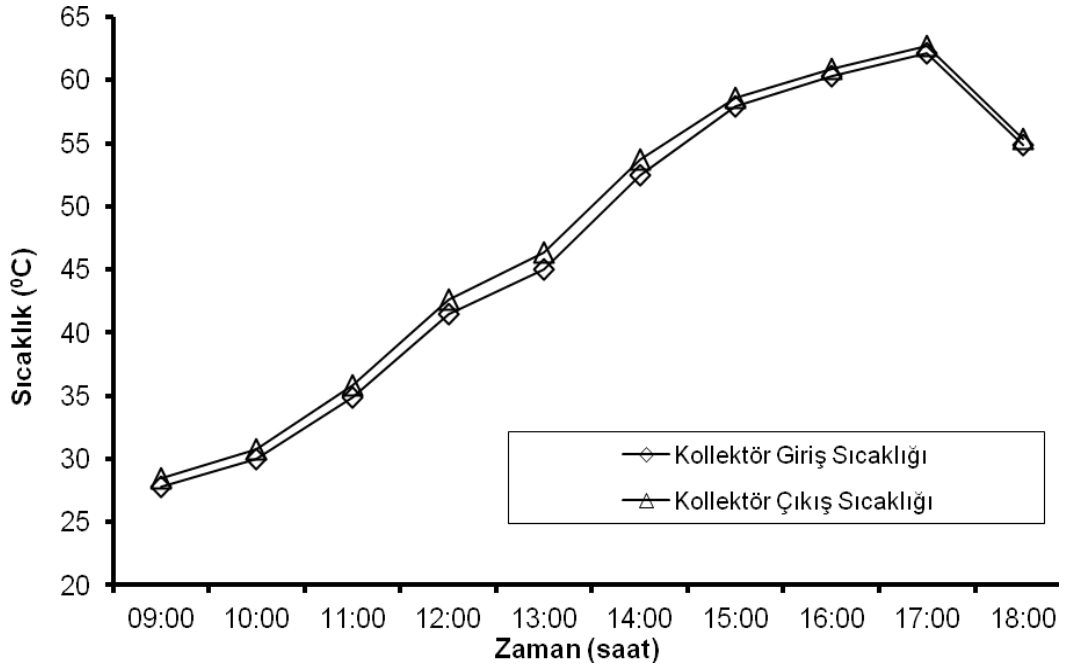
Şekil 4.39. 23/05/2012 tarihine ait sabit düzlemsel kolektörüne ait giriş sıcaklığı ve çıkış sıcaklığı karşılaştırılması.



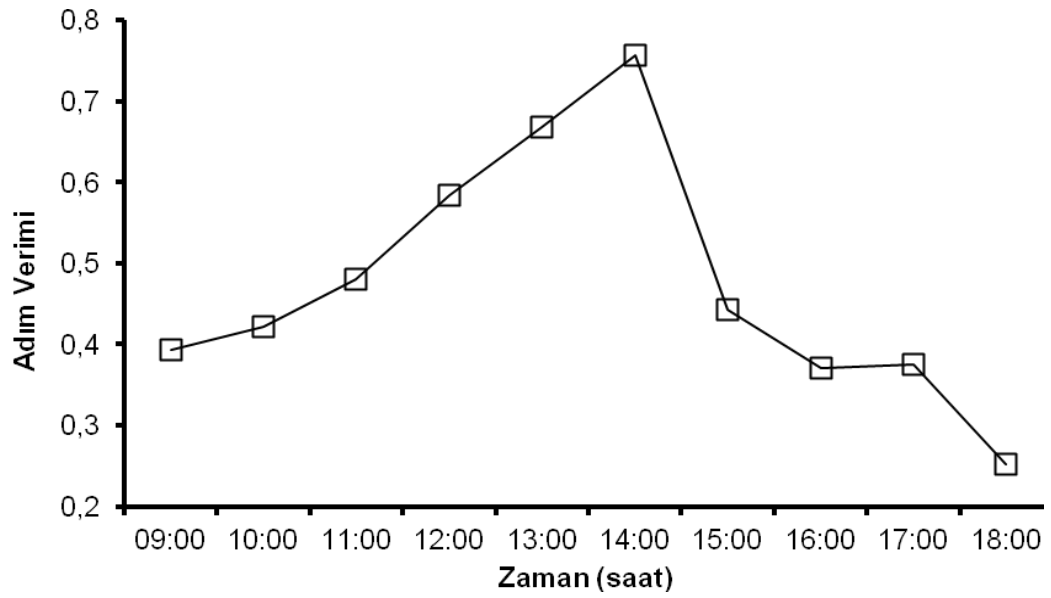
Şekil 4.40. 23/05/2012 tarihine ait sabit düzlemsel kolektörüne ait anlık verimi



Şekil 4.41. 27/05/2012 tarihine ait hareketli düzlemsel kolektörüne ait güneş ışıınımlı değlerleri



Şekil 4.42. 27/05/2012 tarihine ait hareketli düzlemsel kolektörüne ait giriş sıcaklığı ve çıkış sıcaklığı karşılaştırılması



Şekil 4.43. 27/05/2012 tarihine ait hareketli düzlemsel kolektörüne ait anlık verimi

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tasarlanan hareket sistemi çatıya yerleştirilmesi düşünülüyorsa sistemin tekrar dizayn edilmesi gerekir. Kullanılan sistem deney için tasarlanmıştır. Tasarlanan sistemde tek kolektör bağlanarak hareket sisteminin gücü ispatlanmaya çalışılmıştır.

Sistem rüzgâra karşı korumalı ve dayanaklı. Sistem birden fazla kolektör olursa rüzgara ve dış etkilere karşı dayanaksız olur. Bundan dolayı tek kolektörlü yapılmalı ve birden fazla kolektör bağlanacak ise yan yana ve ayrı ayrı hareket edebilecek şekilde tasarlanmalıdır.

Sistemin sadece tek yön dönüş yapılması sistemin dizaynı da kolaylık ve maliyet yönünden avantaj sağlamıştır. Doğu - batı yönünde hareket ederken kuzey - güney konumu bölgenin aylık değerleri baz alınarak el ile ayarlanmalıdır.

Sistemin hareket kontrolü basit Şekilde hazırlanmıştır. Böylece sistemin maliyeti daha alt seviyeleri çekilmiş olur. Sistemin hareketi elektronik devrede hazırlandığında da basit şekilde hazırlanmalı.

Mevcut bulunan bütün hareketli sistemlerde hareket sağlayıcılığı en uygun motorların bile monte edilebileceği ve böylece sistemin maliyetini daha da düşürmektedir.

Sistemin hareket sağlayan sistemin mevcut sistemlere kolayca uygulanabilmesidir. Evlerde kullanılan mevcut sistemlere uygulanabilir olması ve maliyetinin 700 TL civarındadır, toplu imalata geçildiğinde maliyet daha alt seviyelere çekilebilir.

Bu sistemler sayesinde son zamanlarda gittikçe önem kazanan temiz enerji konusunda verimlilik artacak, özellikle ilk kurulum maliyeti yüksek olan bu tür sistemlerinin kendini amorti edebilme süresi azalacaktır. Aynı zamanda ülke ekonomisine ve enerjideki dışa bağımlılığın azalmasına katkıda bulunacaktır.

Hareketli sistemin sabit sistemlere göre fazla olan maliyetin araştırmalar sonucu 2 veya 3 yıl içinde karşılanabileceği ve ondan sonra avantaja dönüşecektir.

Sabit açılı, tek eksenli ve çift eksenli takip sistemleri uygulanmıştır. 5 yıl boyunca elde edilen ortalama değerler ile hesaplanan değerler karşılaştırılmıştır. Her durumda iki eksenli takip sistemlerinden daha fazla enerji elde edildiği sonucuna ulaşmıştır [40].

Bir güneş izleyici, güneşin günlük hareketini takip ederek panelde %25- %35 arası daha fazla güç sağlayabilir [39].

Güneş enerjisi sistemlerinden en fazla evlerde kullanma suyu hazırlamak için kullanılır. Evlerde kullanılan güneş enerjisi sistemlerden en verimli en verimli şekilde faydalanmak için hareketli sistemler daha yaygın hale getirilmelidir. Sistemin mevcut sistemlere göre daha avantajlı olduğu % 22 verimle yapılan deneylerle ispatlamıştır.

Tek kolektörlü tasarlanacak olan sistemin üzerine deposu da monte edilip doğu - batı arası tarama yapılırsa sistemin görünüşü daha toplu olur. Çatılarda çevre kirliliği yapan bir görüntüsü olmaz.

Evlerde kullanılan güneş enerjileri hareketli sisteme geçirilirse yaklaşık olarak eski sistemle iki kolektörün vereceği ısı enerjisini hareketli tek bir kolektör verebilecektir.

KAYNAKLAR

- [1] **Işık, M. A.**, 2007. Güneş Enerjisi Destekli Mahal ısıtma sisteminin Van ilinde sağladığı enerji tasarrufunun incelenmesi, *yüksek lisans tezi*, Y. Ü. Fen bilimleri enstitüsü, Van.
- [2] **Özbalta, N.**, 2000. Güneş enerjisi potansiyeli ve uygulamalar, Ege Üniversitesi güneş enerjisi uygulamaları Enstitüsü yayınları, İzmir, 1-5.
- [3] **Uyarel, A .Y. ve Öz, E.S.**, 1987. Güneş Enerjisi ve Uygulamaları, Birsan Yayınevi, Ankara.
- [4] **Çıtıroğlu, A.**, 2005. Güneş enerjisinden yararlanarak elektrik üretimi , internet yayını, Ankara, 1-5.
- [5] **Altın, V.**, 2004. Güneş enerjisinden yararlanarak elektrik üretimi, mimar ve mühendis dergisi, **33**, 28-31.
- [6] **Kılıç, A. Öztürk, A.**, 1983. Güneş enerjisi, Kipaş Dağıtımçılık, İstanbul.
- [7] **Değirmenci, H .**, 2006. Düzlemsel güneş kolektörlerinde su dolaşım miktarının Kolektör verimine etkisinin deneysel olarak incelenmesi, *yüksek lisans tezi*, Z.K.Ü. Fen bilimleri enstitüsü, Karabük.
- [8] **URL-1**, www.eie.gov.tr/ Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, 2003.
- [9] **Tırıs, M. Tırıs, Ç. ve Erdallı, Y.**, 1996. Güneş Enerjisi İle Su Isıtma Sistemleri, Marmara Araştırma Merkezi, Enerji Sistemleri ve Çevre Araştırma Enstitüsü, Kocaeli.
- [10] **Çıtıroğlu, A.**, 2000. Güneş enerjisinden yararlanarak elektrik üretimi, Mühendis ve Makine dergisi, **485**, Ankara, s. 14-19.
- [11] **URL-4**, www.mmo.org.tr, 2010
- [12] **Derin, N.**, 1979. Güneş enerjisi sıcak su ile ısıtma tekniği, Samet matbaası, İstanbul.
- [13] **Uzunoğlu, M., Yüksel, R., Ok, M.**, 2001. Güneş enerjisi ve kullanım alanları, yenilenebilir enerji kaynakları sempozyum ve sergisi, Kayseri, 12-13 Ekim, s. 89-95.

- [14] **Ataş, A.**, 2001. Güneş enerjisinden yararlanarak konutların ısıtılması ve sıcak su elde edilmesi üzerine bir araştırma, *yüksek lisans tezi*, G.Ü. Fen bilimleri enstitüsü, Ankara.
- [15] **Irina, T. And Catalin, A.**, 2010. A study on the Tracking mechanisms of the Photovoltaic modules, Fascicle of management and Technological engineering, vol:**IX**, 59-66.
- [16] **Bayrak, G., ve Gençoğlu, M. T.**, 2010. İki eksenli güneş takip sistemin tasarımı ve PC ile kontrolü, F. Ü. Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Elazığ.
- [17] **Tırıs, Ç., ve Tırıs, M.**, 1997. Düzlemsel güneş kolektörlerin verimini artıran parametreler, TMMOB Tesisat mühendisliği dergisi, Kocaeli, **26**, s: 35-40.
- [18] **Tezcan, M.**, 2001. Düzlemsel Güneş Kolektörleri ve Verim Hesapları, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [19] **Umut, İ.**, 2008 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarını Elektrik Enerjisine Dönüştürmede Kullanılan Yöntemler ve Örnek Uygulamalar, *Yüksek Lisans Tezi*, T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne
- [20] **Taze, G.**, 2010. Düz güneş kolektörü verimini etkileyen bazı parametrelerin deneysel incelenmesi, *yüksek lisans tezi*, K.Ü. Fen bilimleri enstitüsü, Kırıkkale.
- [21] **Karaçavuş, K.**, 2001. Edirne ili koşullarında foto-kontrol üniteli hareketli deney stadında çeşitli düzlemsel güneş enerjisi toplayıcıların verim değerlerinin araştırılması, *Yüksek lisans tezi*, T.Ü fen bilimleri Enstitüsü, Edirne.
- [22] **Kılıç, A. Öztürk, A.**, 1984. Güneş Işınımı ve Toplayıcılar, Segem Yayınları, Ankara.
- [23] **Atagündüz, G.**, 1989. Güneş enerjisi temelleri ve uygulamaları, Ege üniversitesi basımevi, İzmir.
- [24] **Derin, N.**, 1979. Güneş enerjisi, Sermet Matbaası, İstanbul.
- [25] **Sabatelli, V., Marano, D.**, 2002. Et all, effi cienay test of solar collectors; uncertainty in the estimtion of regression parameters and sensitivity analysis energy conservation and management, vol **43**, pp. 2287-2295.

- [26] **Lunde, P.J.**, 1991. Solar thermal engineering, space heating and hot water system, jhan wiley&sons, newyork, pp. 23-24.
- [27] **Makro, P.J., and Braun, P.O.**, 1994. Thermal use of solar energy in buidings, fraunhoser ISE, Germany, pp. 12-13.
- [28] **Tırıs, Ç., ve Tırıs, M.**, 1998. Kolektör yutucu yüzeyi optik özelliklerinin toplam ısı kayıp katsayısına etkisi, Tübitak-M.A.M matbaası, Kocaeli, s. 21-23.
- [29] **Akdemir, Ö.**, 2007. Düzlemsel güneş kolektörlerin teorik deneysel olarak tersinmezlik ile optimizasyonu, *Doktora tezi*, E.Ü. Fen bilimleri enstitüsü, İzmir.
- [30] **Dağsöz, A. K.**, 1993. Güneş enerjisinden yararlanarak binaların ısıtılması, Tesisat Mühendisler dergisi, **1**, 58-62.
- [31] **Altın, V.**, 2006. Güneş pillerin yapısı ve çalışması, bilim ve teknik dergisi, **464**, 41
- [32] **Canan, F.**, 2003. Mimaride Fotovoltatik Panel uygulamaları, yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları sempozyumu ve sergisi, Kayseri, Ekim, s. 43-52.
- [33] URL-3, www.solar-tracking.com/ LİNAK, 2011.
- [34] **İlhan, A.**, 1999. Güneş enerjili sıcak su sistemlerinin çalışma karakteristiklerinin deneysel araştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, E. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- [35] **Henden, L., Rekstad, J., And Meir, M.**, 2002. Thermal Performance Of Combined Solar Systems With Different Collector Efficiencies, pp. 299-305, Solar Energy, London.
- [36] **Abdallah, S., And Nijmeh, S.**, 2004 Two Axes Sun Tracking System Vith PLC Control, , pp.1931-1939, Energy Conversion and Management.
- [37] **Ertunç, M.**, 1997. Düzlemsel Güneş Kolektörlerinin performansına etki yapan parametreler, *Yüksek Lisans Tezi*, G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [38] **Ardel, A., Kurtel, A., Dönmez, Y.**, 1969. Klimatoloji tatbikatı, Taş matbaası, İstanbul.
- [39] **Kulaksız, A.**, 2001. Güneş Panelinden Sağlanan Elektrik Enerjisinin güç elektroniği sistemleri ile kontrolü, *Yüksek lisans tezi*, S.Ü. fen bilimleri Enstitüsü, Konya.

- [40] **Koussa, M., Cheknane, A., Hadji, S., Haddadi, M., Noredine, S.,** 2011. Measured and modelled improvement in solar energy yield from flat plate photovoltaic ststems utilizing different tracking systms and under a range of environmental conditions, *applied energy* **88**, pp. 1756-1771.
- [41] **Dizdar, H.,** 1998. Güneş enerjisi ve güneş kolektör testleri, *Yüksek Lisans Tezi*, K.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- [42] URL-2, [www.etkp.gov](http://www.etkp.gov.tr) tr/ Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2010.

ÖZGEÇMİŞ

Kudbeddin ARGUN 08.02.1977 tarihinde Batman ilinde doğdu. İlköğrenimini, 1988 yılında Batman'ın Hürriyet İlkokulunda tamamladı. Ortaokulu, 100. yıl Ortaokulunda 1991 yılında bitirdi. Lise öğrenimini, Batman Endüstri Meslek lisesinde 1994 yılında tamamladı. Fırat Üniversitesi Talaşlı üretim Öğretmenliği Bölümünü 2004 yılında tamamladı ve halen Fırat Üniversitesi'nde Lisansüstü eğitimine devam etmekte. Evli ve iki çocuk babasıdır.