

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**TAŞINABİLİR GÜNEŞ TAKİP SİSTEMLİ PV PANEL DİZAYNI VE
UYGULAMASI**

**Hazırlayan
Mustafa EKİNCİ**

**Danışman
Doç. Dr. Bilge ALBAYRAK ÇEPER**

Yüksek Lisans Tezi

**Ocak 2015
KAYSERİ**

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**TAŞINABİLİR GÜNEŞ TAKİP SİSTEMLİ PV PANEL DİZAYNI VE
UYGULAMASI
(Yüksek Lisans Tezi)**

**Hazırlayan
Mustafa EKİNCİ**

**Danışman
Doç. Dr. Bilge ALBAYRAK ÇEPER**

**Ocak 2015
KAYSERİ**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Mustafa Ekinci

İmza :



YÖNERGEYE UYGUNLUK

Taşınabilir Güneş Takip Sistemli PV Panel Dizaynı ve Uygulaması adlı Yüksek Lisans tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi'ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Tezi Hazırlayan

Mustafa EKİNCİ



Danışman

Bilge ALBAYRAK ÇEPER



Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı Başkanı

Prof. Dr. Necdet ALTUNTOP

İmza

Doç. Dr. Bilge Albayrak ÇEPER danışmanlığında **Mustafa EKİNCİ** tarafından hazırlanan “**Taşınabilir Güneş Takip Sistemli PV Panel Dizaynı ve Uygulaması**” adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

19 /01/2015

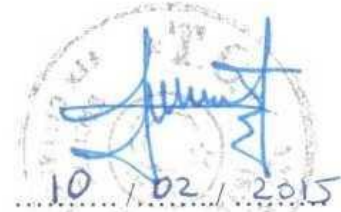
JÜRİ:

Danışman :Doç. Dr. Bilge ALBAYRAK ÇEPER
Üye :Prof. Dr. Sebahattin ÜNALAN
Üye :Yrd. Doç. Dr. Yusuf TEKİN



ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun 10/02/2015 tarih ve 2015/06-16 sayılı kararı ile onaylanmıştır.



10 / 02 / 2015

Prof. Dr. Kâzım KEŞLİOĞLU

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ / TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca farklı bakış açıları ve bilimsel katkılarıyla beni aydınlatan, yakın ilgi ve yardımlarını esirgemeyen ve bu günlere gelmemde en büyük katkı sahibi sayın hocam Doç. Dr. Bilge ALBAYRAK ÇEPER' e teşekkürü bir borç bilirim.

Bu tez çalışmasına maddi destek veren Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne (Proje No: FBT-5008) teşekkür ederim.

Ayrıca; çalışmalarım süresince sabır göstererek beni daima destekleyen aileme en içten teşekkürlerimi sunarım.

Mustafa EKİNCİ

Kayseri, Ocak 2015

TAŞINABİLİR GÜNEŞ TAKİP SİSTEMLİ PV PANEL DİZAYNI VE UYGULAMASI

Mustafa EKİNCİ

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi, Ocak 2015

Danışman: Doç. Dr. Bilge ALBAYRAK ÇEPER

ÖZET

Bilinen güneş enerjisi sistemleri sabit bir yerde elektrik üretecek ve o yerin yakınlarında kullanılacak şekilde yapılmaktadır. İlk yatırım maliyeti yüksek olan güneş enerjisi sistemini başka bir mekanda kullanmak mümkün olmamaktadır. Sistemlerin çoğu güneşe belli bir açı ile yerleştirilerek, sabit bir şekilde alınabilecek en yüksek verim için uğraşmaktadır. Güneşin her an konumu değiştiği göz önünde bulundurulursa, sabit sistemlerin her an elde ettiği elektrik miktarının ve veriminin aynı olmayacağı aşıkardır.

Bu projede taşınabilir güneş takip sistemli pv panel dizaynı ve uygulaması planlanmıştır. Sistem taşınabilir özellikte olup güneş panelleri ortada, sağ yanda ve sol yanda olmak üzere üçerli gruplar halinde toplam 9 adet olacak şekilde yerleştirilmiştir. Paneller önce kendi aralarında daha sonra da birbirlerinin üzerine katlanacak ve son haliyle bir küp biçimine dönüşecek yapıdadır.

Kullanıma hazır haldeki sistem, ana mil etrafında 360° dönebilecek ve yükseltme mekanizmasıyla da 0°– 85° arasında takip yapabilecek iki eksenli bir sistemdir. Yükseltme mekanizması vidalı mile sahip servo motor (lineer aktüatör) tahrik yapısına sahiptir. Servo motor panel kafes yapısına bağlantılıdır. Sistem hareketli olup güneş ışınlarına göre yönelmektedir. Veriler gün doğumundan gün batımına kadar veri kaydedici tarafından otomatik kaydedilmektedir. Verilerin elde edilişi güneşin yönüne bağlı olduğu için sabit sistemlere göre daha fazla elektrik enerjisi üretimi deneysel çalışmalardan elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Güneş enerjisi, taşınabilir, güneş takibi

PORTABLE PV SOLAR TRACKING SYSTEM DESIGN AND IMPLEMENTATION

Mustafa EKİNCİ

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences

M.Sc. Thesis, Jan 2015

Supervisor: Doç. Dr. Bilge Albayrak ÇEPER

ABSTRACT

Known solar systems generate electricity at a fixed location. Because of high initial investment costs for solar energy systems are not able to use in another venue. Most systems placed at an angle to the sun for the highest efficiency. Changed position of the sun at any moment, given the constant system at any moment and yield the same amount of electricity generated will be evident.

In this project, the system is portable form, ready for use by the middle, on the right side and left side in threes including solar panel comprises 9 units. Right side, left side and the middle panels first fold themselves and then they put on over the others. Finally it returns to form a cube format.

The system is ready for use, it can rotate 360° around the main shaft. Lifting mechanism $0^{\circ} - 85^{\circ}$ between the two axis is a system that can track the sun. The lifting mechanism has a threaded spindle servomotor (linear actuator) by the drive shaft rotation of the tip structure with the connection shaft is connected to the body of the panel. The linear actuator applies torque to the body of the panel and provides motion at certain angles. The system begins to move with the sun. All follow-up actions take place by light sensors signal to the control of the electronic control circuit.

Keywords: Solar energy, portable, solar tracking

İÇİNDEKİLER

TAŞINABİLİR GÜNEŞ TAKİP SİSTEMLİ PV PANEL DİZAYNI VE UYGULAMASI

	<u>Sayfa</u>
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK SAYFASI	ii
YÖNERGEYE UYGUNLUK SAYFASI.....	iii
KABUL VE ONAY SAYFASI	iv
ÖNSÖZ	v
ÖZET.....	vi
ABSTRACT.....	vii
İÇİNDEKİLER	viii
TABLolar LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ	x
 GİRİŞ	 1

1. BÖLÜM

GÜNEŞ ENERJİSİ

1.1. Temel Kavramlar	4
1.2. Fotovoltaik Paneller	4
1.2.1.Kristal Paneller.....	5
1.2.2.İnce Film Paneller	6
1.3. Fotovoltaik Sistemler	7
1.3.1. Şebeke Bağlantılı Sistemler (On-Grid)	7
1.3.2. Şebekeden Bağımsız Sistemler (Off-Grid)	7
1.4. Isıl Güneş Sistemleri	8

2. BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Sistem Tasarımı	10
2.2. Deney Sisteminin Kurulum Aşamaları	17
2.2.1.Kafes Yapısı	17
2.2.2.Elektronik Ekipmanlar ve Hesaplamalar	21
2.3. Ölçme ve Değerlendirme	38

3. BÖLÜM

BULGULAR

3.1. Teorik Hesaplamalar	39
3.1.1. Farklı Bölgelerde Elde Edilecek Enerjinin Hesaplanması	41
3.1.2. Aynı Bölgede Farklı Aylarda Elde Edilecek Enerjinin Hesaplanması	47
3.1.3. Aynı Bölgede Sabit Ve Güneş Takipli Sistemden Elde Edilecek Enerjinin Hesaplanması	49
3.2. Deneysel Hesaplamalar	51
3.2.1. Farklı Bölgelerde Elde Edilecek Enerjinin Deneysel Hesaplaması	51
3.2.2. Aynı Bölgede Aynı Ayda Farklı Günlerde Elde Edilecek Enerjinin Deneysel Hesaplaması	59
3.2.3. Aynı Bölgede Farklı Aylarda Elde Edilecek Enerjinin Deneysel Hesaplaması	65
3.2.4. Aynı Bölgede Aynı Ayda Sabit ve Güneş Takipli Sistemden Elde Edilecek Enerjinin Deneysel Hesaplaması	68

4. BÖLÜM

SONUÇ ve ÖNERİLER

4.1. Sonuçlar	71
4.1.1. Farklı Bölgelerde Elde Edilecek Enerji Hesaplamalarının Karşılaştırılması	71

4.1.2. Aynı Bölgede Aynı Ayda Farklı Günlerde Elde Edilecek Enerji Hesaplamalarının Karşılaştırılması.....	72
4.1.3. Aynı Bölgede Farklı Aylarda Elde Edilecek Enerji Hesaplamalarının Karşılaştırılması	73
4.1.4. Aynı Bölgede Aynı Ayda Sabit ve Güneş Takipli Sistemden Elde Edilecek Enerji Hesaplamalarının Karşılaştırılması	74
4.1.5. Sistemin Daha Büyük Kapasitede Üretilmesine İlişkin Hesaplamalar	75
4.2. Öneriler	76
KAYNAKLAR	77
ÖZGEÇMİŞ.....	79

KISALTMALAR VE SİMGELER

<u>Sembol</u>	<u>Anlamı</u>	<u>Birimi</u>
A	Elektrik akımı	(amper)
V	Elektriksel potansiyel fark	(volt)
W	Elektriksel güç	(watt)
c-Si	Kristal silikon	
SIN	Silisyum nitrür	
mc-Si	Multikristal silikon	
DC	Doğru akım	(amper)
V_m	İdeal çalışma gerilimi	(volt)
W_p	Maksimum güç	(watt peak)
GPS	Küresel konumlama sistemi	
°C	Sıcaklık	(celcius)
N	Kuvvet	(newton)
s	Zaman	(saat)
lt/dk	Hacimsel debi	(litre/dakika)
m	Uzunluk	(metre)
α	Yükseklik açısı	(derece)
α_s	Güneş azimut açısı	(derece)
α	Yüzey azimut açısı	(derece)
δ	Deklinasyon açısı	(derece)
θ	Gelme açısı	(derece)
θ_z	Zenit açısı	(derece)
ω	Saat açısı	(derece)
ϕ	Enlem açısı	(derece)
β	Eğim açısı	(derece)
E_d	Ortalama günlük enerji üretimi	(kWh)
E_m	Ortalama aylık enerji üretimi	(kWh)
H_d	Ortalama günlük radyasyon miktarı	(kWh/m ²)
H_m	Ortalama aylık radyasyon miktarı	(kWh/m ²)
GEPA	Güneş enerjisi potansiyel atlası	
HP	Beygir gü	

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 2.1.	Güneş paneli teknik özellikleri.	23
Tablo 2.2.	Şarj kontrol cihazı teknik özellikleri.....	25
Tablo 2.3.	Jel akü teknik özellikleri.....	27
Tablo 2.4.	İnvertör (evirici) teknik özellikleri.	28
Tablo 2.5.	Güneş takip sistemi teknik özellikleri.....	31
Tablo 2.6.	Redüktörlü DC motor teknik özellikleri.	31
Tablo 2.7.	Doğrusal aktüatör (300mm stroke) teknik özellikleri.....	32
Tablo 2.8.	Doğrusal aktüatör (600mm stroke) teknik özellikleri.....	34
Tablo 2.9.	Wattmetre teknik özellikleri.	35
Tablo 2.10.	Mini su pompası.	36
Tablo 3.1.	Kayseri ilinde sabit sistemin PVGIS enerji ve radyasyon değerleri.....	44
Tablo 3.2.	Kayseri için PVGIS ve GEPA değerleri.	44
Tablo 3.3.	Ankara ilinde sabit sistemin PVGIS enerji ve radyasyon değerleri.....	47
Tablo 3.4.	Ankara için PVGIS ve GEPA değerleri.....	47
Tablo 3.5.	Ankara ili eylül ayı PVGIS ve GEPA değerleri.	48
Tablo 3.6.	Ankara ili ekim ayı PVGIS ve GEPA değerleri.	49
Tablo 3.7.	Ankara ili sabit sistemin eylül ayı PVGIS enerji ve radyasyon değerleri. ...	49
Tablo 3.8.	Ankara ili çift eksenli takip sisteminin eylül ayı PVGIS enerji ve radyasyon değerleri.	50
Tablo 3.9.	Kayseri ili ağustos ayı deneysel hesaplama değerleri.....	56
Tablo 3.10.	Kayseri ili ağustos ayı deneysel hesaplamada wattmetre değerleri.....	56
Tablo 3.11.	Ankara ili ağustos ayı deneysel hesaplama değerleri.	58
Tablo 3.12.	Ankara ili ağustos ayı deneysel hesaplamada wattmetre değerleri.....	58
Tablo 3.13.a.	Ankara ili eylül ayı deneysel hesaplama değerleri.....	59
Tablo 3.14.a.	Ankara ili eylül ayı deneysel hesaplamada wattmetre değerleri.....	59
Tablo 3.13.b.	Ankara ili eylül ayı deneysel hesaplama değerleri.	60
Tablo 3.14.b.	Ankara ili eylül ayı deneysel hesaplamada wattmetre değerleri.....	60
Tablo 3.13.c.	Ankara ili eylül ayı deneysel hesaplama değerleri.....	61
Tablo 3.14.c.	Ankara ili eylül ayı deneysel hesaplamada wattmetre değerleri.....	61
Tablo 3.15.a.	Ankara ili ekim ayı deneysel hesaplama değerleri.....	62
Tablo 3.16.a.	Ankara ili ekim ayı deneysel hesaplamada wattmetre değerleri.....	62

Tablo 3.15.b. Ankara ili ekim ayı deneysel hesaplama değerleri.	63
Tablo 3.16.b. Ankara ili ekim ayı deneysel hesaplama wattmetre değerleri.....	63
Tablo 3.15.c. Ankara ili ekim ayı deneysel hesaplama değerleri.....	64
Tablo 3.16.c. Ankara ili ekim ayı deneysel hesaplama wattmetre değerleri.....	64
Tablo 3.11. Ankara ili ağustos ayı deneysel hesaplama değerleri.	65
Tablo 3.12. Ankara ili ağustos ayı deneysel hesaplama wattmetre değerleri.....	66
Tablo 3.13.a. Ankara ili eylül ayı deneysel hesaplama değerleri.....	66
Tablo 3.14.a. Ankara ili eylül ayı deneysel hesaplama wattmetre değerleri.....	67
Tablo 3.15.a. Ankara ili ekim ayı deneysel hesaplama değerleri.....	67
Tablo 3.16.a. Ankara ili ekim ayı deneysel hesaplama wattmetre değerleri.....	68
Tablo 3.13.a. Ankara ili eylül ayı deneysel hesaplama değerleri.....	68
Tablo 3.14.a. Ankara ili eylül ayı deneysel hesaplama wattmetre değerleri.....	69
Tablo 3.17. Ankara ili eylül ayı güneş takipli sistem deneysel hesaplama değerleri.....	69
Tablo 3.18. Ankara ili eylül ayı güneş takipli sistem deneysel hesaplama wattmetre değerleri.....	70
Tablo 4.1. Ankara ve Kayseri ili teorik hesaplama değerleri.....	71
Tablo 4.2. Ankara ve Kayseri ili deneysel hesaplama değerleri.	71
Tablo 4.3. Ankara ili eylül ayı teorik hesaplama değerleri.	72
Tablo 4.4. Ankara ili eylül ayında farklı günlerdeki deneysel hesaplama değerleri.....	72
Tablo 4.5. Ankara ili ekim ayı teorik hesaplama değerleri.	72
Tablo 4.6. Ankara ili ekim ayında farklı günlerdeki deneysel hesaplama değerleri.....	72
Tablo 4.7. Ankara ili farklı aylarda teorik hesaplama değerleri.	73
Tablo 4.8. Ankara ili farklı aylarda deneysel hesaplama değerleri.....	73
Tablo 4.9. Ankara ili sabit ve güneş takipli sistemin teorik hesaplama değerleri.....	74
Tablo 4.10. Ankara ili sabit ve güneş takipli sistemin deneysel hesaplama değerleri.....	74
Tablo 4.11. Büyük kapasiteli sistemin özellikleri.....	75
Tablo 4.12. Büyük kapasiteli sistemin pompa özellikleri.	75
Tablo 4.13. Büyük kapasiteli sistemin ekipman ve fiyat listesi.....	75

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1.	Mono kristal panel	5
Şekil 1.2.	Poli kristal panel	6
Şekil 1.3.	İnce film panel.	7
Şekil 1.4.	Şebeke bağlantılı sistemlerin akış şeması	7
Şekil 1.5.	Şebekeden bağımsız sistemlerin akış şeması.	8
Şekil 1.6.	Parabolik odaklı ısı güneş sistemleri.	9
Şekil 1.7.	Merkezi odaklamalı ısı güneş sistemleri.....	9
Şekil 2.1.	Menteşeler yardımıyla panel kafes yapısının hareketleri.	10
Şekil 2.2.	Sistemin tam açık pozisyonu.	11
Şekil 2.3.	Tam açık pozisyonu sağlayan doğrusal aktüatörler.	11
Şekil 2.4.	Tam açık pozisyonun güneşe yönelmiş hali.	12
Şekil 2.5.	Ana mili döndürecek redüktörlü DC motor.	12
Şekil 2.6.a.	Sistemin kullanıma hazır hale gelme aşamaları.	13
Şekil 2.6.b.	Sistemin kullanıma hazır hale gelme aşamaları.	13
Şekil 2.6.c.	Sistemin kullanıma hazır hale gelme aşamaları.	14
Şekil 2.7.a.	Sistemin kullanıma hazır hale gelme aşamaları ve güneşe yönelmesi.....	14
Şekil 2.7.b.	Sistemin kullanıma hazır hale gelme aşamaları ve güneşe yönelmesi.	14
Şekil 2.8.	Üstte yer alan orta parçaya sensörlerin yerleştirilmesi.	15
Şekil 2.9.a	Tam açık pozisyonda güneş takibi.	16
Şekil 2.9.b.	Tam açık pozisyonda güneş takibi.....	16
Şekil 2.9.c.	Tam açık pozisyonda güneş takibi.	16
Şekil 2.10.a.	Taşıma aracı ve sistem.	17
Şekil 2.10.b.	Taşıma aracı ve sistem.	17
Şekil 2.11.	Kutu profilden yapılmış çerçeve.....	18
Şekil 2.12.	Ortada güçlendirilmiş çerçeve, ana mil bağlantı noktası ve mil menteşeler.	18
Şekil 2.13.	Bağlantı parçaları kaynaklanmış ana mil.	19
Şekil 2.14.	Ana gövde ve rulman.....	19
Şekil 2.15.	Çerçevelerin boyanması.....	20
Şekil 2.16.	Rulman ve mil montajı.	20
Şekil 2.17.	Çerçevelerin alt gövdeyle birleştirilmesi.	20
Şekil 2.18.	Temel elemanlar montaj şeması.....	22

Şekil 2.19.	Paralel bağlanan panellerin akım-gerilim grafiği .	23
Şekil 2.20.	Panel kablo çıkışlarının bağlanması	24
Şekil 2.21.	Panellerin birbirleriyle paralel bağlanması .	24
Şekil 2.22.	Kurulu sistemin görüntüsü	25
Şekil 2.23.	Şarj kontrol cihazı	26
Şekil 2.24.	Montajı yapılmış şarj kontrol cihazı	26
Şekil 2.25.	Jel akü	27
Şekil 2.26.	Montajı yapılmış jel akü	28
Şekil 2.27.	İnvertör	29
Şekil 2.28.	Montajı yapılmış invertör	29
Şekil 2.29.	Güneş takip sistemi	30
Şekil 2.30.	Montajı yapılmış güneş takip sistemi	30
Şekil 2.31.	Redüktörlü DC motor	31
Şekil 2.32.	Montajı yapılmış redüktörlü DC motor	32
Şekil 2.33.	Doğrusal aktüatörler(300 mm)	33
Şekil 2.34.	Montajı yapılmış doğrusal aktüatörler(300 mm)	33
Şekil 2.35.	Doğrusal aktüatörler(600 mm)	34
Şekil 2.36.	Montajı yapılmış doğrusal aktüatörler(600 mm)	34
Şekil 2.37.	Wattmetre ölçü aleti	35
Şekil 2.38.	Montajı yapılmış wattmetre ölçü aleti	35
Şekil 2.39.	Mini su pompası	36
Şekil 2.40.	Montajı yapılmış mini su pompası	36
Şekil 2.41.	Paralel bağlantı soketleri	36
Şekil 2.42.	Kontrol paneli	36
Şekil 3.1.	Avrupa kıtası ve Türkiye güneş haritası	40
Şekil 3.2.	Türkiye güneş haritası	41
Şekil 3.3.	Türkiye' nin radyasyon değerleri ile güneşlenme süreleri	41
Şekil 3.4.	Kayseri ili güneş haritası	42
Şekil 3.5.	Kayseri ili radyasyon değerleri ile güneşlenme süreleri	42
Şekil 3.6.	Kayseri ili PVGIS veri giriş ekranı	43
Şekil 3.7.	Ankara ili güneş haritası	45
Şekil 3.8.	Ankara ili radyasyon değerleri ile güneşlenme süreleri	45
Şekil 3.9.	Ankara ili PVGIS veri giriş ekranı	46

Şekil 3.10. Sistemin kapalı halı	51
Şekil 3.11. Yan panellerin açılması	51
Şekil 3.12. Yan ve orta panellerin açılması	52
Şekil 3.13. Tüm panellerin aynı düzleme gelmesi	52
Şekil 3.14. Aynı düzlemdeki paneller	52
Şekil 3.15. Sistemin eğim açısının ayarlanması	53
Şekil 3.16. Eğim açısı ayarlanmış sistem	53
Şekil 3.17. Güneş ışınlarını almaya başlayan sistem	53
Şekil 3.18. Multimetre ile ölçümler	54
Şekil 3.19. Sistem ve ölçüm düzeneği	54
Şekil 3.20. Kızılötesi termometre ile panel yüzey sıcaklığının ölçülmesi	54
Şekil 3.21. Kayseri ili deneysel hesaplama düzeneği	55
Şekil 3.22. Kayseri ili deneysel hesaplamada güneş ışınlarının gelmesi	55
Şekil 3.23. Kayseri ili ağustos ayı anlık güç-zaman grafiği	56
Şekil 3.24. Ankara ili deneysel hesaplama düzeneği	57
Şekil 3.25. Ankara ili deneysel hesaplamada güneş ışınlarının gelmesi	57
Şekil 3.26. Ankara ili ağustos ayı anlık güç-zaman grafiği	58
Şekil 3.27. Ankara ili eylül ayı anlık güç-zaman grafiği-1	59
Şekil 3.28. Ankara ili eylül ayı anlık güç-zaman grafiği-2	60
Şekil 3.29. Ankara ili eylül ayı anlık güç-zaman grafiği-3	61
Şekil 3.30. Ankara ili ekim ayı anlık güç-zaman grafiği-1	62
Şekil 3.31. Ankara ili ekim ayı anlık güç-zaman grafiği-2	63
Şekil 3.32. Ankara ili ekim ayı anlık güç-zaman grafiği-3	64
Şekil 3.33. Ankara ili ağustos ayı anlık güç-zaman grafiği	65
Şekil 3.34. Ankara ili eylül ayı anlık güç-zaman grafiği-1	66
Şekil 3.35. Ankara ili ekim ayı anlık güç-zaman grafiği-1	67
Şekil 3.36. Ankara ili eylül ayı anlık güç-zaman grafiği-1	68
Şekil 3.37. Ankara ili eylül ayı güneş takip sistemi anlık güç-zaman grafiği	69

GİRİŞ

Dünyadaki gelişen teknolojiye bağlı olarak artan enerji tüketimi alternatif enerji kaynaklarına yönelimi artırmıştır. Türkiye' de de gelişen teknolojiye ayak uydurmak açısından alternatif enerji kaynaklarına olan ilgi gün geçtikçe artmaktadır. 2013 yılı toplam enerji tüketimi yaklaşık 242 milyar kWh olan Türkiye'de bu talebin çoğu fosil kaynaklardan karşılanmaktadır. Toplam elektrik üretiminin %44.0'ı doğalgazdan, %25.4'ü kömürden, %24.8'i hidrolik kaynaklardan, %3.1'i rüzgardan, %1.6'sı sıvı yakıt ve asfaltitten, %0.9'u atık ve jeotermalden, %0.1'i de diğer kaynaklardan karşılanmıştır. Görüldüğü gibi enerji kaynaklarının kullanım oranında doğalgaz başı çekmektedir. Fosil kaynaklar bakımından oldukça yetersiz olan Türkiye enerjide %73 oranında dışa bağımlıdır. Bu bağımlılık ülkemizin siyasi ve ekonomik özgürlüğünü tehlikeye atmaktadır. Başlıca sorun olarak görülen dışa bağımlılığın faturası ise oldukça ağırdır. Bu ağır faturanın azaltılabilmesi için her geçen gün yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırımlar artmaktadır. Güneş enerjisine yönelik çalışmalar ise henüz istenilen düzeyde değildir. %0.1'lik dilim içerisinde yer alan güneş enerjisi, engel ve sorunların aşılmasıyla ilerleyen yıllarda elektrik üretiminde önemli bir paya sahip olacaktır [1].

Gökhan Yusufoğlu, şebeke elektriğinin bulunmadığı tarımsal alanlarda güneş enerjisiyle sulamanın yapılması konusunda sistem tasarlamış, maliyet analizi yapmış ve bu konuda yüksek lisans tezi hazırlamıştır. Bu tezde güneş paneli elektriksel verimi ile pompa verimine etki eden durumları ortaya koymuştur[2].

Kübra Tuğyan Muhtaroğlu, güneş enerjisini çeviren çevre dostu sistemin tasarlanması konusunda yüksek lisans tezi hazırlamıştır. Tezinin sonucunda güneş panelinin belirli bir yük altında daha yüksek kapasitede çalışabildiği sonucuna ulaşmıştır[3].

Ramazan Şenol, güneş izlemeli fotovoltaiik pillerin mobil ölçüm istasyonlarına uygulanması hakkında deneysel çalışmalar yapmış ve yüksek lisans tezi hazırlamıştır. Tez çalışmasının sonucunda güneş takipli sistemin sabit sistemlere göre daha fazla enerji elde ettiğini ortaya koymuştur [4].

Barış Zan, bir fotovoltaik sistemden optimal gücün sağlanması konusunda sistem tasarlamış ve yüksek lisans tezi hazırlamıştır. Bu tez ile reflektör ve güneş takibine sahip sistemlerin daha fazla enerji elde ettiği sonucuna ulaşmıştır [5].

Karacadağ Kalkınma Ajansı, tarımsal uygulamalarda güneş enerjisi kullanımı konusunda çalışmalar yaptırmış ve bu konuda bir rapor yayınlamıştır. Bu raporda güneş enerjisi ile alakalı genel bilgiler ve güneş enerjisinin tarımda kullanımına yönelik örnekler yer almıştır [6].

John A. Duffie, William A. Beckman güneş enerjisi üzerine çalışmalar yapmışlar ve bu çalışmalarını Solar Engineering of Thermal Processes adı altında bir kitapta toplamışlardır [7].

Roger A. Messenger, Jerry Ventre fotovoltaik sistemler üzerine çalışmalar yapmışlar ve bu konudaki çalışmalarını Photovoltaic Systems Engineering adı altında bir kitapta toplamışlardır [8].

Bilinen güneş enerjisi sistemleri sabit bir yerde elektrik üretecek ve o yerin yakınlarında kullanılacak şekilde yapılmaktadır. İlk yatırım maliyeti yüksek olan güneş enerjisi sistemini başka bir mekanda kullanmak mümkün olmamaktadır. Sistemlerin çoğu güneşe belli bir açı ile yerleştirilerek, sabit şekilde alınabilecek en yüksek verim için uğraşmaktadır. Güneşin her an konumu değiştiği göz önünde bulundurulursa, sabit sistemlerin her an elde ettiği elektrik miktarının ve veriminin aynı olmayacağı aşîkardır.

Sistem taşınabilir haliyle, kullanıma hazır durumuna göre ortada, sağ yanda ve sol yanda olmak üzere üçerli gruplar halinde 9 adet güneş paneli içermektedir. Orta, sağ yan ve sol yanda bulunan paneller önce kendi aralarında daha sonra da birbirlerinin üzerine katlanacak ve son haliyle bir küp biçimine dönecektir.

Kullanıma hazır haldeki sistem, ana mil etrafında 360° dönebilecek ve yükseltme mekanizmasıyla da 0°– 85° arasında takip yapabilecek iki eksenli bir sistemdir. Yükseltme mekanizması vidalı mile sahip servo motor (lineer aktüatör) tahrik yapısıyla milin döndürme ucunun bağlantı miliyle panel destek gövdesine bağlanmasıdır. Doğrusal vidalı servo kendi miline uyguladığı tahrikle panel destek gövdesine bir moment uygulayacak ve belirli açılarda hareketini sağlayacaktır.

Başlıca hedefler arasında bulunan yüksek kapasitedeki bir sistem için güneş panellerinin olabildiğince yüksek verimli olması gerekmektedir. Güneş panellerinin kapasitesine göre doğru tipte akü seçimi, invertör seçimi, şarj kontrolörü seçimi yapılacaktır. Yapı gereği güneş panellerinin açılıp kapanmasını sağlayacak lineer aktüatörler kullanılacaktır. Hidrolik sistemlerdeki ekipman fazlalığı ve bakım gerekliliğinden dolayı aktüatörler tercih edilmiştir. Güneş takip sistemi sensörlerle sağlanacaktır. Bütün hareketler elektronik ünitelerce kontrol edilecektir.

1. BÖLÜM

GÜNEŞ ENERJİSİ

1.1.Temel Kavramlar

Güneş enerjisi, güneşin çekirdeğinde yer alan füzyon süreci ile (hidrojen gazının helyuma dönüşmesi) açığa çıkan ışıma enerjisidir. Dünya atmosferinin dışında güneş enerjisinin şiddeti, yaklaşık olarak 1370 W/m^2 değerindedir, ancak yeryüzüne ulaşan miktarı atmosferden dolayı $0-1100 \text{ W/m}^2$ değerleri arasında değişim gösterir. Bu enerjinin dünyaya gelen küçük bir bölümü dahi, insanlığın mevcut enerji tüketiminden kat kat fazladır. 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].

Güneş enerjisi teknolojileri yöntem, malzeme ve teknolojik düzey açısından çok çeşitlilik göstermekle birlikte iki ana gruba ayrılabilir. Bunlar fotovoltaik güneş teknolojisi ile ısı güneş teknolojileridir. Fotovoltaik sistemler, yapılarında var olan yarıiletkenlik özelliği ile elektrik üretirken, ısı güneş sistemleri enerji kuleleri ve yoğunlaştırıcı kollektörler yardımıyla bir çevrim sonucu elektrik üretirler. Her iki teknolojinin de birbirine göre avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Bu parametreler arasında ilk yatırım maliyeti, amortisman süreleri, yatırım sonrası bakım işlemleri gibi etmenler yer almaktadır[9].

1.2.Fotovoltaik Paneller

Fotovoltaik sistemlerde güneş hücreleri, yüzeylerine gelen güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren yarıiletken maddelerdir. Yüzeyleri kare, dikdörtgen, daire şeklinde biçimlendirilen güneş hücreleri alanları genellikle 100 cm^2 civarında, kalınlıkları ise $0,1-0,4 \text{ mm}$ arasındadır[9].

Güneş hücreleri fotovoltaik ilkeye dayalı olarak çalışırlar, yani üzerlerine ışık düştüğü zaman uçlarında elektrik gerilimi oluşur. Hücrenin verdiği elektrik enerjisinin kaynağı, yüzeyine gelen güneş enerjisidir[9].

Güneş enerjisi, güneş hücresinin yapısına bağlı olarak % 5 ile % 30 arasında bir verimle elektrik enerjisine çevrilebilir. Güç çıkışını artırmak amacıyla çok sayıda güneş hücresi birbirine paralel ya da seri bağlanarak bir yüzey üzerine monte edilir, bu yapıya güneş hücresi modülü ya da fotovoltaik modül adı verilir. Güç talebine bağlı olarak modüller birbirlerine seri ya da paralel bağlanarak bir kaç wattan megawatlara kadar sistem oluşturulur [9].

1.2.1.Kristal Paneller

Güneş ışınlarını yutma oranı düşük olmasına karşın verimlerinin %12-16 arasında olması kristal yapılı panelleri üreticiler için cazip kılmaktadır. Üretici firmaların çoğunun tercih ettiği bu paneller, pazar payının %93'nü oluşturmaktadır. Genel olarak 25 yıllık garanti ömrü sunulmaktadır. Mono kristal (c-Si veya SIN) ve poli kristal (mc-Si) olarak ikiye ayrılmaktadırlar [6].

Mono Kristal Paneller

Mono kristal paneller verimleri %15-18 arasında olmasından dolayı, uzun vadeli yatırımlar için ideal olmaktadır. Bu verim laboratuvar ortamında %20' ye kadar ulaşmıştır. Ülkemizdeki güneş durumu göz önünde bulundurulursa mono kristal paneller ile yapılacak santrallerin amortisman süreleri 5-7 yıl arasında değişim gösterecektir. 20 yıllık bir süreç sonunda %10' nun altında bir verim kaybı söz konusu olmaktadır. Saf kristal yapısından dolayı maliyetleri fazladır [6].



Şekil 1.1. Mono kristal panel

Poli Kristal Paneller

Poli kristal paneller verimleri %12-15 arasında olması ve kristal yapılarının tam homojen olmayışından dolayı mono kristal panellere göre daha ucuzdurlar (%20 civarı). Verimleri laboratuvar ortamında %17' ye kadar ulaşmıştır. Ülkemizdeki güneş durumu göz önünde bulundurulursa poli kristal paneller ile yapılacak santrallerin amortisman süreleri 5-7 yıl arasında değişim gösterecektir. Mono kristal paneller ile yaklaşık olarak aynı amortisman süresine sahip olması sektör yetkililerinin izlediği bazı politikalardan dolayıdır. Bunun dışında, 20 yıllık bir süreç sonunda %20' ye yakın bir verim kaybının söz konusu olması ve verimlerinin düşük olmasından kaynaklı daha fazla kurulum alanına ihtiyaç duymaları diğer dezavantajlarındandır[6].



Şekil 1.2. Poli kristal panel

1.2.2.İnce Film Paneller

Güneş ışınlarını yutma oranı yüksek olmasına karşın verimlerinin %7-12 arasında olmasından dolayı sektörde düşük bir paya sahiptir. Verimin düşük olmasından kaynaklı çok fazla kurulum alanına ihtiyaç duymaları ince film paneller için en büyük dezavantajdır. Öyle ki aynı güçte bir güneş enerjisi santrali kurulmak istenirse, mono kristal panellere göre %40 daha fazla yer kaplamaktadırlar [6].

Ülkemizde olduğu gibi ışıma değerleri ve güneşlenme süreleri yüksek olan yerlerde panel sıcaklıklarında artış olmakta ve buna bağlı olarak oluşan güç kayıpları ortaya çıkmaktadır. Bu kayıpları en aza indirmek için sıcaklıktan daha az etkilenen panelleri kullanmak mantıklı bir tercih olmaktadır. Yüksek sıcaklıklarda daha az güç kaybı yaşaması ince film panelleri, kristal yapıli panellerden bir adım öne çıkarmaktadır.

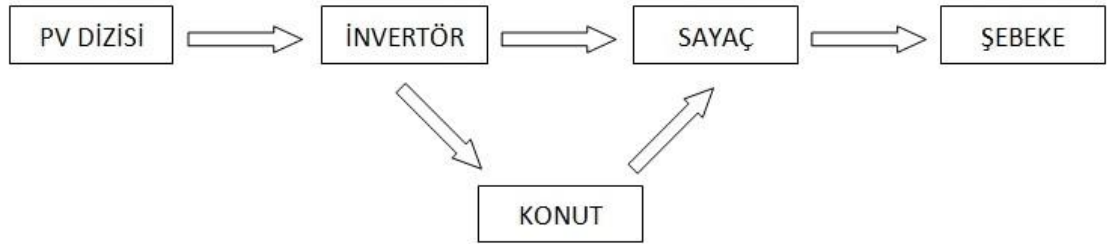


Şekil 1.3. İnce film panel

1.3.Fotovoltaik Sistemler

1.3.1.Şebeke Bağlantılı Sistemler (On-Grid)

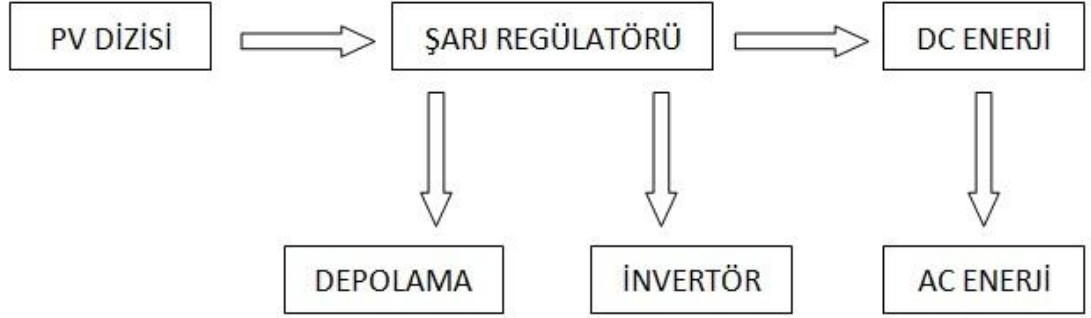
Şebeke bağlantılı sistemlerde, kullanıcının enerji tüketimi, fotovoltaik sistemin ürettiği enerjiden karşılanır. Tüketicinin üretimden fazla olduğu durumlarda kullanıcı tüketim fazlası enerjiyi şebekeden alır; buna karşılık, kullanıcının tüketimi üretiminden az olduğu durumlarda ise üretim fazlası enerji ile şebeke beslenir. Aylık ya da belirlenmiş periyotlar sonunda çift taraflı sayaç sayesinde hesaplaşma gerçekleşmektedir [10].



Şekil 1.4. Şebeke bağlantılı sistemlerin akış şeması

1.3.2.Şebekeden Bağımsız Sistemler (Off-Grid)

Bu sistemlerde fotovoltaik paneller ile üretilen elektrik enerjisi akülerde depolanır ve kullanıcı enerji ihtiyacını (gece-gündüz) bu akülerden sağlar. Sistemin kapasitesi, otonomi süresi boyunca (güneşten elektrik üretilemediği süreç) kullanıcının ihtiyacını karşılayacak şekilde boyutlandırılabilir.



Şekil 1.5. Şebekeden bağımsız sistemlerin akış şeması

1.4. Isıl Güneş Sistemleri

Güneş enerjisi uygulamaları ısı ve elektrik üretimi olarak ikiye, ısı üretimi ise düşük, orta ve yüksek sıcaklık uygulamaları olmak üzere üçe ayrılabilir. Düşük sıcaklık uygulamalarının bilinen en yaygın örneği düzlemsel güneş kolektörleridir. Orta sıcaklık uygulamaları çizgisel yoğunlaştırma yapan sistemler (parabolik oluk sistemleri), yüksek sıcaklık uygulamaları ise noktasal yoğunlaştırma yapan (Parabolik çanak ve merkezi alıcılar) sistemleridir. Güneş enerjisinin en yaygın ve bilinen kullanım alanlarından biri düzlemsel güneş kolektörleridir. En çok evlerde sıcak su ısıtma amacı ile kullanılan bu sistemler, güneş enerjisini toplayarak bir akışkana ısı olarak aktaran çeşitli tür ve biçimlerde imal edilmektedir. Bu sistemler içerisinde dolaşan akışkan 70-80°C sıcaklığa kadar çıkabilmektedir. Evlerin sıcak su ihtiyacı dışında, yüzme yavuzları ve sanayi tesisleri için de sıcak su sağlanmasında da kullanılmaktadırlar. Vakumlu düzlemsel toplayıcılarda ise 120°C sıcaklığa kadar çıkabilmektedir. Düzlemsel güneş kolektörleri dışında ki termal güneş enerjisi uygulamalarının diğer örnekleri ülkemizde olduğu gibi Dünya'da da yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sistemlerden bazıları; güneş havuzları, su arıtma sistemleri, ürün kurutma sistemleri, güneş ocakları ve güneş mimarisi gibi örneklerdir[11].

Isıl güneş enerjisi uygulamalarının ikinci büyük grubu da elektrik üretmekte kullanılan santrallerdir. Parabolik oluk kolektörü, parabolik çanak kolektörü yada merkezi alıcı tipte (güneş enerjisi yoğunlaştırıcıları) olabilmektedirler. Yoğunlaştırıcı toplayıcılarda geometrisine bağlı olarak doğru üzerine yoğunlaştırmada yani parabolik oluk kolektörde 400°C sıcaklığa, üç boyutlu yani çanak kolektörlerde 1400°C sıcaklığa kadar çıkabilmektedir[11].



Şekil 1.6. Parabolik odaklı ısı güneş sistemleri

Odaklı güneş enerjisi toplayıcılarıyla belirli sıcaklıklarda kızgın su, doymuş buhar ve kızgın buhar elde etmek mümkündür. Elde edilen kızgın su yada buhar enerjisi endüstri tesislerinde direkt olarak kullanılabilir. Dünyada güneşten elde edilen kızgın buhar ile çalışan birçok termik santral bulunmakla birlikte halen araştırmalar devam etmektedir[11].



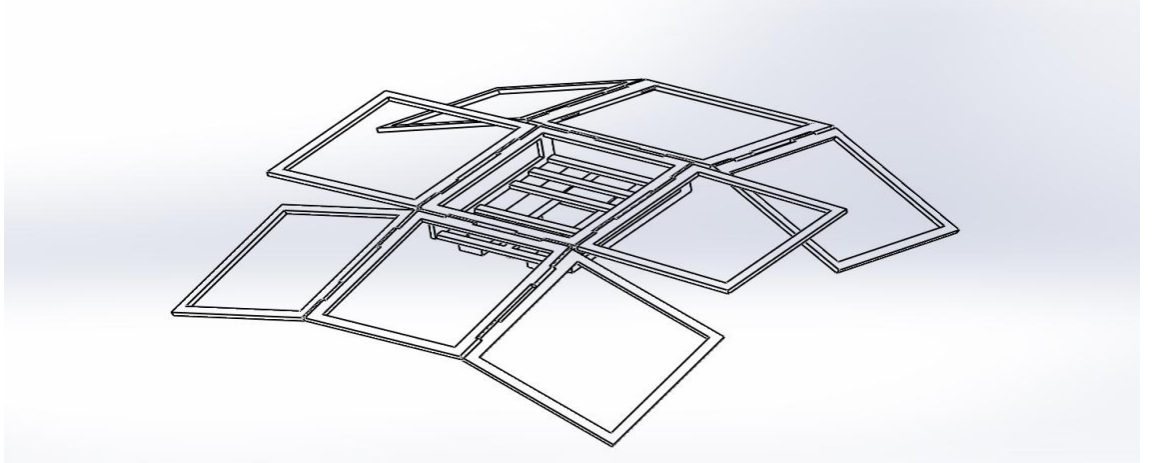
Şekil 1.7. Merkezi odaklamalı ısı güneş sistemleri

2. BÖLÜM

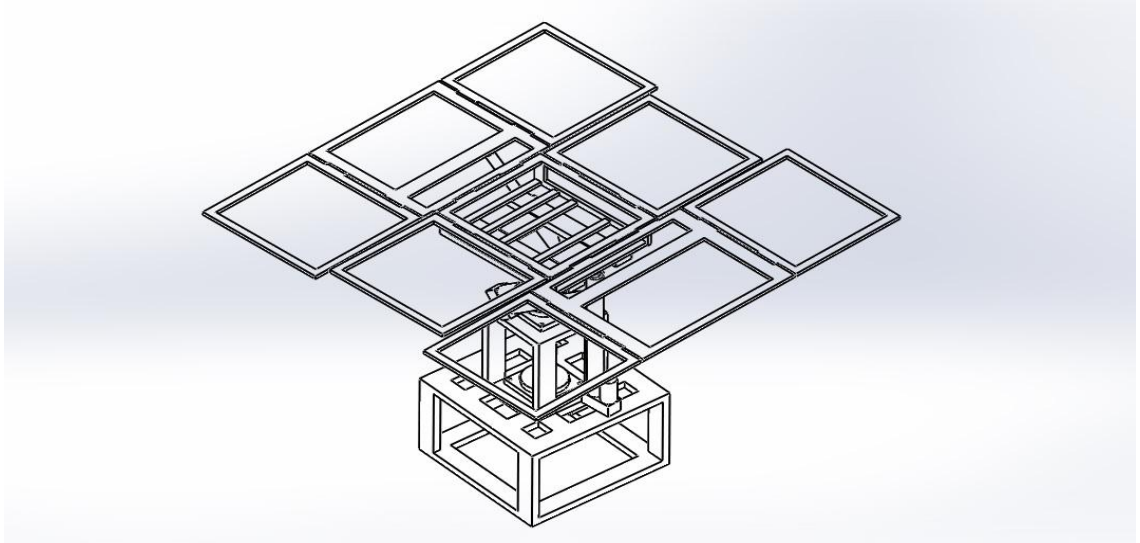
MATERYAL VE YÖNTEM

2.1.Sistem Tasarımı

Taşınabilir güneş takip sistemli pv panel dizaynı ve uygulaması sabit bir sistem olmayıp taşınabilir özelliğe sahiptir. Taşınabilir sistem tasarımında da en önemli faktör paneller olarak göz önüne çıkmaktadır. Bu tasarımdaki panellerin bulunduğu yapı üçe ayrılmaktadır. Orta bölümde üç adet, sağ ve sol yanda da üçer adet olacak şekilde toplamda dokuz panelden oluşmaktadır. Büyük yapıdaki sistemlerde boyu ile eni arasında fazla fark olan panellerin ikisi birleştirilerek tek bir panelmiş gibi monte edilebilmektedir. Bu şekilde toplamda on sekiz adet panel kullanılarak kurulu güçte artış sağlanabilmektedir. Tez kapsamında tasarlanacak panel kafes yapısı Şekil 2.1’de görülmektedir. Düzlemsel değişimlerin görüldüğü bu kafes yapısı Şekil 2.2’de tam açık pozisyonda verilmiştir.

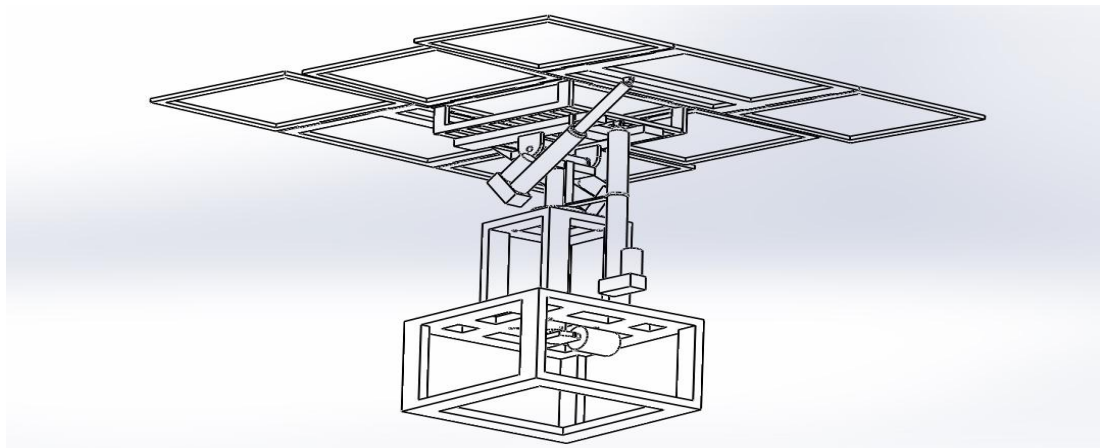


Şekil 2.1. Menteşeler yardımıyla panel kafes yapısının hareketleri



Şekil 2.2. Sistemin tam açık pozisyonu

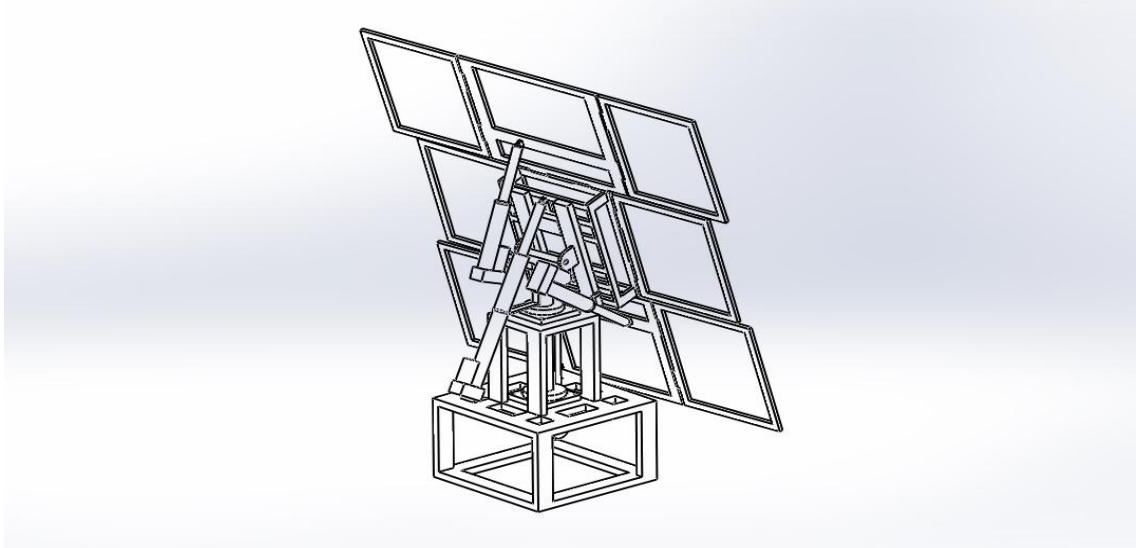
Sistem panelleri taşıyacak ve belirlenen hareketleri sağlayacak bir kafes yapısı barındırmaktadır. Kafes yapısının tasarımı bilgisayar ortamında üç boyutlu çizim programında yapılmıştır. Kullanılacak malzemenin seçimi, piyasada kolay bulunabilirliği göz önüne alınarak gerçekleştirilmiştir. Bu tasarımda kafes yapısının malzemesi demir ve çelik parçalardan oluşmaktadır. Korozyona karşı antipas ve boya koruması öngörülmektedir. Sistemin elektronik parçaları ise kafesin alt kısmında bulunan dikdörtgenler prizması şeklindeki bölümde muhafaza edilmektedir. Bu bölümün etrafı da plakalarla kapatılarak dış etmenlere karşı izole edilmiştir.



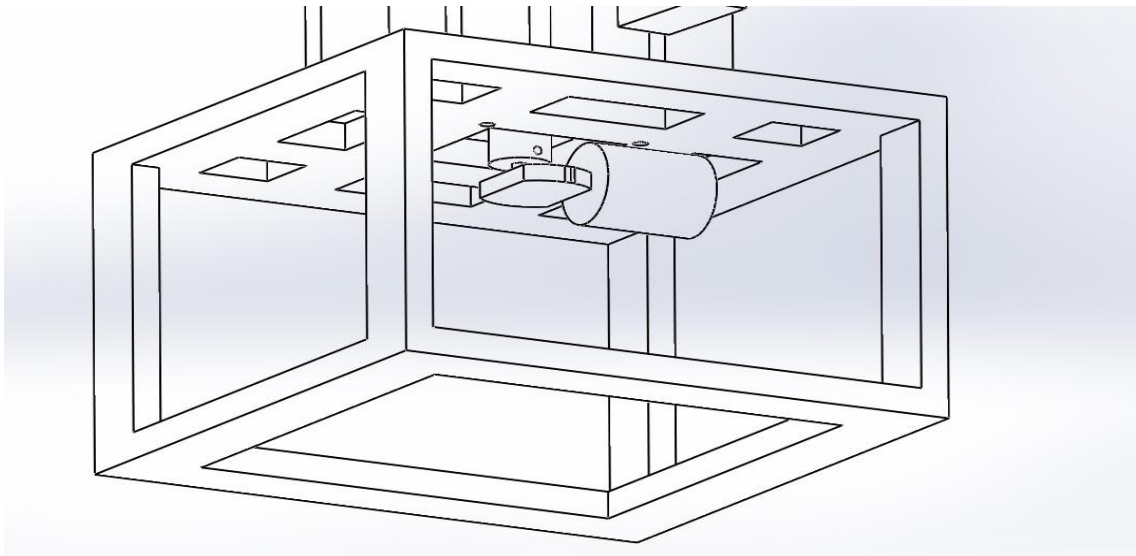
Şekil 2.3. Tam açık pozisyonu sağlayan doğrusal aktüatörler

Şekil 2.4. ' de görüldüğü gibi takip sistemi ekseninin birini oluşturan ortadaki doğrusal aktüatördür. Bu aktüatörün 0-85° aralığında çalışması öngörülmektedir. Güneş ışınları, güneşin doğuşundan, güneşin tam tepede olduğu öğlen vaktine kadar ve öğlen

vaktinden de güneşin batışına kadar takip edebilmektedir. Şekil 2.5. ' de yer alan redüktörlü DC motor ile ana milin kendi ekseninde dönmesi sağlanmıştır.



Şekil 2.4. Tam açık pozisyonun güneşe yönelmiş hali

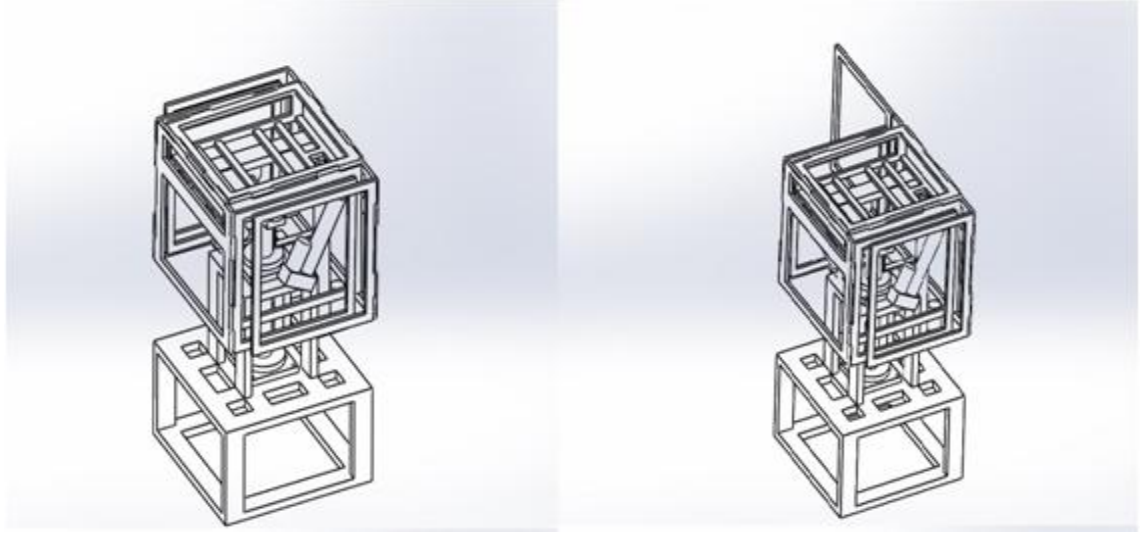


Şekil 2.5. Ana mili döndürecek redüktörlü DC motor

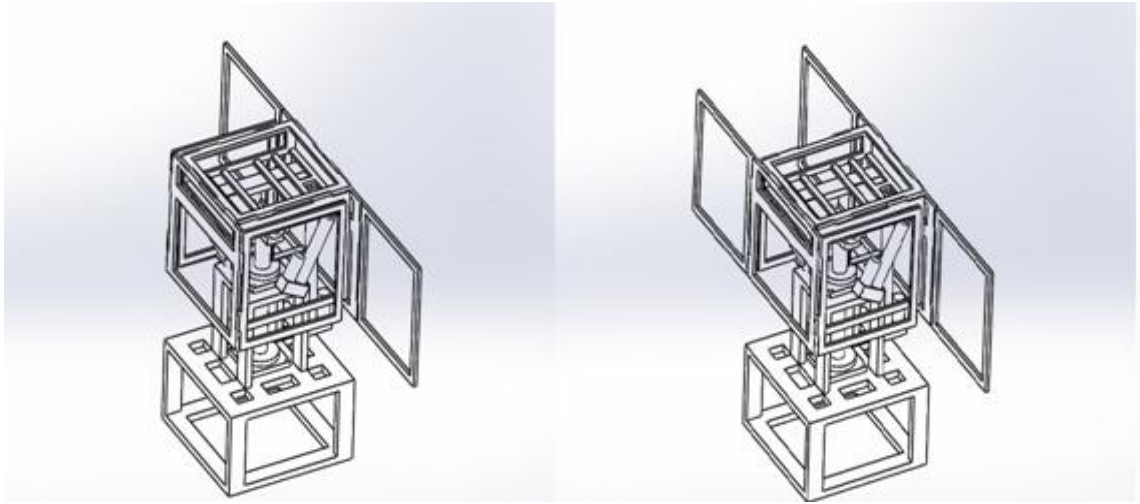
Sistemin kullanıma hazır hale gelme aşamaları Şekil.2.6'da görülmektedir. Bu şekilden sırasıyla sistemin kapalı konumu ve akabinde panellerin her birinin sırası ile açıldığı görülmektedir. Yan paneller kendi aralarında el ile sabitlendikten sonra doğrusal aktüatörler yardımıyla orta paneller ile aynı düzleme gelmektedir.

Sistemin güneşe yönelik hazır hale gelmesi aşaması Şekil.2.7.' de görülmektedir. Yan panellerin tamamı açılıp orta paneller ile aynı düzleme gelmektedir. Sistem düzlem

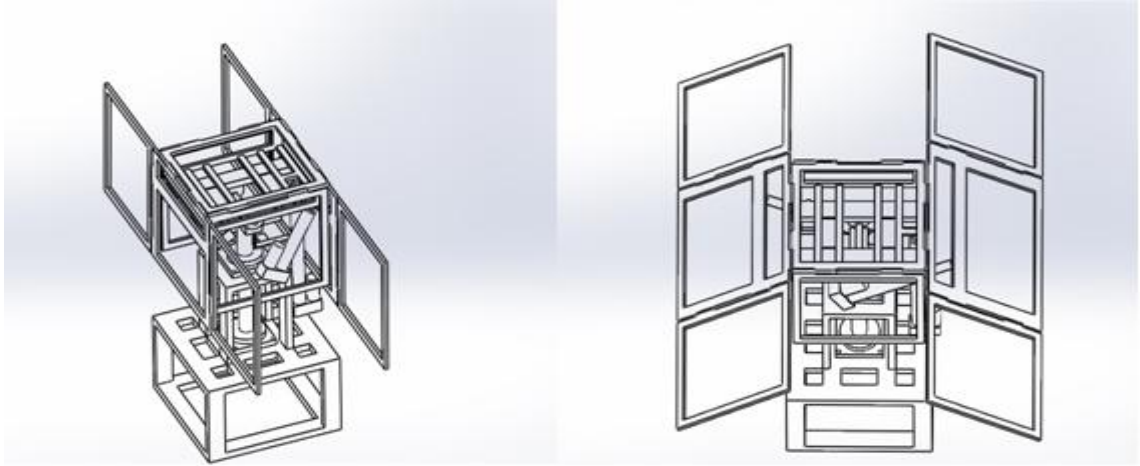
doğrulamasından sonra güneş ışınlarına yönelecek konuma hazır hale gelmekte ve takibe başlamaktadır. Gün doğumu ile gelen ışınlar sensörlerde sinyal oluşturmaktadır. Bu sinyaller gün batımına kadar devam etmektedir. Sinyaller ile elektronik devre tetiklenmekte ve panellerin her seferinde güneş ışınlarını maksimum düzeyde alması sağlanmaktadır.



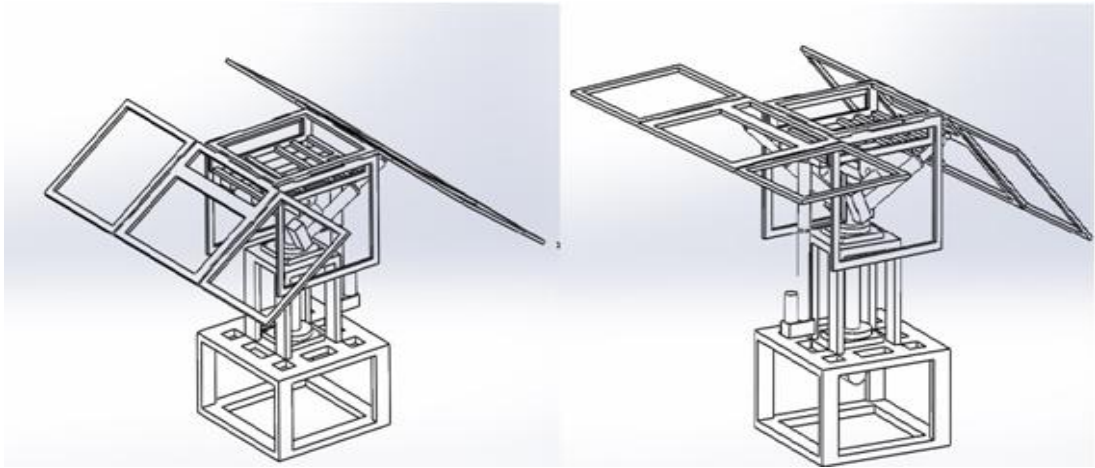
Şekil 2.6.a. Sistemin kullanıma hazır hale gelme aşamaları



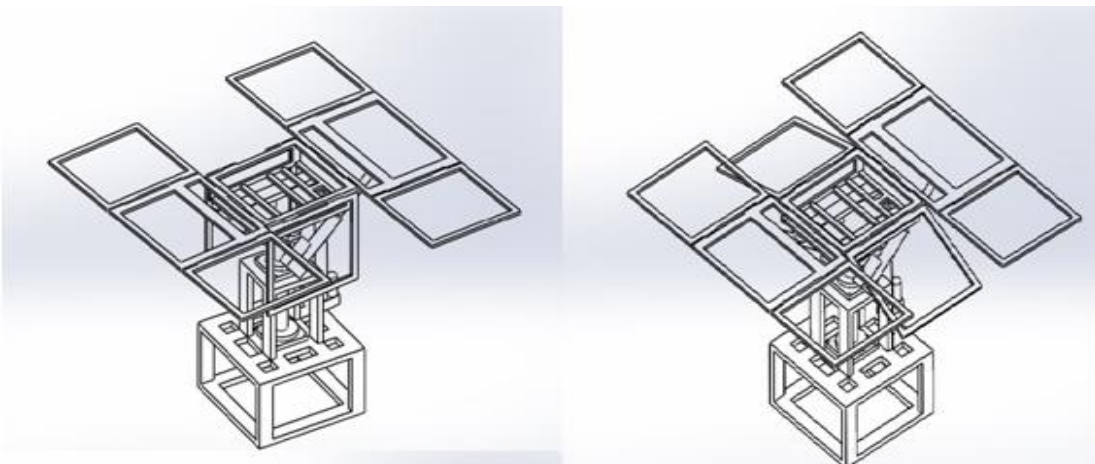
Şekil 2.6.b. Sistemin kullanıma hazır hale gelme aşamaları



Şekil 2.6.c. Sistemin kullanıma hazır hale gelme aşamaları



Şekil 2.7.a. Sistemin kullanıma hazır hale gelme aşamaları ve güneşe yönelmesi

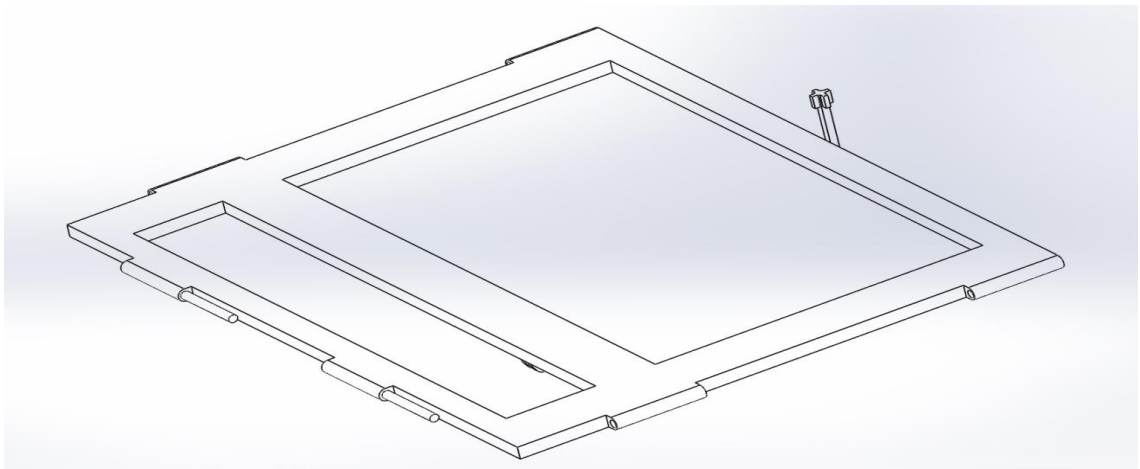


Şekil 2.7.b. Sistemin kullanıma hazır hale gelme aşamaları ve güneşe yönelmesi

Yan bölümlerin açılmasını sağlayan iki adet doğrusal aktüatör bulunmaktadır. Bu aktüatörler uzaktan kumanda ile kontrol edilmektedir. Kapalı haldeki sistemin açılışı ve

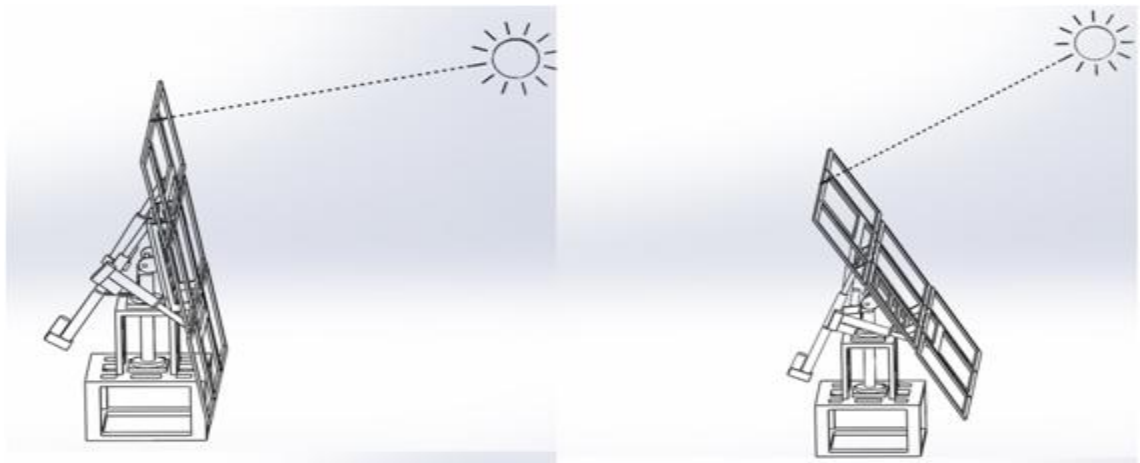
açık haldeki sistemin kapanışı esnasında kullanılacak olup bunların dışındaki zamanlarda kullanılmayacaktır.

Güneş ışınlarını dik bir şekilde almak için tasarlanmış sensörler yardımıyla tahrik mekanizması hareketini devam ettirmektedir. Şekil 2.8. 'de sensörün yeri görülmektedir. Sensörlerin gönderdiği sinyaller ile tetiklenen elektronik devre, doğrusal aktüatöre ve redüktörlü DC motora enerji göndererek hareketleri sağlamakta ve kontrol etmektedir.



Şekil 2.8. Üstte yer alan orta parçaya sensörlerin yerleştirilmesi

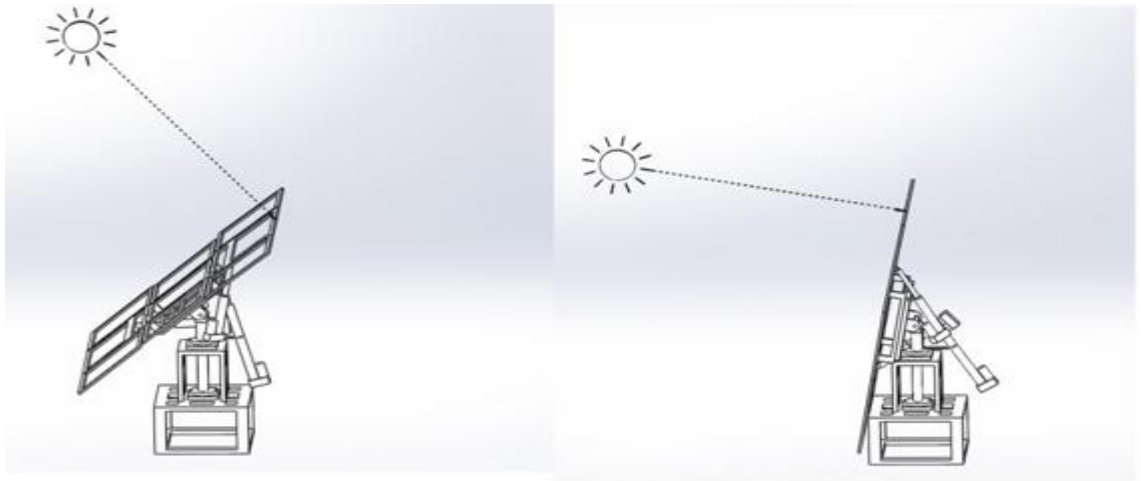
Güneşin doğuşuyla, sistem güneşe yönelmiş olan doğu batı yönünde takibini sürdürecektir. Bu şekilde güneş ışınlarının olabildiğince dik karşılanması sağlanacaktır. Şekil 2.9. 'da bu aşamalar görülmektedir. Sabit güneş sistemlerinde olduğu gibi ilk aşamada sistemin güneye konumlanma ile takibin doğu-batı yönünde ilerlemesi planlanmaktadır.



Şekil 2.9.a. Tam açık pozisyonunda güneş takip aşamaları

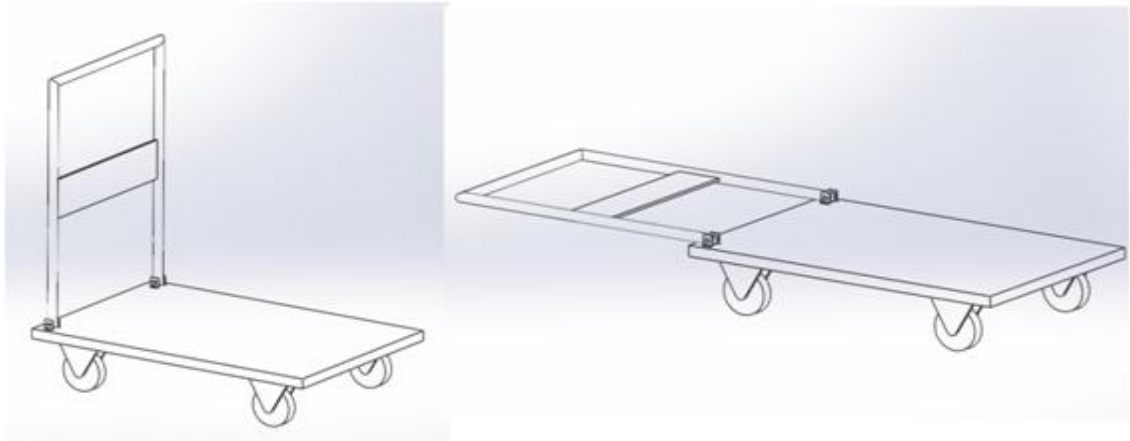


Şekil 2.9.b. Tam açık pozisyonda güneş takip aşamaları

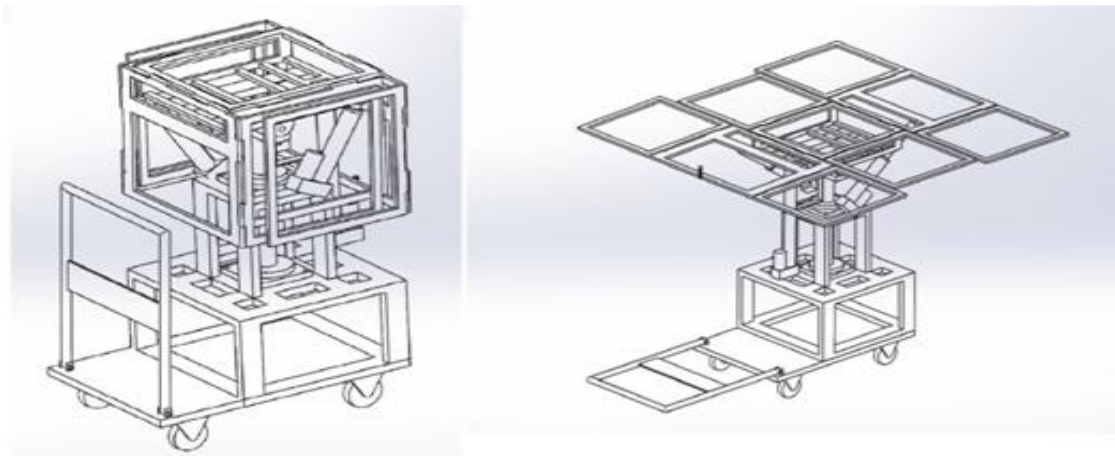


Şekil 2.9.c. Tam açık pozisyonda güneş takip aşamaları

Sistemin ana özelliklerinden biri olan taşınabilirlik ise dört tekerlekli bir yük taşıma aracı ile sağlanacak olup insan gücü ile kontrol edilecektir. Bunun nedeni sistemin küçük olmasıdır. Daha büyük sistemlerde ise başka bir araç tarafından kontrol edilen römork tarzı bir ekipman kullanılması öngörülmektedir. Şekil 2.10. 'da yük taşıma aracı ve sistemin açılmasını engellemek için hareket edebilen araç kolu görünmektedir. Bu sayede yan panellerin açılması hareket edebilen araç kolu ile çakışmamaktadır. Bu aşamadan sonra taşınabilir güneş takip sistemli pv panel dizaynı ve uygulaması tamamlanacaktır. Ardından veri girişi için veri kaydedicili ölçüm aleti ile ölçümler otomatik alınabilecektir.



Şekil 2.10.a. Taşıma aracı ve sistem yerleşimi



Şekil 2.10.b. Taşıma aracı ve sistem yerleşimi

2.2. Deney Sisteminin Kurulum Aşamaları

2.2.1. Kafes Yapısı

Kafes yapısını oluşturan temel parçalar şunlardır;

- Kutu profilden yapılmış çerçeveler
- Mil menteşe
- Ana mil
- Alt gövde
- Rulmanlar

Parçaların üretilmesinde büyük bir oranda gaz altı kaynağı kullanılmış olup, bazı bağlantılarda çözülebilir elemanlar kullanılmıştır. Şekil 2.11. 'de kutu profil den yapılmış çerçeve görülmektedir. Bu çerçeve üzerine güneş paneli monte edilmiştir. Çerçevelerin hepsi birbiri üzerine katlandığı için bazılarının daha geniş olması gerekmektedir. Bu genişlik çerçeve ve panel kalınlığı kadar olmalıdır.



Şekil 2.11. Kutu profilden yapılmış çerçeve

Çerçeveler tasarımda belirlenen şekilde birbirlerine bağlanmıştır. Bağlantı için mil menteşe kullanılmıştır. Şekil 2.12. 'de mil menteşenin kaynak yapıldığı yer ve çerçeve görülmektedir. Mil menteşenin tercih edilmesinin nedenleri arasında kolay kaynak yapılabilmesi ve düz bir parça yapısına sahip olması yer almaktadır.



Şekil 2.12. Ortada güçlendirilmiş çerçeve, ana mil bağlantı noktası ve mil menteşeler

Şekil 2.13. 'te görülen ortadaki iki küçük lama parçasına ana mil bağlanmıştır. Ana milin alt gövdeye rulmanlar ile yataklanması sağlanarak sabitlenmiştir. Güneş takip sisteminin bir eksenli bu milin kendi etrafında dönmesi ile sağlanmaktadır. Piyasada yer alan çift eksenli takip sistemlerinin büyük kısmı bu mantık ile çalışmaktadır.



Şekil 2.13. Bağlantı parçaları kaynaklanmış ana mil

Alt gövde bütün yükü taşıyacağı için daha kalın kutu profillerden imal edilmiştir. Alt gövde üzerinde iki adet yataklı rulman kullanılmıştır. Şekil 2.14. 'de bir adet rulman görülmektedir. Diğer rulman da profil üzerine yapılacak diğer parçaya yerleştirilmiştir. Rulmanlar alt gövdeye civata-somun ile yerleştirilmiştir.



Şekil 2.14. Ana gövde ve rulman

Kullanılan profil malzemelerde oluşabilecek paslanmaya karşı antipas ile koruma yapılmıştır. Akabinde boyama işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.15). Çerçevelerin birbirleriyle olan bağlantı bölümlerinde sürgüler bulunmaktadır. Bu sürgüler açılıp kapanabilen çerçevelerin açıldıktan sonra tekrar hareket etmemesi için onları diğer çerçeveye sabitlemede kullanılmaktadır. Çerçeveler kapanırken tekrar devre dışı bırakılmaktadırlar.



Şekil 2.15. Çerçevelerin boyanması



Şekil 2.16. Rulman ve mil montajı

Şekil 2.16. 'da alt gövdeye yerleştirilmiş rulmanlar ve rulmanlar ile yataklanmış mil görünmektedir. Milin üst tarafına birbirine mil menteşe ile bağlanmış çerçeveler konumlandırılmıştır.



Şekil 2.17. Çerçevelerin alt gövdeyle birleştirilmesi

Belirli aşamalar ile kafes yapının parçalarının birleştirilmesi işleminden sonra sıra elektrik-elektronik ekipmanların montajına gelmektedir. Bu montaj sırasında kullanım kılavuzları ve montaj şemaları referans alınarak hatasız ve güvenli bir kurulum gerçekleştirilmiştir.

2.2.2.Elektronik Ekipmanlar ve Hesaplamalar

Elektrik ve elektronik ekipmanların seçimi sırasında bazı hesaplamalar gerekmiştir [12]. Bu hesaplamalar şöyledir;

Tablo 2.1. 'den panel gücü $W_p = 10W$, ideal çalışma voltajı $V_m = 16,8V$

Kurulu güç : $10W \times 9 = 90W$

İnvertör ihtiyacı kurulu gücün %80 'i kadar alınmaktadır.

İnvertör ihtiyacı : $90W \times 0,80 = 72W$

Elde edilebilecek ortalama enerji miktarının belirlenmesi için ise şu formül kullanılır,

$$\text{İnvertör kapasitesi} = \frac{\text{Ortalama enerji miktarı} \times \text{İnvertör kaybı}}{\text{Günlük güneşlenme süresi}}$$

İnvertör kaybı için oran %10, günlük güneşlenme süresi de ortalama olarak 7,2 saat alınmıştır.

$$\text{Ortalama enerji miktarı} : \frac{72 \times 7,2}{1,10} = 471,2 \text{ Wh}$$

$$\text{Akü sayısı} = \frac{\text{Ortalama enerji miktarı} \times \text{Akü kaybı}}{\text{Akü voltajı} \times \text{Akü kapasitesi}}$$

Akü kaybı için oran %10, akü voltajı 12V, akü kapasitesi de 40Ah olarak alınmıştır.

$$\text{Akü sayısı} : \frac{471,2Wh \times 1,1}{12V \times 40Ah} = 1,08$$

Şarj kontrol cihazı da akü ile aynı voltajda olacak şekilde 12V seçilmiştir.

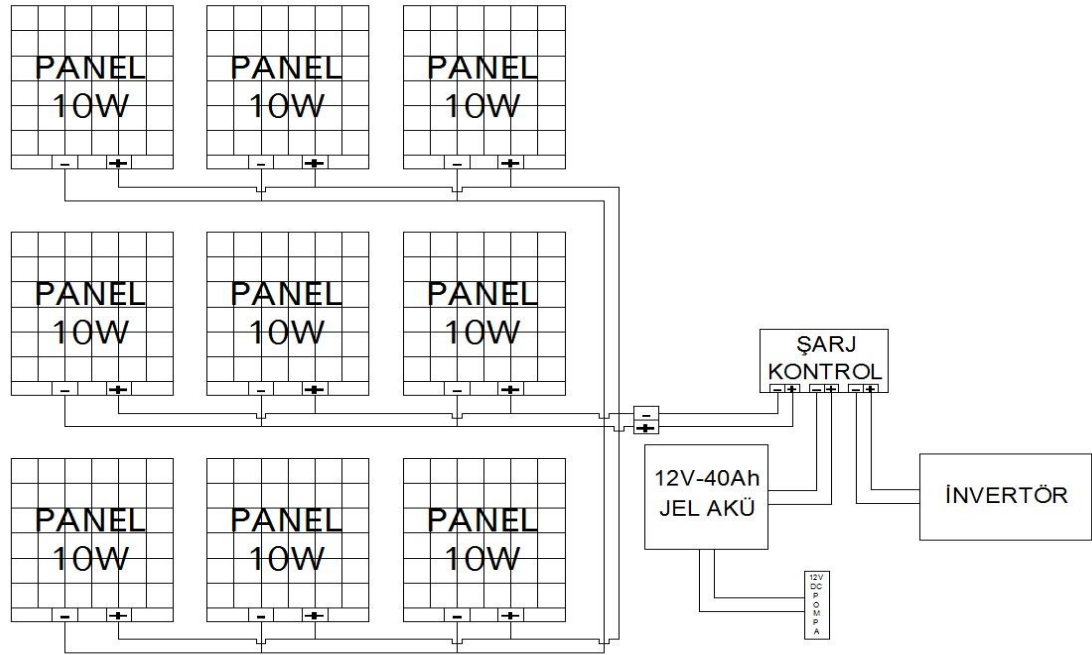
$$\text{Şarj kontrol cihazı akım değeri} = \frac{\text{Kurulu güç} \times \text{Şarj kontrol cihazı kaybı}}{\text{Şarj kontrol cihazı voltajı}}$$

Şarj kontrol cihazı kaybı için oran %10 alınmıştır.

Şarj kontrol cihazı akım değeri : $\frac{90W \times 1,1}{12V} = 8,25A$

Yapılan hesaplamaların sonucu dikkate alınarak ekipmanlar belirlenmeye çalışılmıştır. Ancak belirlenen özelliklerdeki ekipmanların piyasadaki durumu ve erişilebilirlikleri göz önünde bulundurulmuştur. Bu ekipmanlar şunlardır;

- 9 adet 10W gücünde monokristal güneş paneli
- 1 adet 120W gücünde invertör
- 1 adet 12V-10A kapasitede şarj regülatörü
- 1 adet 12V-40Ah kapasitede jel akü
- 1 adet 12V DC redüktörlü motor
- 1 adet güneş takip sistemi devresi
- 2 adet 12V-150mm stroke doğrusal aktüatör
- 1 adet 12V-300mm stroke doğrusal aktüatör
- 1 adet wattmetre
- 1 adet mini su pompası
- Kablolar



Şekil 2.18. Temel elemanlar montaj şeması

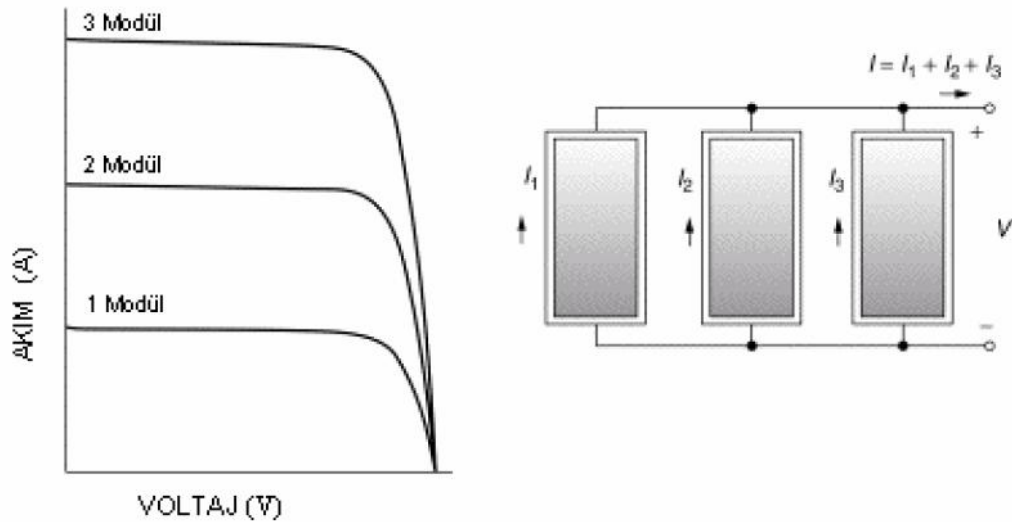
Fotovoltaik Paneller

Kurulum kılavuzlarının incelenmesiyle birlikte aşama aşama ekipmanlar bağlanmıştır. Öncelikle panellerin seri mi paralel mi bağlanmasının belirlenmesi gerekmektedir. Bunun için panellerin voltaj değeri ve şarj regülatörünün giriş voltajının aralığının bilinmesi şarttır. Bu sistemde kullanılan panellerin nominal voltajı Tablo 2.1. 'de görüldüğü üzere 21V değerindedir.

Tablo 2.1. Güneş paneli teknik özellikleri

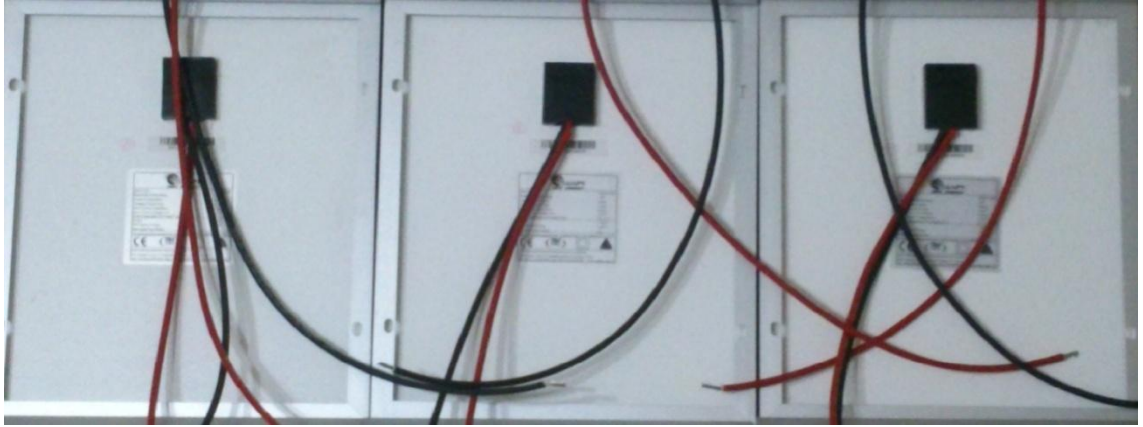
FOTOVOLTAİK PANEL	
Maksimum Güç	10Wp
Açık Devre Gerilimi	21,0V
İdeal Çalışma Voltajı	16,8V
Kısa Devre Akımı	0,68A
İdeal Çalışma Akımı	0,60A

Tablo 2.2. 'de de şarj regülatörünün giriş voltajının maksimum 28V olduğu görülmektedir. Bu yüzden ki panellerinin birbirleri ile paralel bağlanması çalışma voltajı açısından sıkıntı oluşturmayacak konumdadır. Paralel bağlanan panellerin akım-gerilim grafiği Şekil 2.18'de görülmektedir.



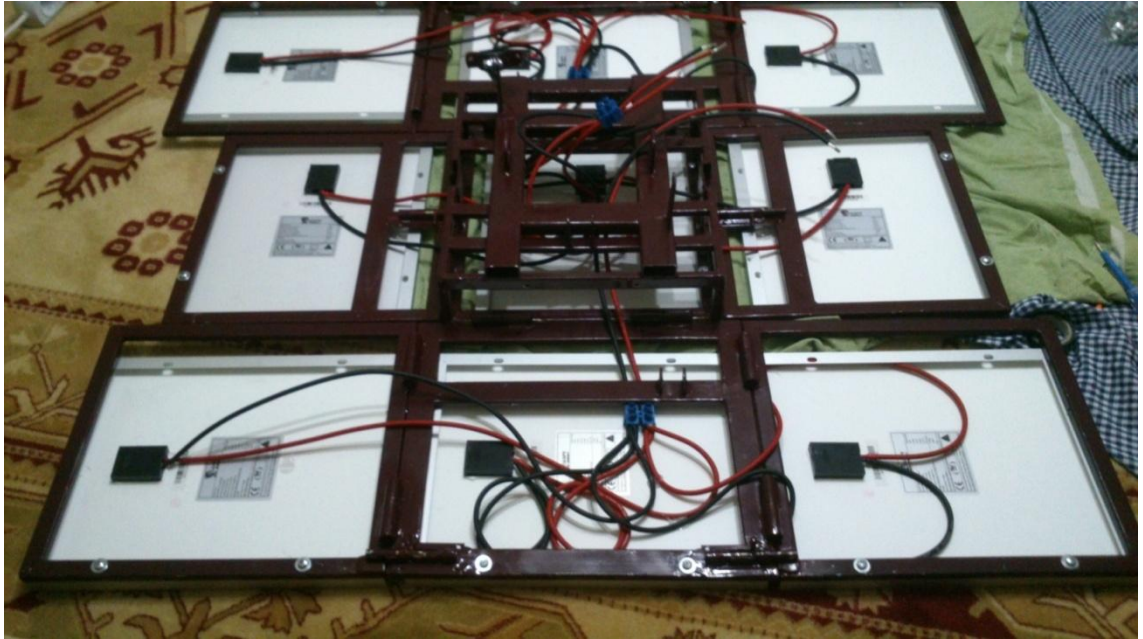
Şekil 2.19. Paralel bağlanan panellerin akım-gerilim grafiği[13]

Şekil 2.18. 'de yer alan monta şemasına göre öncelikle paneller birbirleri ile paralel bağlanacaktır. Her bir panelin arkasında yer alan çıkış gücü kutucuğundaki + ve - uçlara kırmızı ve siyah renkteki kablolar bağlanacaktır (Şekil 2.20).



Şekil 2.20. Panel kablo çıkışlarının bağlanması

Her bir panelin çıkış kabloları bağlandıktan sonra panellerin tamamının paralel bağlanması soketler yardımıyla gerçekleştirilerek akımın tamamı toplanmış olacaktır. Şekil 2.21. 'de panellerin birbirleri ile paralel bağlanması görülmektedir.



Şekil 2.21. Panellerin birbirleriyle paralel bağlanması

Bağlantı soketleri konnektörlere kabloların lehimlenmesi ile hazırlanmıştır. Her bir konnektörün + ve - uç kısmına üçer adet kablo girişi yapılmıştır. Bütün paneller birbirleri ile paralel bağlandıktan sonra şarj kontrol cihazının güç bölümüne + ve - uçlara dikkat edilerek veri girişi yapılmıştır. Sistemin kurulu görüntüsü Şekil 2.22'de görülmektedir.



Şekil 2.22. Kurulu sistemin görüntüsü

Şarj Kontrol Cihazı

Gün içerisinde güneşin durumuna göre panellerde oluşan voltaj değişmektedir. Bu değişen voltajın belirli bir noktada sabit tutularak depolama birimi olan aküye gönderilmesi gerekmektedir. Akünün zarar görmeden şarj olabilmesi için, şarj kontrol cihazı zorunlu bir elemandır.

Sistemde kullanılan akü 12V olduğu için şarj regülatörünün de 12V olanının kullanılması gerekmektedir. Şarj regülatörünün teknik özellikleri Tablo 2.2. de belirtilmiştir.

Tablo 2.2. Şarj kontrol cihazı teknik özellikleri

ŞARJ KONTROL CİHAZI	
Sistem Voltajı	12V
Nominal Şarj Akımı	10A
Maksimum PV Panel Voltajı	28V
Hızlı Akü Şarj Voltajı	14,4V
Boş Akü Şarj Voltajı	13,7V
Düşük Voltajda Devre Dışı Kalma Noktası	11,1V
Tekrar Devreye Girme Voltajı	12,6V

Şarj kontrol cihazında iki adet 12V DC çıkışı bulunmaktadır (Şekil 2.23). Bunların biri aküye bir diğeri de herhangi bir ekipmana ya da invertöre bağlanabilir. Burada önemli olan elde edilen enerjinin gün içerisinde hangi zaman aralığında kullanılacağıdır. Bu

sistemde enerjinin tamamının gün içerisinde depolanarak güneş battıktan sonra tarımsal sulamada pompa çalıştırılarak tüketilmesi düşünüldüğünden invertör doğrudan aküye bağlanmıştır. Aynı şekilde mini su pompası da doğrudan aküye bağlanılarak depolanan enerjiden beslenmesi sağlanmıştır (Şekil 2.24).



Şekil 2.23. Şarj kontrol cihazı



Şekil 2.24. Montajı yapılmış şarj kontrol cihazı

Jel Akü

Güneşten elde edilen elektrik enerjisini istenilen zamanda, özellikle geceleri kullanmak istenirse bu enerjinin bir şekilde depolanması gerekmektedir. Bu işlem için aküler kullanılmaktadır. Kuru akü, agm akü, jel akü başlıca akü tiplerindendir. Güneş enerjisi

sistemlerinde genellikle jel aküler tercih edilmektedir (Şekil 2.25). Bu akülerin içerisinde jel-jöle kıvamında elektrolit bulunmaktadır. Ağır çevre koşullarına, özellikle sıcaklık ve titreşime dayanıklı olması, bakım gerektirmemesi, derin deşarjdan tamamen geri döndürülebilmesi, uzun deşarjlarda gayet iyi performans göstermeleri tercih edilme sebeplerinin başında gelmektedir. Tez kapsamında kullanılan jel akü özellikleri Tablo 2.3'te görülmektedir.

Tablo 2.3. Jel akü teknik özellikleri

JEL AKÜ	
Kapasite (25 °C)	40Ah
Şarj Voltajı	14,4-15,0V
Maksimum Akım	10A



Şekil 2.25. Jel akü



Şekil 2.26. Montajı yapılmış jel akü

İnvertör (Evirici)

İnvertörler ya da diğer adıyla dönüştürücüler, doğru akımı alternatif akıma çeviren cihazlardır(Şekil 2.27). Tablo 2.4'te teknik özellikleri görülmektedir. Fotovoltaik paneller de doğru akım ürettiği için bunu günlük hayatta kullandığımız 220V 50/60Hz özelliklerinde alternatif akıma dönüştürmek için evirici kullanılması gerekir. Çıkış geriliminin frekansını nasıl ayarladıklarına göre tam sinüs ve modifiye edilmiş olarak ikiye ayrılmaktadırlar. Ortalama verimleri %85-95 arasında değişmektedir. Yüksek voltaj ve akım, yüksek ve düşük ortam sıcaklığı, mekanik baskılar gibi durumlar eviricileri olumsuz yönde etkilemekte ve sık arızalanmalarına neden olmaktadır. Bu yüzden uygun konumlara yerleştirilmeleri gerekmektedir.

Tablo 2.4. İnvertör (evirici) teknik özellikleri

DÖNÜŞTÜRÜCÜ	
Giriş Voltajı	10,5-15,5V
25 °C de sürekli çıkış gücü	180W
Maksimum Verim	%87



Şekil 2.27. İnvörtör



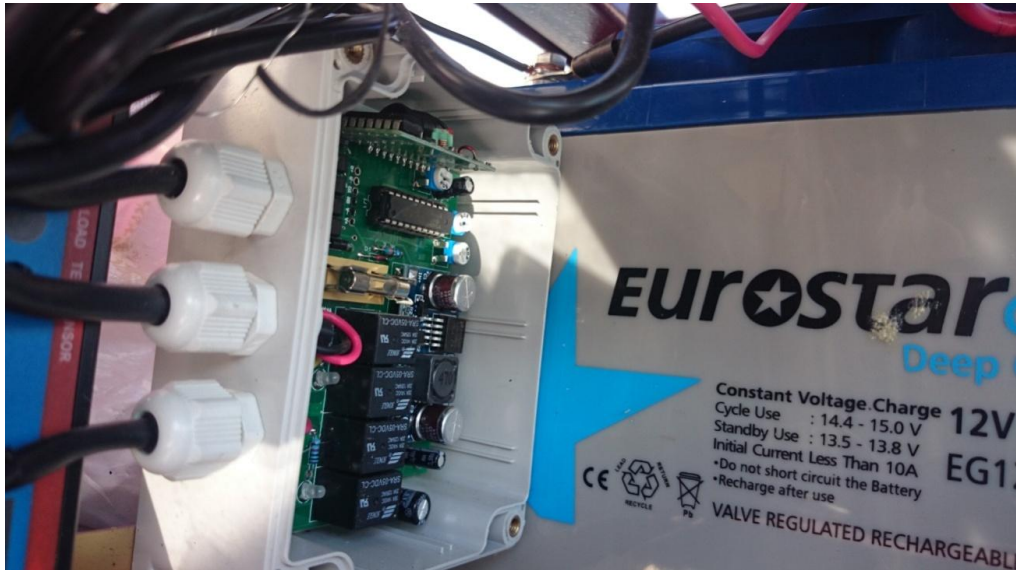
Şekil 2.28. Montajı yapılmış invörtör

Güneş Takip Sistemi

İçerdiği sensörler yardımıyla güneş ışınlarını algılayan ve sistemin ışınları sürekli dik bir şekilde almasını sağlayan elektronik devre ve kontrol elemanlarından oluşan sistemdir(Şekil 2.29). Bu sistemin en büyük dezavantajı bulutlu günlerde verimli çalışmamasıdır. Daha gelişmiş sistemlerde GPS tabanlı veri merkezi olup bulutlu günlerde bile güneşin konumu belli olduğu için takip sürmektedir.



Şekil 2.29. Güneş takip sistemi



Şekil 2.30. Montajı yapılmış güneş takip sistemi

Şekil 2.30'da görüldüğü gibi sensörlerden gelen sinyal ana devreden geçip kontrol elemanlarına gitmektedir.

Tablo 2.5. Güneş takip sistemi teknik özellikleri

GÜNEŞ TAKİP SİSTEMİ	
Sistem Voltajı	8-25V
Maksimum Akım	6A
Çalışma Sıcaklığı	(-40) - (+85)°C

Redüktörlü DC Motor

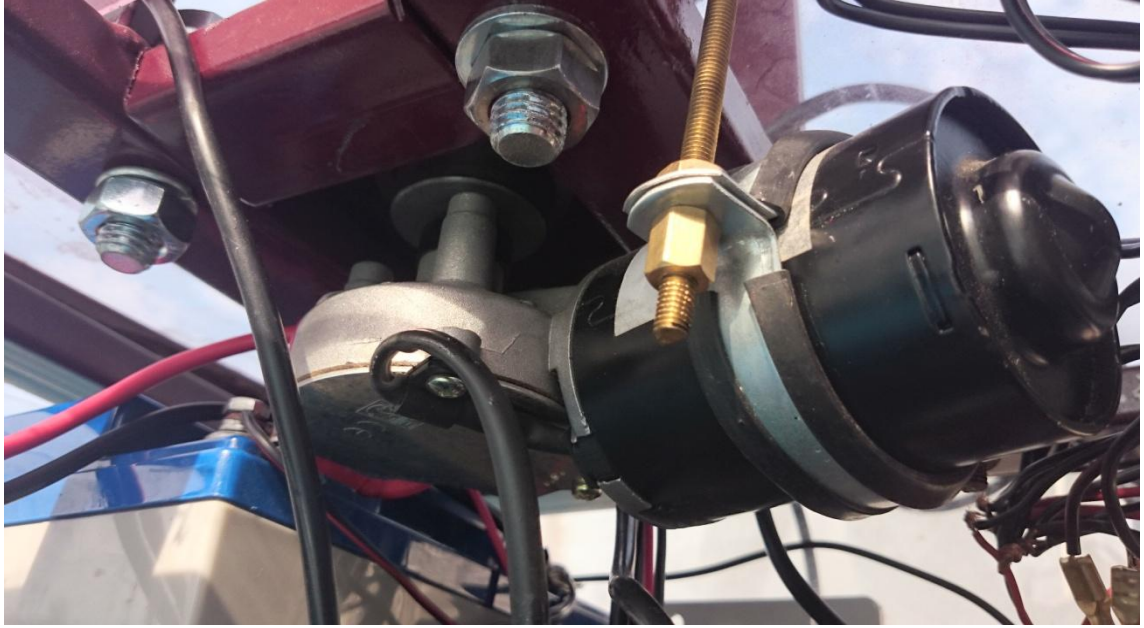
Düşük devirlerde yüksek tork üretmek için redüktörlü DC motorlar tasarlanmıştır (Tablo 2.26). Bunlar uygulamalarda sıkça kullanılmaktadır. Bu tez kapsamında kullanılan motor tipik bir araç silecek motorudur. Çift eksenli güneş takip sisteminin bir ekseninin hareketi bu motor ile sağlanılacak olup, orta ana milin altına monte edilmiştir (Şekil 2.31).

Tablo 2.6. Redüktörlü DC motor teknik özellikleri

REDÜKTÖRLÜ DC MOTOR	
Sistem Voltajı	12V
Sistem Hızı	55rpm
Boşta Çektiği Akım	2A
Tam Güçte Çektiği Akım	10A



Şekil 2.31. Redüktörlü DC motor



Şekil 2.32. Montajı yapılmış redüktörlü DC motor

Doğrusal Aktüatör(300mm stroke)

Doğrusal aktüatör, sonsuz dişliye sahip bir vidalı milin düşük devirde dönen dişli bir motor tarafından tahrik edilmesiyle itme sağlayan bir mekanizmaya sahiptir. Özellikleri Tablo 2.7’de verilmiştir. Bu sistemde yanlarda yer alan üçer adet panelin kurulum sırasında kaldırılmasını sağlayarak kullanıma hazır hale getirecektir. Kullanım sonrasında da ilk konumuna geri dönmek üzere yanlardaki panelleri kapatacaktır (Şekil 2.33-34).

Tablo 2.7. Doğrusal aktüatör (300mm stroke) teknik özellikleri

DOĞRUSAL AKTÜATÖR	
Çalışma Voltajı	12V
Çalışma Hızı	5,7 mm/s
Yükleme Kapasitesi	1500N
Stroke	300mm



Şekil 2.33. Doğrusal aktüatörler (300 mm)



Şekil 2.34. Montajı yapılmış doğrusal aktüatörler (300 mm)

Doğrusal Aktüatör(600mm stroke)

Bu doğrusal aktüatörün diğerlerinden farkı stroke mesafesidir (Şekil 2.35). Orta ana mile bağlantılı kelepçe ile sabitlenmiştir. Çift eksenli güneş takip sisteminin bir diğer ekseninin hareketi bu doğrusal aktüatör ile sağlanacaktır. Tablo 2.8’de Doğrusal aktüatör (600mm stroke) teknik özellikleri görülmektedir.

Tablo 2.8. Doğrusal aktüatör (600mm stroke) teknik özellikleri

DOĞRUSAL AKTÜATÖR	
Çalışma Voltajı	12V
Çalışma Hızı	5,7 mm/s
Yükleme Kapasitesi	1500N
Stroke	600mm



Şekil 2.35. Doğrusal aktüatörler (600 mm)



Şekil 2.35. Montajı yapılmış doğrusal aktüatörler (600 mm)

Wattmetre

Güneş panelleri tarafından gün içerisinde elde edilen enerjinin, gerilim akım ve anlık güç değerlerinin okunabildiği cihazdır (Şekil 2.37, 38). Enerji geldiği anda kayıta başlar ve enerjinin bitmesiyle kayıt sona erer. Bu süre içerisinde anlık değerler görülebildiği gibi maksimum değerler de takip edilebilmektedir. Teknik özellikleri Tablo 2.9’da görülmektedir.

Tablo 2.9. Wattmetre teknik özellikleri

WATTMETRE	
Çalışma Voltajı	0-60V
Çalışma Akımı	0-100A
Ölçüm Güncelleme Süresi	400ms
Veri Sıralama Dizi Süresi	2s



Şekil 2.37. Wattmetre ölçü aleti



Şekil 2.38. Montajı yapılmış wattmetre ölçü aleti

Mini Su Pompası

Sistemin elde ettiği enerjiyi kullanmak üzere tarımsal sulamayı temsilen kullanılacak küçük bir dalgıç pompadır (Şekil 2.40). Boştaki anlık gücü 25W olup debi ve basma yüksekliğine göre gücü değişmektedir (Tablo 2.10). Daha uzun ömürlü kullanılması için boşta çalıştırılmaması gerekmektedir. Bunun nedeni pompanın kendisini kullandığı sıvı ile soğutmasıdır.

Tablo 2.10. Mini su pompası teknik özellikleri

MİNİ SU POMPASI	
Çalışma Voltajı	12V
Boşta Çektiği Akım	2A
Maksimum Debi	20 lt/dk
Maksimum Basma Yüksekliği	10m



Şekil 2.39. Mini su pompası



Şekil 2.40. Montajı yapılmış mini su pompası

Kablolar ve Soketler

Bağlantıların yapılması için kullanılacak kabloların piyasada satılan solar kablolardan olması gerekmektedir. Bu solar kablolar dışındaki yalıtım sayesinde, dış ortam koşullarına, düşük ve yüksek sıcaklığa dayanıklıdır. Bu sistemde çok yüksek akımlarla enerji elde edilmediği için 2 mm² lik kablolar seçilmiştir (Şekil 2.41).



Şekil 2.41. Paralel bağlantı soketleri

Kontrol Paneli

Sistemin içerdiği hareketleri kontrol edebilmek amacıyla geliştirilmiştir. Açma-kapama anahtarları, kablolar, bilgilendirme yazıları ve wattmetre üzerinde bulunmaktadır (Şekil 2.42).



Şekil 2.42. Kontrol paneli

2.3.Ölçme ve Değerlendirme

Sistemin verimi, elde ettiği enerji gibi değerlerin ölçülmesi ve karşılaştırılması işlemleri birkaç adımda gerçekleştirilecektir. Bu adımlar sonucunda şu sonuçların elde edilmesi hedeflenmektedir;

- Sistemin tam açık pozisyonu güneye 30° ile konumlandırılarak güneşin doğuşundan batışına kadar elde ettiği enerjinin farklı bölgelerde teorik ve deneysel hesaplaması
- Sistemin tam açık pozisyonu güneye 30° ile konumlandırılarak güneşin doğuşundan batışına kadar elde ettiği enerjinin aynı bölgede farklı aylarda teorik ve deneysel hesaplaması
- Sistemin tam açık pozisyonu çift eksenli takip sistemi ile konumlandırılarak güneşin doğuşundan batışına kadar elde ettiği enerjinin teorik ve deneysel hesaplaması

Yukarıda belirtilen adımların gerçekleştirilmesi için bazı alet ve cihazlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bunlardan en önemlisi anlık güç gösteren "wattmetre" cihazı ve sistemden geçen akım miktarını kaydetmek için kullanılacak multimetredir.

3. BÖLÜM

BULGULAR

3.1. Teorik Hesaplamalar

Güneş enerjisi sistemleri tasarımlarında kullanılan temel formüller bulunmaktadır. Bu formüllerin uygulanması için bazı bilgilerin bilinmesi gereklidir. Bu bilgiler ile yapılan çalışmalar sonucunda yaklaşık olarak aylık ya da yıllık elde edilebilecek enerji miktarları hesaplanabilmektedir.

Güneş enerjisi ile ilgili bilinmesi gereken açısal kavramlar [14]:

Yükseklik Açısı (α): Güneş ışıınımlı ile yatay yüzey arasındaki açıdır.

Güneş Azimut Açısı (α_s): Güneş ışıınlarının kuzeye göre, saat dönüş yönünde sapmasını gösteren açıdır. Örneğin saat 12.00'de 180° olmaktadır.

Yüzey Azimut Açısı (α): Yüzey dikeyinin, yerel boylama göre, sapmasını gösteren açıdır. -180° ile 180° derece arasında değişebilir. Güneye bakan yüzey için sıfır olur. Doğuya yönelen yüzeyde pozitif, batıya yönelen yüzeyde ise negatif değer almaktadır.

Deklinasyon Açısı (δ): Dünya-güneş doğrultusunun, yerin ekvator düzlemi ile yaptığı açıdır. Kuzey yarım küre için pozitif değer almaktadır. Deklinasyon açısı $-23,45^\circ$ (21 Aralık kış gündönümünde) ile $+23,45^\circ$ (21 Haziran yaz gündönümünde) arasında değişmektedir. İlkbahar ekinoksunda (21 Mart) ve sonbahar ekinoksunda (21 Eylül) deklinasyon açısı sıfır olmaktadır.

Gelme Açısı (θ): Eğik yüzeyin dikeyi ile ışıın arasındaki açıdır.

Zenit Açısı (θ_z): Yatay yüzeyin normali ile güneş ışıınları arasında oluşan açıdır.

Saat Açısı (w): Zamanın açısal ölçüsüdür ve bir saat 15° boylama eşittir. Öğleden önce açı pozitif, öğleden sonra negatif değer almaktadır. Örneğin saat 10:00 için açı $+30^\circ$ ve saat 15:00 için açı -45° olur.

Enlem Açısı (θ): Ekvator düzlemi ile yerden dünyanın merkezine uzanan radyal çizgi arasındaki açıdır. Enlem kuzey yarım küre için pozitif olup, -90° ve $+90^\circ$ arasında değişmektedir.

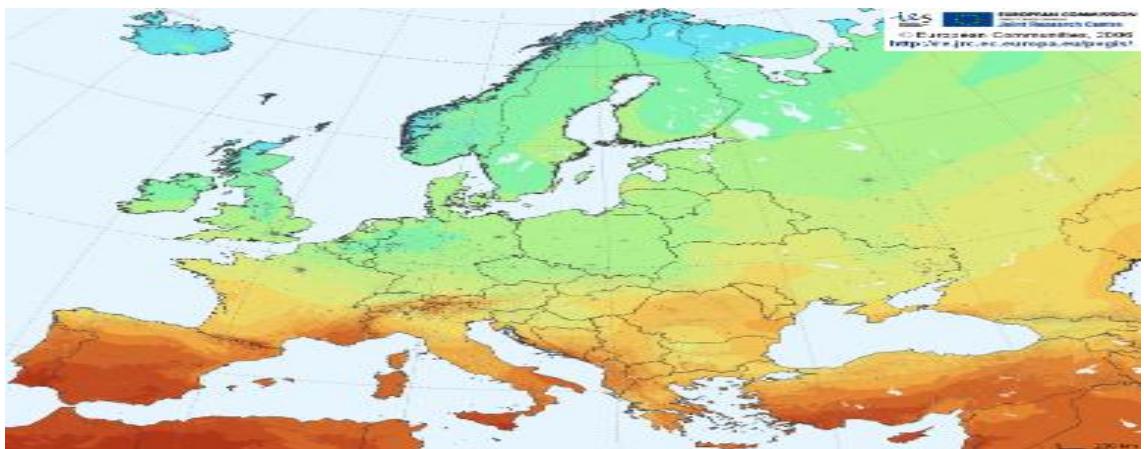
Eğim Açısı (β): Yatay düzlem ile panel yüzeyi arasında kalan açıdır. 0° ile 180° arasında değer almaktadır. Eğim açısı en iyi yaz performansı için ($\theta - 15$), en iyi kış performansı için ($\theta + 15$), optimum yıllık performans için ise ($0,9 \times \theta$) değerini almaktadır.

Sistemin bütün yıl kullanılacağı göz önüne alınırsa;

Eğim açısı (β) : Enlem $\times 0,9 = 40^\circ \times 0,9 = 36^\circ$ (Ankara)

Eğim açısı (β) : Enlem $\times 0,9 = 39^\circ \times 0,9 = 35^\circ$ (Kayseri) hesaplanabilmektedir.

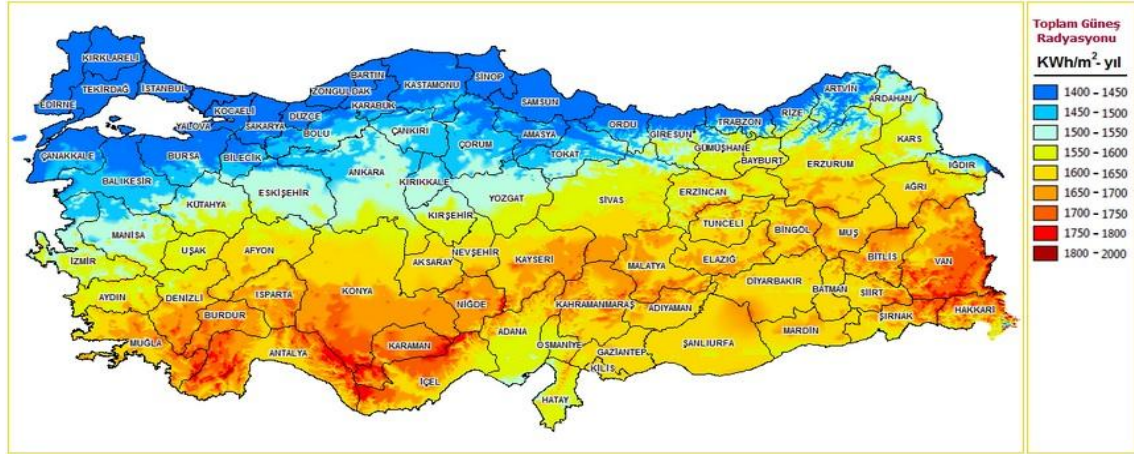
Elle hesaplama yöntemleri yerine hazır paket programlar da bulunmaktadır. Bunlardan PVSol, PVSys gibi programlar en gelişmiş programlar arasındadır. Bunların yanı sıra online olarak kullanılabilen ücretsiz, basit ve kısa sürede sonuç alınabilen hesaplama yazılımları da mevcuttur. Bunların arasında da en çok kullanılan PVGIS yazılımıdır [15]. Merkezi İtalya'da bulunan Avrupa Komisyonu Ortak Çalışma Merkezi adındaki bir kuruluşun hazırlamış olduğu Google Earth altyapısıyla dünyanın her yerinden noktasal olarak verilerin alınabileceği güzel bir online yazılımdır. Bu yazılımda bazı değerleri el ile girebileceğiniz gibi optimum seçeneği işaretleyerek en iyi sonuçları görebilmek de mümkündür. Aşağıdaki harita Avrupa'nın güneş haritasıdır [16].



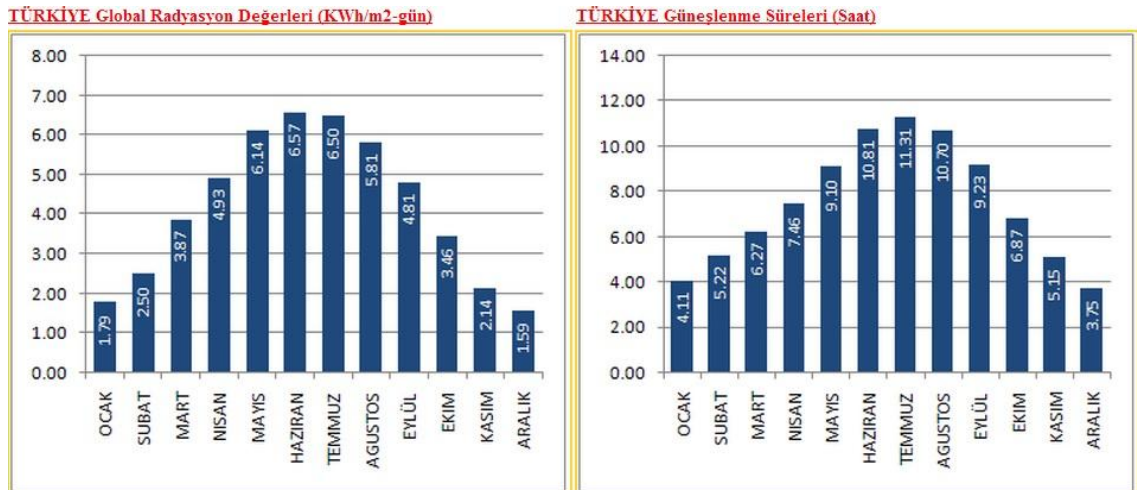
Şekil 3.1. Avrupa kıtası ve Türkiye güneş haritası

Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanmış Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyel atlası Şekil 3.2'de görülmektedir [17]. Bu harita üzerinden illere tıklanarak o

ilin güneşlenme süreleri ve güneş radyasyonu miktarları görülebilmektedir. Şekil 3.3'te Türkiye'nin radyasyon değerleri ile güneşlenme süreleri görülmektedir.



Şekil 3.2. Türkiye güneş haritası



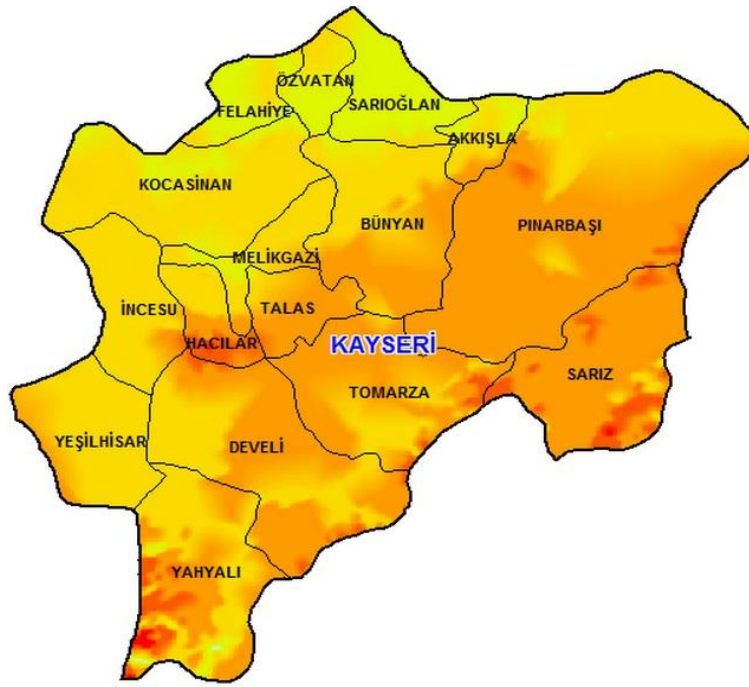
Şekil 3.3. Türkiye'nin radyasyon değerleri ile güneşlenme süreleri

3.1.1.Farklı Bölgelerde Elde Edilecek Enerjinin Hesaplanması

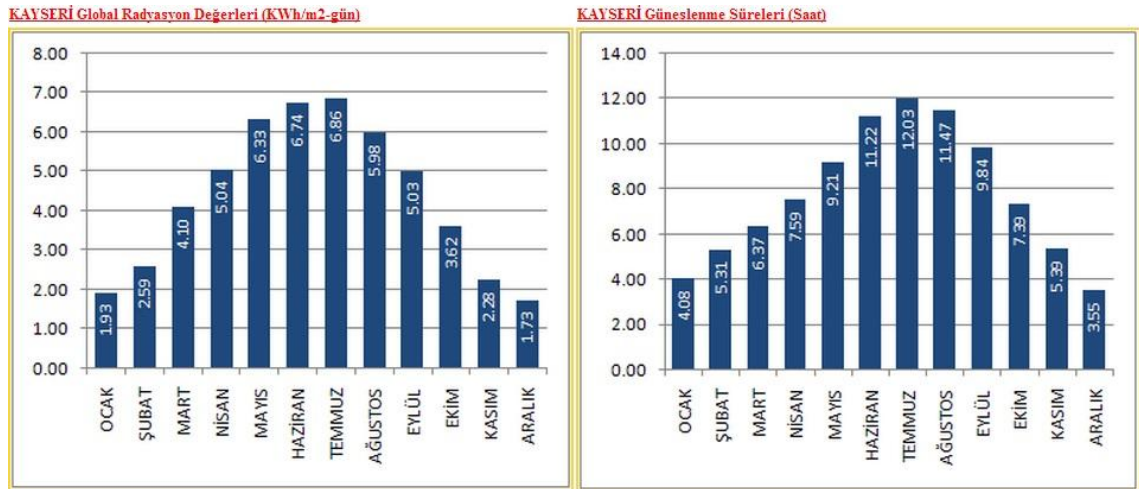
Tez kapsamında deneysel veriler için iki farklı il dikkate alınmıştır. Bunlar Kayseri ve Ankara illeridir.

Kayseri için hesaplama

Kayseri ili için gerekli hesapların yapılabilmesi için Kayseri güneş haritası ve radyasyon değerleri Şekil 3.4 ve 3.5'te görülmektedir.



Şekil 3.4. Kayseri ili güneş haritası



Şekil 3.5. Kayseri ili radyasyon değerleri ile güneşlenme süreleri

Ağustos ayı için dikkate alınan parametreler şu şekildedir;

- ✓ Global radyasyon değeri 5,98 kWh/m²-gün
- ✓ Güneşlenme süresi 11,47 saat

Global radyasyon değerinden yola çıkarak;

$$1 \text{ m}^2 \text{ alan için} = 5,98 \text{ kWh/gün}$$

$$\text{Toplam yüzey alanı} = 9 \text{ panel} \times 0.355\text{m} \times 0.295\text{m} = 0,94 \text{ m}^2$$

$$\text{Panel verimi} = \%11$$

Elde edilen enerji = $5,98 \text{ kWh/m}^2\text{-gün} \times 0,94 \text{ m}^2 \times 0,11 = 0,62 \text{ kWh/gün}$

Hesaplamalar PVGIS paket programında da aynı şartlar için tekrar edilmiştir. Uygulamada Kayseri ili Bünyan ilçesinin Samağır köyü için hesaplama Şekil 3.6.'da verilmiştir. Gerekli parametre girişleri sağlanmıştır.

Şekil 3.6. Kayseri ili PVGIS veri giriş ekranı

Yazılım hesaplama sonucu ile birlikte grafikleri göstermektedir. Hesaplama elde edilen sonuçlar Tablo 3.1 ve 3.2'de verilmiştir.

Sistem Bilgileri

Yer	: 38°37'50"Kuzey, 36°30'38" Doğu
Yükseklik	: 1424 m
Kullanılan güneş radyasyonu veri tabanı	: PVGIS-CMSAF
PV sisteminin Nominal güç	: 0.09 kW (kristal silikon)

Sistem Kayıpları

Sıcaklık ve düşük ışıma nedeniyle tahmini kayıpları	: %9,4
Açısal yansıma etkileri nedeniyle tahmini kayıp	: %2,8
Diğer kayıplar (kablolar, invertör vb)	: %0
Kombine PV sistem kayıpları	: %11,9

Tablo 3.1. Kayseri ilinde sabit sistemin PVGIS enerji ve radyasyon değerleri

Ay	Ed	Em	Hd	Hm
Ocak	0,24	7,51	2,81	87,2
Şubat	0,29	8,03	3,35	93,90
Mart	0,40	12,40	4,88	151,00
Nisan	0,44	13,10	5,44	163,00
Mayıs	0,48	14,80	6,10	189,00
Haziran	0,52	15,50	6,73	202,00
Temmuz	0,54	16,90	7,21	223,00
Ağustos	0,56	17,40	7,43	230,00
Eylül	0,53	15,70	6,86	206,00
Ekim	0,43	13,30	5,43	168,00
Kasım	0,35	10,50	4,23	127,00
Aralık	0,25	7,66	2,90	89,90
Yıl Ortalaması	0,42	12,70	5,29	161,00
Yıl Boyunca Toplam		153		1.930

- Ed : Sistemden elde edilen ortalama günlük enerji üretimi (kWh)
- Em : Sistemden elde edilen ortalama aylık enerji üretimi (kWh)
- Hd : Sistemin panelleri tarafından metrekare başına alınan küresel radyasyon miktarının ortalama günlük toplamı (kWh/m²)
- Hm : Sistemin panelleri tarafından metrekare başına alınan küresel radyasyon miktarının ortalama aylık toplamı (kWh/m²)

Tablo 3.2. Kayseri için PVGIS ve GEPA değerleri

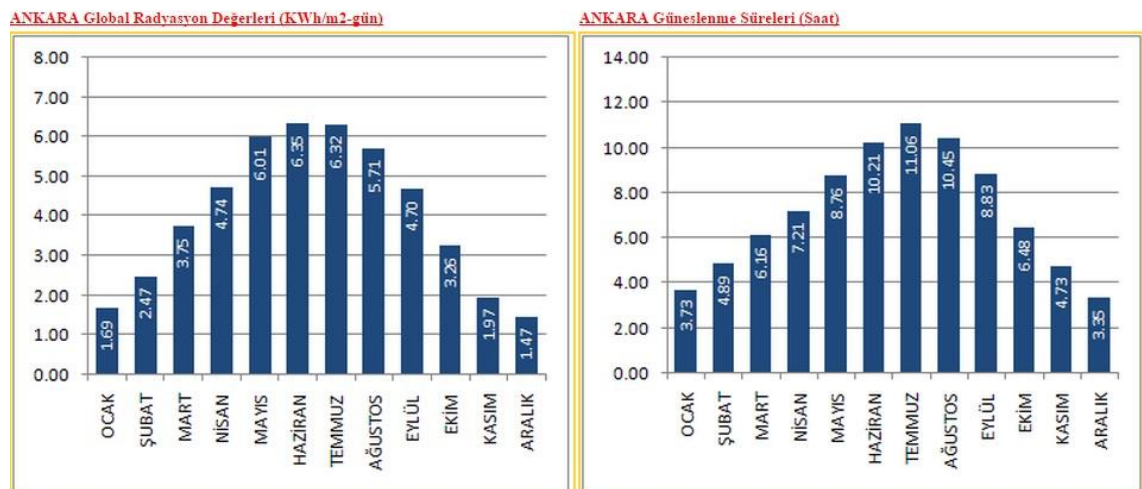
KAYSERİ	Günlük Radyasyon Miktarı (kWh/m ²)	Günlük Enerji Miktarı (kWh)	Aylık Radyasyon Miktarı(kWh/m ²)	Aylık Enerji Miktarı (kWh)
GEPA	5,98	0,62	185,4	18,60
PVGIS	7,43	0,56	230	17,40

Ankara için hesaplama

Seçilen illerden Ankara için güneş haritası ve radyasyon değerleri Şekil 3.7 ve 3.8’de görülmektedir. Ağustos ayı için hesaplamalar Ankara ili dikkate alınarak tekrar edilmiştir.



Şekil 3.7. Ankara ili güneş haritası



Şekil 3.8. Ankara ili radyasyon değerleri ile güneşlenme süreleri

Ankara ili Ağustos ayı için parametre ve hesaplar;

- ✓ Global radyasyon değeri 5,71 kWh/m²-gün
- ✓ Güneşlenme süresi 10,45 saat

Global radyasyon değerinden yola çıkarak;

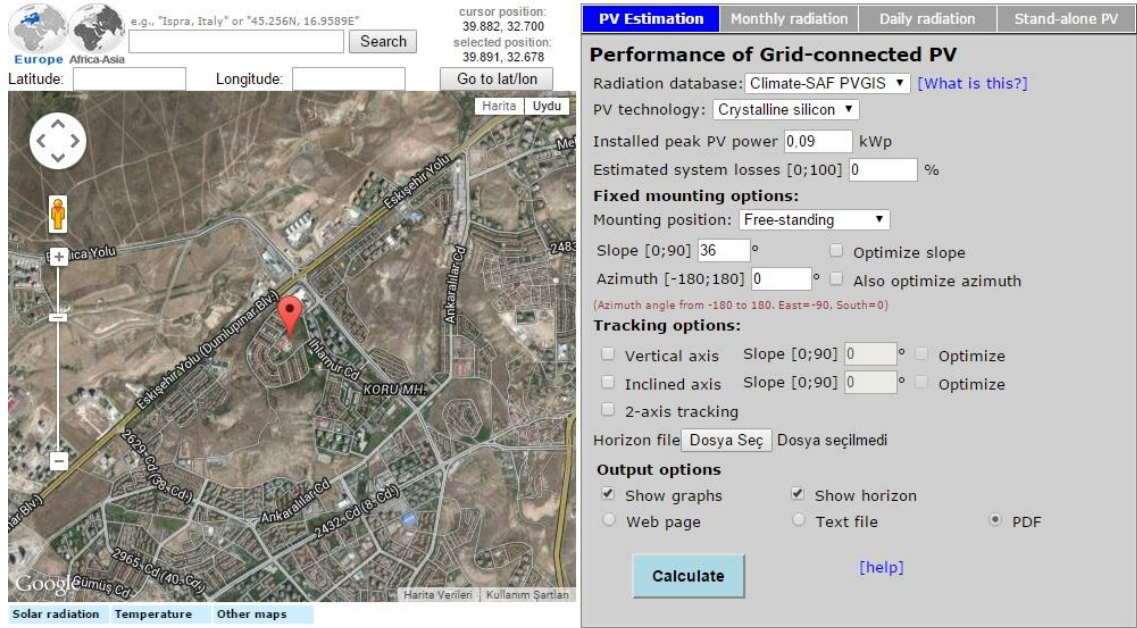
$$1 \text{ m}^2 \text{ alan için} = 5,71 \text{ kWh/gün}$$

$$\text{Toplam yüzey alanı} = 9 \text{ panel} \times 0.355\text{m} \times 0.295\text{m} = 0,94 \text{ m}^2$$

Panel verimi = %11

Elde edilen enerji = $5,71 \text{ kWh/m}^2\text{-gün} \times 0,94 \text{ m}^2 \times 0,10 = 0,59 \text{ kWh/gün}$

Hesaplamalar hazır paket program PVGIS ile tekrar edilmiştir. Ankara ili Çankaya ilçesinin Çayyolu semti için hesaplama Şekil 3.9' daki veriler dikkate alınarak yapılmıştır.



Şekil 3.9. Ankara ili PVGIS veri giriş ekranı

Program sonuçları Tablo 3.3 ve 3.4'te görülmektedir.

Sistem Bilgileri

Yer : 38°6'5"Kuzey, 33°49'59" Doğu
 Yükseklik : 1086 m
 Kullanılan güneş radyasyonu veri tabanı : PVGIS-CMSAF
 PV sisteminin Nominal güç : 0.09 kW (kristal silikon)

Sistem Kayıpları

Sıcaklık ve düşük ışıma nedeniyle tahmini kayıpları : %9,5
 Açısal yansıma etkileri nedeniyle tahmini kayıp : %2.7
 Diğer kayıplar (kablolar, invertör vb) : %0
 Kombine PV sistem kayıpları : %11,9

Tablo 3.3. Ankara ilinde sabit sistemin PVGIS enerji ve radyasyon değerleri

Ay	Ed	Em	Hd	Hm
Ocak	0,21	6,42	2,41	74,80
Şubat	0,30	8,39	3,54	99,20
Mart	0,41	12,6	4,94	153,00
Nisan	0,43	13,00	5,40	162,00
Mayıs	0,48	14,90	6,20	192,00
Haziran	0,51	15,40	6,71	201,00
Temmuz	0,54	16,70	7,15	222,00
Ağustos	0,54	16,90	7,23	224,00
Eylül	0,51	15,30	6,61	198,00
Ekim	0,41	12,60	5,10	158,00
Kasım	0,34	10,10	4,05	122,00
Aralık	0,23	7,10	2,69	83,30
Yıl Ortalaması	0,41	12,50	5,18	157,30
Yıl boyunca Toplam		149		1.890

- Ed : Sistemden elde edilen ortalama günlük enerji üretimi (kWh)
- Em : Sistemden elde edilen ortalama aylık enerji üretimi (kWh)
- Hd : Sistemin panelleri tarafından metrekare başına alınan küresel radyasyon miktarının ortalama günlük toplamı (kWh/m²)
- Hm : Sistemin panelleri tarafından metrekare başına alınan küresel radyasyon miktarının ortalama aylık toplamı (kWh/m²)

Tablo 3.4. Ankara için PVGIS ve GEPA değerleri

ANKARA	Günlük Radyasyon Miktarı (kWh/m ²)	Günlük Enerji Miktarı (kWh)	Aylık Radyasyon Miktarı(kWh/m ²)	Aylık Enerji Miktarı (kWh)
GEPA	5,71	0,59	177	17,70
PVGIS	7,23	0,54	224	16,90

3.1.2.Aynı Bölgede Farklı Aylarda Elde Edilecek Enerjinin Hesaplanması

Farklı iki bölge için yapılan hesaplamaların aynısı bir bölge için farklı zamanlarda tekrarlanacaktır. Bölge olarak Ankara ili Çankaya ilçesinin Çayyolu semti kullanılacaktır. Ağustos ayı değerleri mevcut olup eylül ve ekim aylarında enerji hesaplaması yapılmıştır.

Eylül ayı için hesaplama

Eylül ayı için;

- ✓ Global radyasyon değeri 4,70 kWh/m²-gün
- ✓ Güneşlenme süresi 8,83 saat

Global radyasyon değerinden yola çıkarak;

$$1 \text{ m}^2 \text{ alan için} = 4,70 \text{ kWh/gün}$$

$$\text{Toplam yüzey alanı} = 9 \text{ panel} \times 0.355\text{m} \times 0.295\text{m} = 0,94 \text{ m}^2$$

$$\text{Panel verimi} = \%11$$

$$\text{Elde edilen enerji} = 4,70 \text{ kWh/m}^2\text{-gün} \times 0,94 \text{ m}^2 \times 0,11 = 0,49 \text{ kWh/gün}$$

PVGIS değerleri Tablo 3.3' den Eylül ayı için seçilecektir.

Tablo 3.5. Ankara ili eylül ayı PVGIS ve GEPA değerleri

ANKARA (Eylül)	Günlük Radyasyon Miktarı (kWh/m ²)	Günlük Enerji Miktarı (kWh)	Aylık Radyasyon Miktarı(kWh/m ²)	Aylık Enerji Miktarı (kWh)
GEPA	4,70	0,49	141	14,70
PVGIS	6,60	0,51	198	15,30

Ekim ayı için hesaplama

Ekim ayı için;

- ✓ Global radyasyon değeri 3,26 kWh/m²-gün
- ✓ Güneşlenme süresi 6,48 saat

Global radyasyon değerinden yola çıkarak;

$$1 \text{ m}^2 \text{ alan için} = 3,26 \text{ kWh/gün}$$

$$\text{Toplam yüzey alanı} = 9 \text{ panel} \times 0.355\text{m} \times 0.295\text{m} = 0,94 \text{ m}^2$$

$$\text{Panel verimi} = \%11$$

$$\text{Elde edilen enerji} = 3,26 \text{ kWh/m}^2\text{-gün} \times 0,94 \text{ m}^2 \times 0,11 = 0,34 \text{ kWh/gün}$$

PVGIS değerleri Tablo 3.3'ten Eylül ayı için seçilecektir.

Tablo 3.6. Ankara ili ekim ayı PVGIS ve GEPA değerleri

ANKARA (Ekim)	Günlük Radyasyon Miktarı (kWh/m ²)	Günlük Enerji Miktarı (kWh)	Aylık Radyasyon Miktarı(kWh/m ²)	Aylık Enerji Miktarı (kWh)
GEPA	3,26	0,34	97,80	10,20
PVGIS	5,10	0,41	158	12,60

3.1.3.Aynı Bölgede Sabit Ve Güneş Takipli Sistemden Elde Edilecek Enerjinin Hesaplanması

Bu bölümde sabit bir açıyla güneşe yönelmiş sistem ile çift eksenli güneş takibi yapan sistemin elde ettiği enerji hesaplaması yapılmıştır. Bölge olarak Ankara ili Çankaya ilçesinin Çayyolu semti kullanılmıştır. Zaman olarak eylül ayı alınmıştır.

Sabit açılı sistem için hesaplama

Sistem Bilgileri

Yer	: 38°6'5"Kuzey, 33°49'59" Doğu
Yükseklik	: 1086 m
Kullanılan güneş radyasyonu veri tabanı	: PVGIS-CMSAF
PV sisteminin Nominal güç	: 0.09 kW (kristal silikon)

Sistem Kayıpları

Sıcaklık ve düşük ışıma nedeniyle tahmini kayıpları	: %9,5
Açısal yansıma etkileri nedeniyle tahmini kayıp	: %2.7
Diğer kayıplar (kablolar, invertör vb)	: %0
Kombine PV sistem kayıpları	: %11,9

Tablo 3.7. Ankara ili sabit sistemin eylül ayı PVGIS enerji ve radyasyon değerleri

Ay	Ed	Em	Hd	Hm
Ocak	0,21	6,42	2,41	74,80
Şubat	0,30	8,39	3,54	99,20
Mart	0,41	12,6	4,94	153,00
Nisan	0,43	13,00	5,40	162,00
Mayıs	0,48	14,90	6,20	192,00
Haziran	0,51	15,40	6,71	201,00
Temmuz	0,54	16,70	7,15	222,00
Ağustos	0,54	16,90	7,23	224,00
Eylül	0,51	15,30	6,61	198,00
Ekim	0,41	12,60	5,10	158,00

Kasım	0,34	10,10	4,05	122,00
Aralık	0,23	7,10	2,69	83,30
Yıl Ortalaması	0,41	12,50	5,18	157,30
Yıl Boyunca Toplam		149		1.890

- Ed : Sistemden elde edilen ortalama günlük enerji üretimi (kWh)
- Em : Sistemden elde edilen ortalama aylık enerji üretimi (kWh)
- Hd : Sistemin panelleri tarafından metrekare başına alınan küresel radyasyon miktarının ortalama günlük toplamı (kWh/m²)
- Hm : Sistemin panelleri tarafından metrekare başına alınan küresel radyasyon miktarının ortalama aylık toplamı (kWh/m²)

Güneş takipli sistem için hesaplama

PVGIS yazılımında güneş takip sistemi bölümünde çift eksenli butonu işaretlenerek elde edilen enerji ve radyasyon değerleri de alınabilmektedir.

Tablo 3.8. Ankara ili çift eksenli takip sisteminin eylül ayı PVGIS enerji ve radyasyon değerleri

Ay	Ed	Em	Hd	Hm
Ocak	0,24	7,59	2,91	90,10
Şubat	0,36	10,10	4,31	121,00
Mart	0,50	15,50	6,10	189,00
Nisan	0,55	16,60	6,86	206,00
Mayıs	0,69	21,20	8,74	271,00
Haziran	0,75	22,40	9,64	289,00
Temmuz	0,79	24,40	10,40	321,00
Ağustos	0,76	23,60	10,00	311,00
Eylül	0,67	20,20	8,66	260,00
Ekim	0,51	15,90	6,42	199,00
Kasım	0,42	12,70	5,13	154,00
Aralık	0,28	8,72	3,36	104,00
Yıl Ortalaması	0,55	16,60	6,89	210,00
Yıl Boyunca Toplam		199		2.510

- Ed : Sistemden elde edilen ortalama günlük enerji üretimi (kWh)
- Em : Sistemden elde edilen ortalama aylık enerji üretimi (kWh)

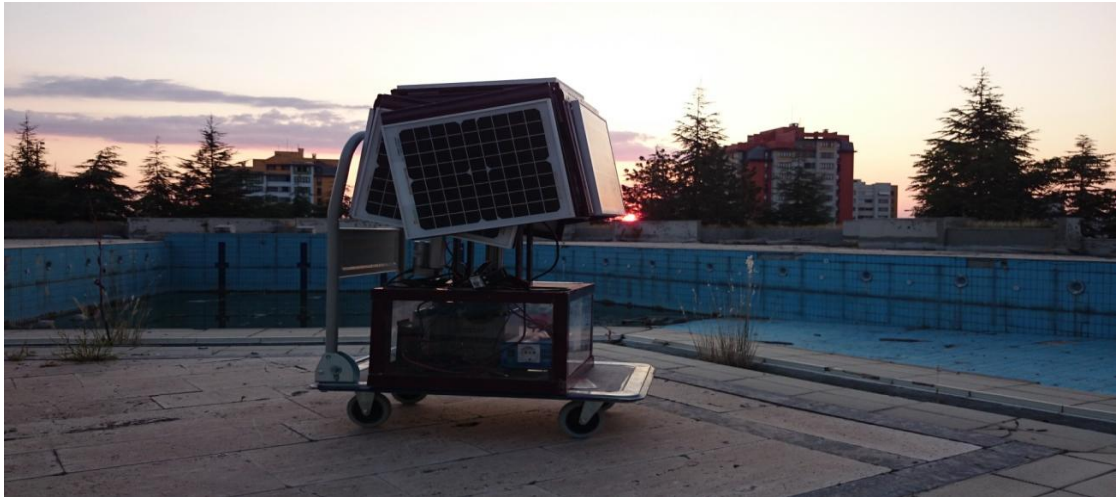
H_d : Sistemin panelleri tarafından metrekare başına alınan küresel radyasyon miktarının ortalama günlük toplamı (kWh/m^2)

H_m : Sistemin panelleri tarafından metrekare başına alınan küresel radyasyon miktarının ortalama aylık toplamı (kWh/m^2)

3.2.Deneysel Hesaplamalar

3.2.1.Farklı Bölgelerde Elde Edilecek Enerjinin Deneysel Hesaplaması

Deneysel hesaplamalar için sistemin açılarak kullanıma hazır hale gelmesi gerekmektedir. Aşağıdaki fotoğraflarda kapalı haldeki sistemin kullanıma hazır hale gelmesinin adımları resmedilmiştir. Bu fotoğraflar Ankara'da ölçüm yapılacak alanda çekilmiştir.



Şekil 3.10. Sistemin kapalı hali



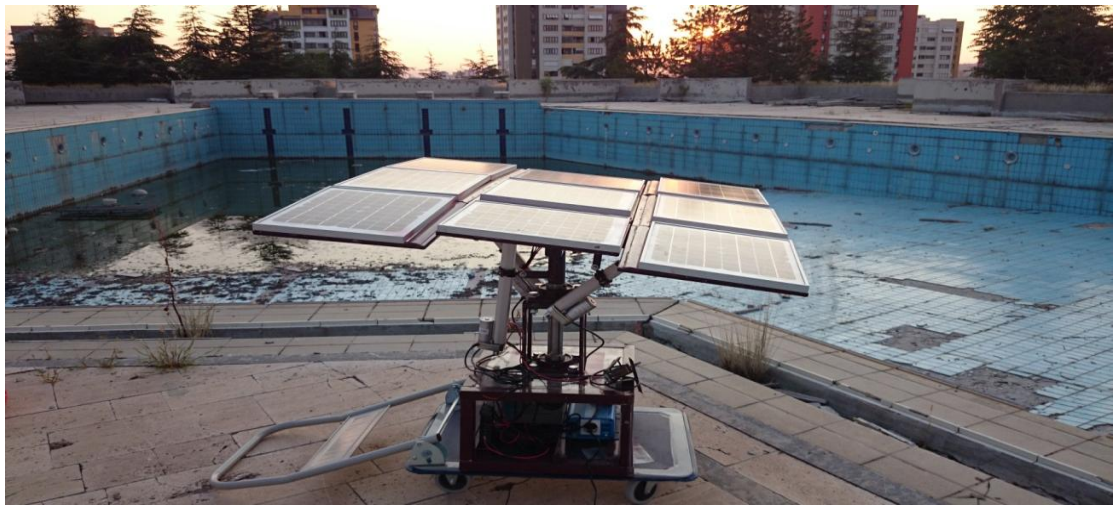
Şekil 3.11. Yan panellerin açılması



Şekil 3.12. Yan ve orta panellerin açılması



Şekil 3.13. Tüm panellerin aynı düzleme gelmesi



Şekil 3.14. Aynı düzlemdeki paneller



Şekil 3.15. Sistemin eğim açısının ayarlanması



Şekil 3.16. Eğim açısı ayarlanmış sistem



Şekil 3.17. Güneş ışınlarını almaya başlayan sistem



Şekil 3.18. Multimetre ile ölçümler



Şekil 3.19. Sistem ve ölçüm düzeneği



Şekil 3.20. Kızılötesi termometre ile panel yüzey sıcaklığının ölçülmesi

Belirli aralıklarla akım ve gerilim değerleri kontrol edilmiştir. Değerler şarj kontrol cihazından çıkıp aküye giden kablo üzerinden ölçölmüştür. Multimetre ile ölçüm yapılmasının yanı sıra sürekli aktif halde olan wattmetre cihazı ile de kontrol edilmiştir. Bu cihaz enerji akışı başladığı andan itibaren ölçöme başlamakta enerji kesildiği anda ölçöümü bitirmektedir. Ölçüm yaptığı süre içerisinde maksimum verileri belirleyip periyotlar halinde dijital ekranda göstermektedir.

Kayseri için hesaplama

Kayseri' nin Bünyan ilçesinin Samağır köyünde sabah güneşin doğuşu ile ölçüm başlamış olup akşam güneşin batışına kadar devam etmiştir.



şekil 3.21. Kayseri ili deneysel hesaplama düzeneği



şekil 3.22. Kayseri ili deneysel hesaplamada güneş ışıklarının gelmesi

Tablo 3.9. Kayseri ili ağustos ayı deneysel hesaplama değerleri

KAYSERİ	Maksimum Hava Sıcaklığı (°C)		38
	Maksimum Panel Yüzey Sıcaklığı (°C)		51
Ölçüm Saati (02.08.2014)	Anlık Akım (A)	Anlık Voltaj (V)	Anlık Güç (W)
06:00	0,61	12,42	7,58
07:00	1,85	12,95	23,96
08:00	2,67	13,77	36,78
09:00	3,35	13,95	46,73
10:00	4,81	14,18	68,20
11:00	5,54	14,63	81,05
12:00	6,22	14,74	91,68
13:00	6,35	14,78	93,85
14:00	5,82	14,69	85,50
15:00	5,29	14,51	76,76
16:00	4,98	14,33	71,36
17:00	3,05	13,66	41,66
18:00	1,98	13,12	25,98
19:00	1,22	12,48	15,23
19:30	0,42	12,29	5,16



Şekil 3.23. Kayseri ili ağustos ayı anlık güç-zaman grafiği

Tablo 3.10. Kayseri ili ağustos ayı deneysel hesaplamada wattmetre değerleri

KAYSERİ	Maksimum Akım (A_p)	Maksimum Voltaj (V_p)	Maksimum Güç (W_p)	Gün Sonu Enerji Miktarı (kWh) (06:00 - 19:30)
Ölçüm	6,37	14,84	94,40	0,730

Wattmetre tarafından ölçülen değerlerde %1 civarında yanılma olabilmektedir. Ölçülen maksimum akım değeri ile maksimum voltaj değerinin ölçüm zamanı aynı değildir. Cihaz sadece ölçülen değerleri göstermekte olup hangi zamanda kaydettiğini belirtmemektedir.

Ankara için hesaplama

Ankara' nın Çankaya ilçesinin Çayyolu semtinde sabah güneşin doğuşu ile ölçüm başlamış olup akşam güneşin batışına kadar devam etmiştir. Ancak ölçüm yapılan alanın etrafında bulunan yapı ve ağaçlardan dolayı güneşin doğuşu ve batışı sırasında yarım saatin üzerinde bir sürede ölçüm yapılamamıştır.



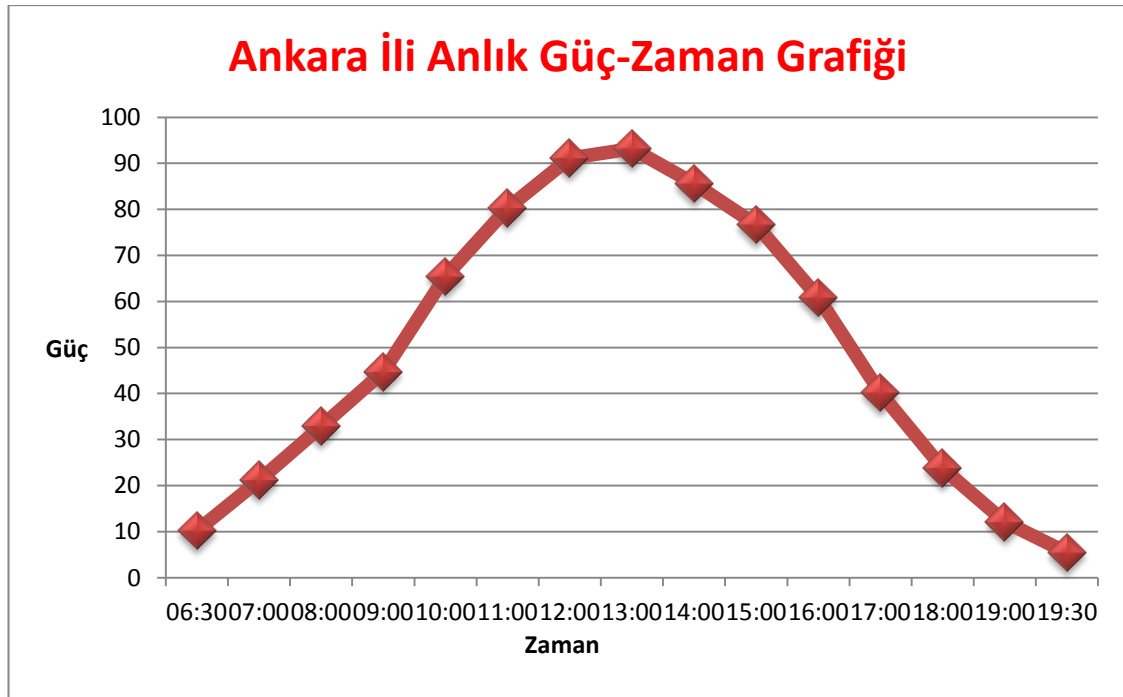
Şekil 3.24. Ankara ili deneysel hesaplama düzeneği



Şekil 3.25. Ankara ili deneysel hesaplamada güneş ışıklarının gelmesi

Tablo 3.11. Ankara ili ağustos deneysel hesaplama değerleri

ANKARA	Maksimum Hava Sıcaklığı (°C)		36
	Maksimum Panel Yüzey Sıcaklığı (°C)		55
Ölçüm Saati (10.08.2014)	Anlık Akım (A)	Anlık Voltaj (V)	Anlık Güç (W)
06:30	0,78	13,04	10,17
07:00	1,64	12,89	21,14
08:00	2,44	13,46	32,84
09:00	3,22	13,89	44,72
10:00	4,65	14,07	65,43
11:00	5,48	14,65	80,28
12:00	6,15	14,81	91,08
13:00	6,29	14,82	93,22
14:00	5,76	14,86	85,60
15:00	5,24	14,63	76,66
16:00	4,24	14,35	60,84
17:00	2,97	13,52	40,15
18:00	1,80	13,18	23,72
19:00	0,96	12,58	12,08
19:30	0,44	12,3	5,42



Şekil 3.26. Ankara ili ağustos ayı anlık güç-zaman grafiği

Tablo 3.12. Ankara ili ağustos ayı deneysel hesaplamada wattmetre değerleri

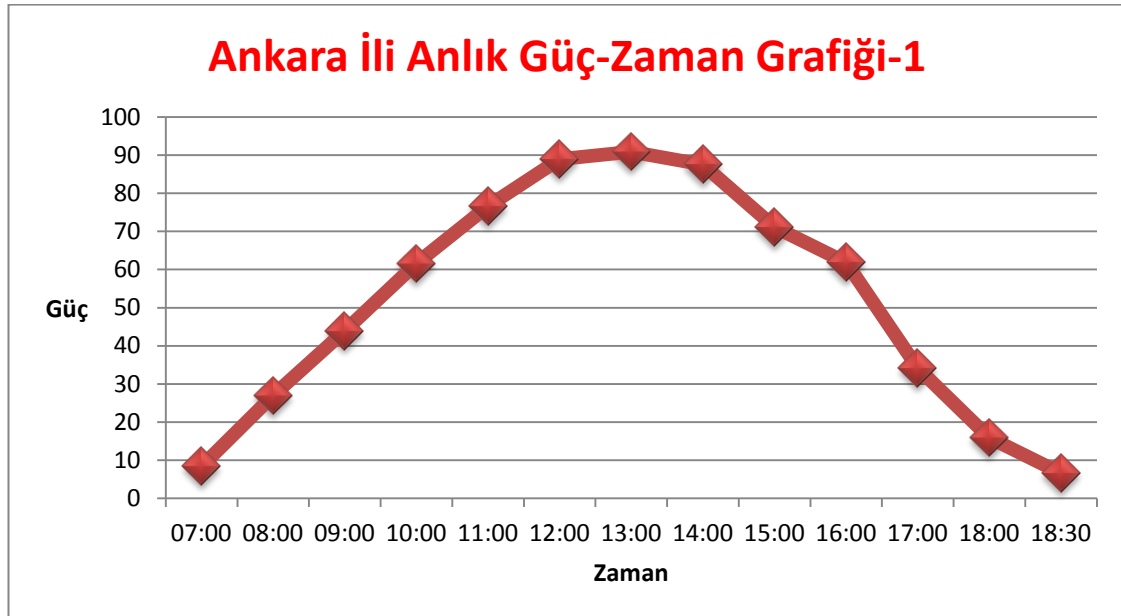
ANKARA	Maksimum Akım (A_p)	Maksimum Voltaj (V_p)	Maksimum Güç (W_p)	Gün Sonu Enerji Miktarı (kWh) (06:30 - 19:30)
Ölçüm (10.08.2014)	6,30	14,89	93,74	0,668

3.2.2. Aynı Bölgede Aynı Ayda Farklı Günlerde Elde Edilecek Enerjinin Deneysel Hesaplaması

I. gün Eylül için hesaplama

Tablo 3.13.a. Ankara ili eylül ayı deneysel hesaplama değerleri

ANKARA	Maksimum Hava Sıcaklığı (°C)		30
	Maksimum Panel Yüzey Sıcaklığı (°C)		47
Ölçüm Saati	Anlık Akım (A)	Anlık Voltaj (V)	Anlık Güç (W)
07:00	0,65	12,91	8,39
08:00	2,03	13,30	27,00
09:00	3,19	13,77	43,93
10:00	4,39	14,02	61,55
11:00	5,35	14,32	76,61
12:00	6,11	14,55	88,90
13:00	6,22	14,61	90,87
14:00	5,98	14,64	87,55
15:00	4,95	14,37	71,13
16:00	4,41	14,03	61,87
17:00	2,59	13,19	34,16
18:00	1,27	12,55	15,94
18:30	0,54	12,31	6,65



Şekil 3.27. Ankara ili eylül ayı anlık güç-zaman grafiği-1

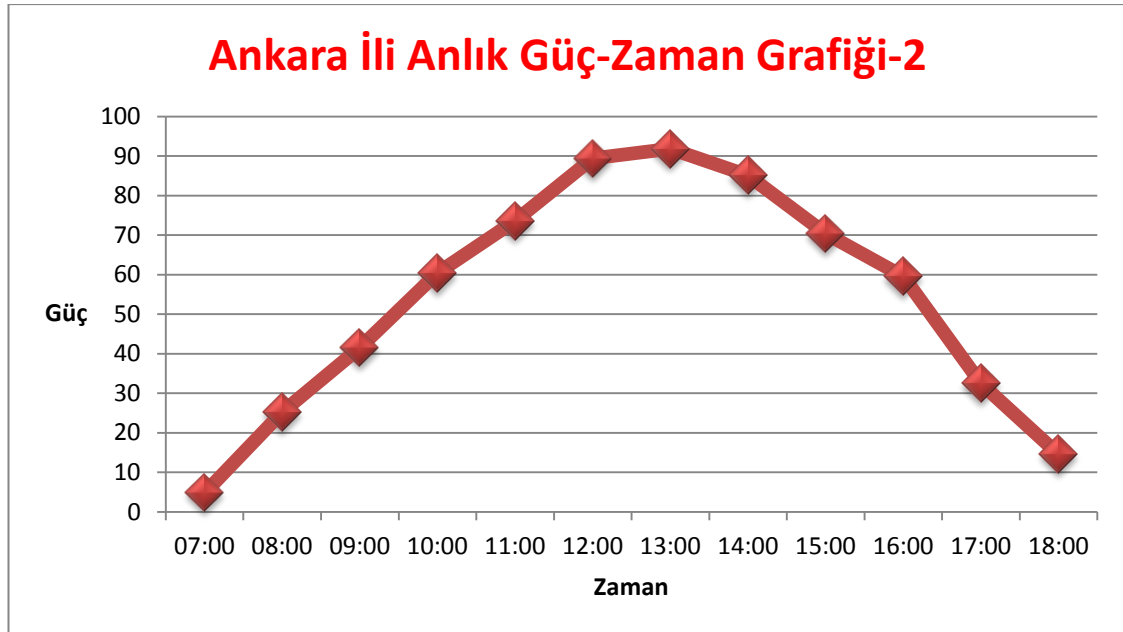
Tablo 3.14.a. Ankara ili eylül ayı deneysel hesaplamada wattmetre değerleri

ANKARA	Maksimum Akım (A_p)	Maksimum Voltaj (V_p)	Maksimum Güç (W_p)	Gün Sonu Enerji Miktarı (kWh) (07:00 - 18:30)
Ölçüm	6,24	14,86	92,66	0,617

II. gün (Bir hafta sonra) Eylül için hesaplama

Tablo 3.13.b. Ankara ili eylül ayı deneysel hesaplama değerleri

ANKARA	Maksimum Hava Sıcaklığı (°C)		23
	Maksimum Panel Yüzey Sıcaklığı (°C)		42
Ölçüm Saati	Anlık Akım (A)	Anlık Voltaj (V)	Anlık Güç (W)
07:00	0,39	12,44	4,85
08:00	1,95	12,95	25,25
09:00	3,08	13,49	41,55
10:00	4,30	14,05	60,42
11:00	5,15	14,29	73,60
12:00	6,16	14,51	89,38
13:00	6,29	14,60	91,83
14:00	5,84	14,58	85,15
15:00	4,89	14,39	70,37
16:00	4,27	13,95	59,56
17:00	2,45	13,27	32,51
18:00	1,13	12,88	14,55



Şekil 3.28. Ankara ili eylül ayı anlık güç-zaman grafiği-2

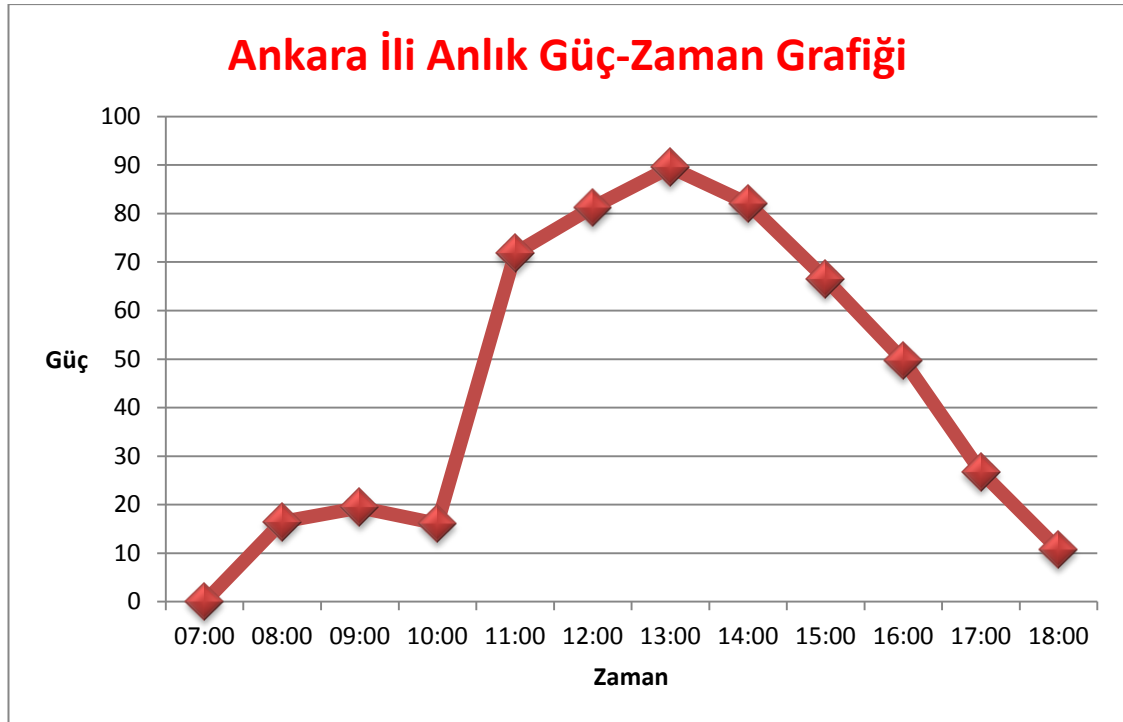
Tablo 3.14.b. Ankara ili eylül ayı deneysel hesaplamada wattmetre değerleri

ANKARA	Maksimum Akım (A_p)	Maksimum Voltaj (V_p)	Maksimum Güç (W_p)	Gün Sonu Enerji Miktarı (kWh) (07:00 - 18:00)
Ölçüm	6,33	14,71	93,05	0,577

III. gün Eylül için hesaplama

Tablo 3.13.c. Ankara ili eylül ayı deneysel hesaplama değerleri

ANKARA	Maksimum Hava Sıcaklığı (°C)		21
	Maksimum Panel Yüzey Sıcaklığı (°C)		36
Ölçüm Saati	Anlık Akım (A)	Anlık Voltaj (V)	Anlık Güç (W)
07:00	0	0	0
08:00	1,30	12,68	16,48
09:00	1,54	12,61	19,42
10:00	1,28	12,57	16,08
11:00	5,07	14,17	71,84
12:00	5,71	14,23	81,25
13:00	6,18	14,49	89,55
14:00	5,64	14,55	82,06
15:00	4,65	14,30	66,50
16:00	3,69	13,48	49,74
17:00	2,02	13,25	26,77
18:00	0,85	12,63	10,74



Şekil 3.29. Ankara ili eylül ayı anlık güç-zaman grafiği

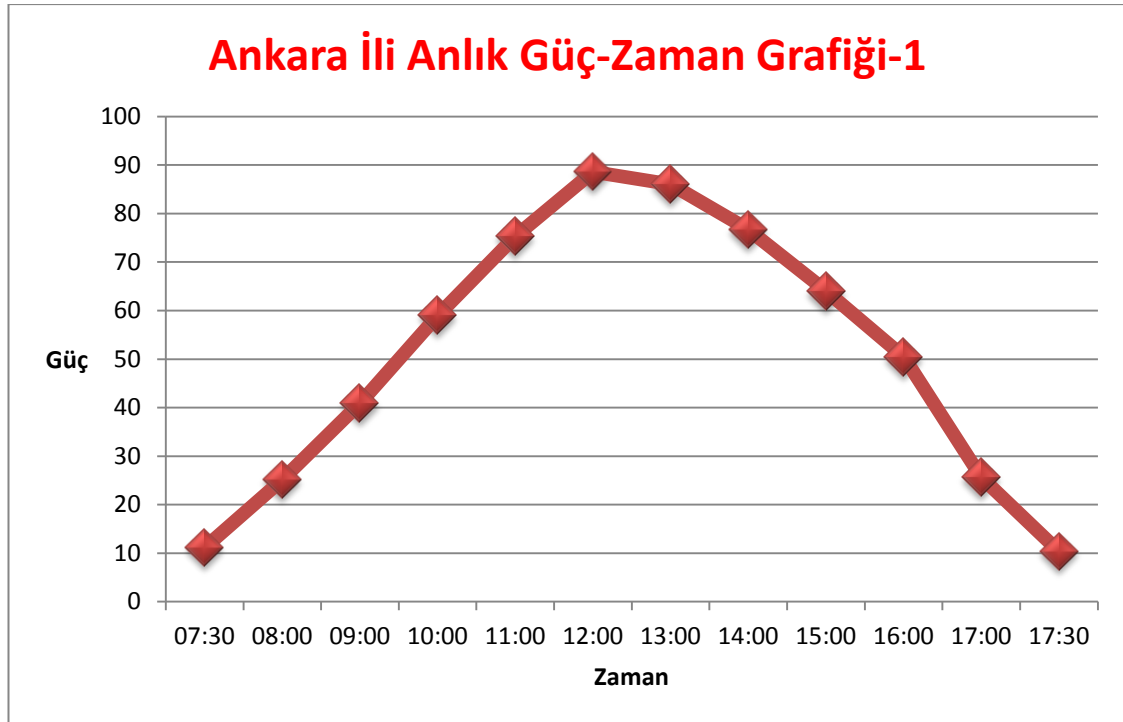
Tablo 3.14.c. Ankara ili eylül ayı deneysel hesaplamada wattmetre değerleri

ANKARA	Maksimum Akım (A_p)	Maksimum Voltaj (V_p)	Maksimum Güç (W_p)	Gün Sonu Enerji Miktarı (kWh) (07:00 - 18:00)
Ölçüm	6,19	14,68	90,68	0,475

I. gün Ekim için hesaplama

Tablo 3.15.a. Ankara ili ekim ayı deneysel hesaplama değerleri

ANKARA	Maksimum Hava Sıcaklığı (°C)		22
	Maksimum Panel Yüzey Sıcaklığı (°C)		39
Ölçüm Saati	Anlık Akım (A)	Anlık Voltaj (V)	Anlık Güç (W)
07:30	0,89	12,49	11,12
08:00	1,97	12,77	25,16
09:00	2,98	13,73	40,92
10:00	4,15	14,12	59,00
11:00	5,16	14,59	75,28
12:00	6,01	14,74	88,60
13:00	5,88	14,62	86,00
14:00	5,28	14,53	76,72
15:00	4,41	14,52	64,03
16:00	3,57	14,13	50,44
17:00	1,94	13,24	25,68
17:30	0,83	12,46	10,34



Şekil 3.30. Ankara ili ekim ayı anlık güç-zaman grafiği-1

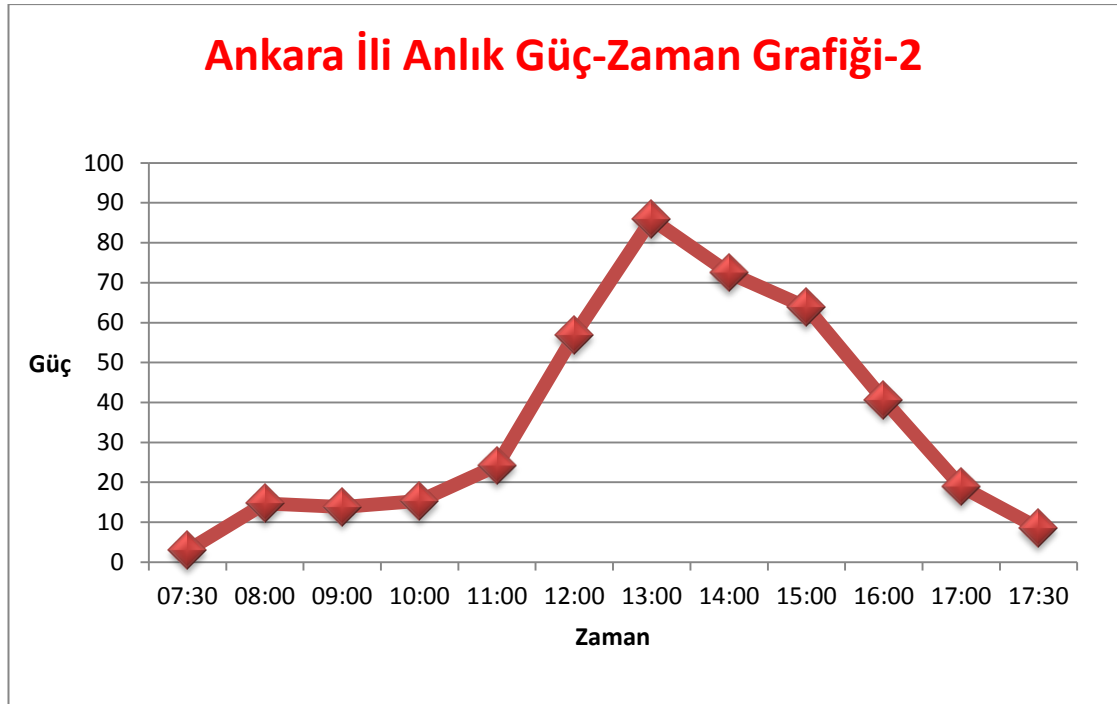
Tablo 3.16.a. Ankara ili ekim ayı deneysel hesaplamada wattmetre değerleri

ANKARA	Maksimum Akım (A_p)	Maksimum Voltaj (V_p)	Maksimum Güç (W_p)	Gün Sonu Enerji Miktarı (kWh) (07:30 - 17:30)
Ölçüm	6,11	14,79	90,30	0,541

II. gün (Bir hafta sonra) Ekim için hesaplama

Tablo 3.15.b. Ankara ili ekim ayı deneysel hesaplama değerleri

ANKARA	Maksimum Hava Sıcaklığı (°C)		15
	Maksimum Panel Yüzey Sıcaklığı (°C)		34
Ölçüm Saati	Anlık Akım (A)	Anlık Voltaj (V)	Anlık Güç (W)
07:30	0,24	12,20	2,93
08:00	1,19	12,39	14,74
09:00	1,12	13,37	13,85
10:00	1,23	13,45	15,32
11:00	1,88	12,86	24,18
12:00	3,89	14,62	56,87
13:00	5,84	14,71	85,91
14:00	4,93	14,70	72,47
15:00	4,42	14,44	63,83
16:00	3,09	14,15	40,63
17:00	1,44	13,15	18,94
17:30	0,69	12,31	8,50



Şekil 3.31. Ankara ili ekim ayı anlık güç-zaman grafiği-2

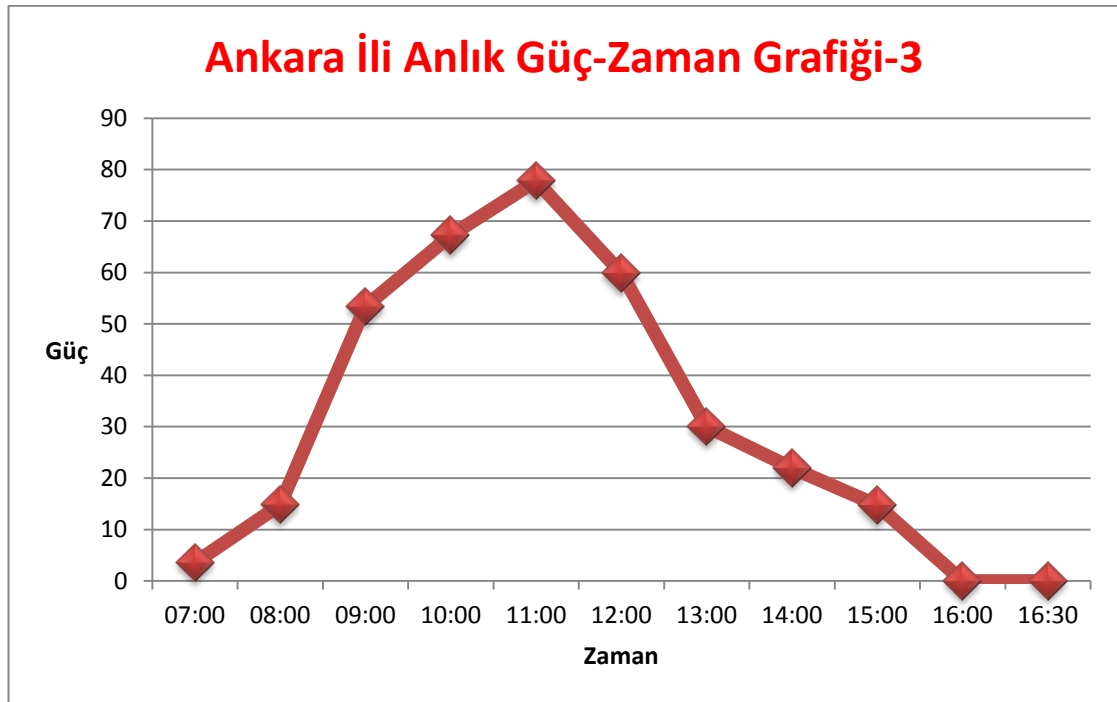
Tablo 3.16.b. Ankara ili ekim ayı deneysel hesaplamada wattmetre değerleri

ANKARA	Maksimum Akım (A_p)	Maksimum Voltaj (V_p)	Maksimum Güç (W_p)	Gün Sonu Enerji Miktarı (kWh) (07:30 - 17:30)
Ölçüm	6,21	14,89	92,28	0,366

III. gün Ekim için hesaplama

Tablo 3.15.c. Ankara ili ekim ayı deneysel hesaplama değerleri

ANKARA	Maksimum Hava Sıcaklığı (°C)		17
	Maksimum Panel Yüzey Sıcaklığı (°C)		30
Ölçüm Saati	Anlık Akım (A)	Anlık Voltaj (V)	Anlık Güç (W)
07:00	0,29	12,22	3,54
08:00	1,16	12,77	14,81
09:00	3,95	13,52	53,40
10:00	4,78	14,07	67,25
11:00	5,40	14,41	77,81
12:00	4,44	13,48	59,85
13:00	2,35	12,78	30,03
14:00	1,74	12,63	21,98
15:00	1,18	12,52	14,77
16:00	0	0	0
16:30	0	0	0



Şekil 3.32. Ankara ili ekim ayı anlık güç-zaman grafiği-3

Tablo 3.16.c. Ankara ili ekim ayı deneysel hesaplamada wattmetre değerleri

ANKARA	Maksimum Akım (A_p)	Maksimum Voltaj (V_p)	Maksimum Güç (W_p)	Gün Sonu Enerji Miktarı (kWh) (07:00 - 16:30)
Ölçüm	5,76	14,44	82,94	0,306

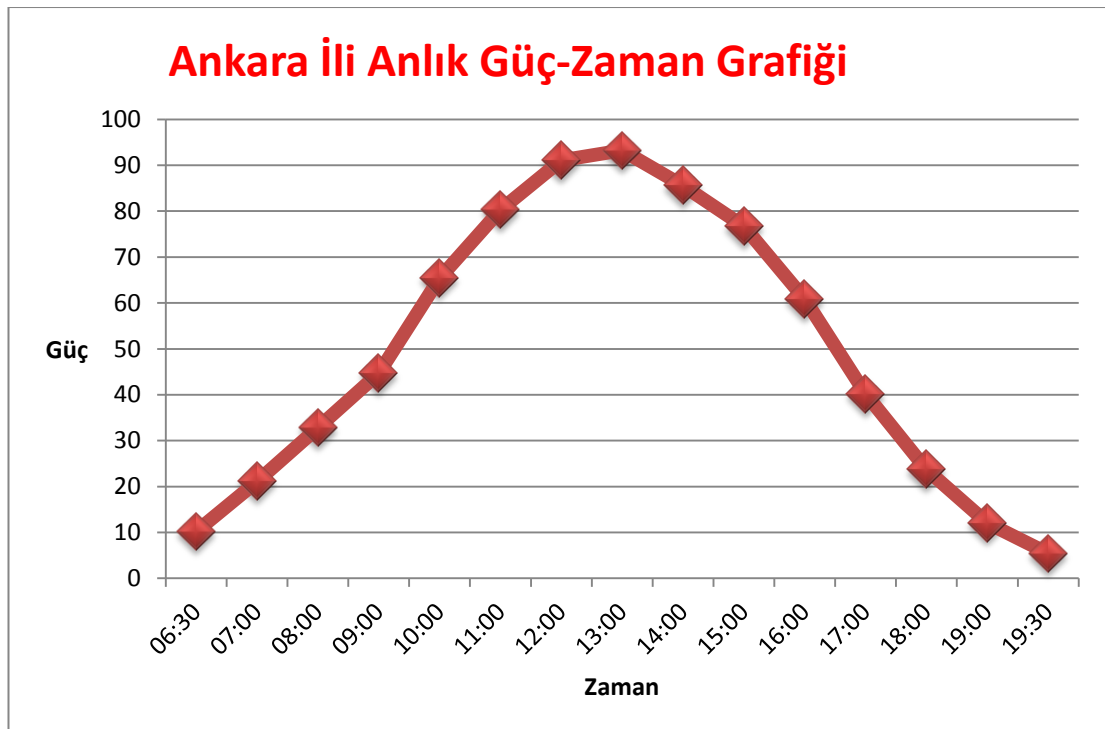
3.2.3. Aynı Bölgede Farklı Aylarda Elde Edilecek Enerjinin Deneysel Hesaplaması

Bu bölümde Ankara ili Çankaya ilçesinin Çayyolu semtinde farklı aylarda deneysel hesaplamaların sonuçları yer alacaktır.

Ağustos ayı için hesaplama

Tablo 3.11. Ankara ili ağustos ayı deneysel hesaplama değerleri

ANKARA	Maksimum Hava Sıcaklığı (°C)		36
	Maksimum Panel Yüzey Sıcaklığı (°C)		55
Ölçüm Saati	Anlık Akım (A)	Anlık Voltaj (V)	Anlık Güç (W)
06:30	0,78	13,04	10,17
07:00	1,64	12,89	21,14
08:00	2,44	13,46	32,84
09:00	3,22	13,89	44,72
10:00	4,65	14,07	65,43
11:00	5,48	14,65	80,28
12:00	6,15	14,81	91,08
13:00	6,29	14,82	93,22
14:00	5,76	14,86	85,60
15:00	5,24	14,63	76,66
16:00	4,24	14,35	60,84
17:00	2,97	13,52	40,15
18:00	1,80	13,18	23,72
19:00	0,96	12,58	12,08
19:30	0,44	12,3	5,42



Şekil 3.33. Ankara ili ağustos ayı anlık güç-zaman grafiği

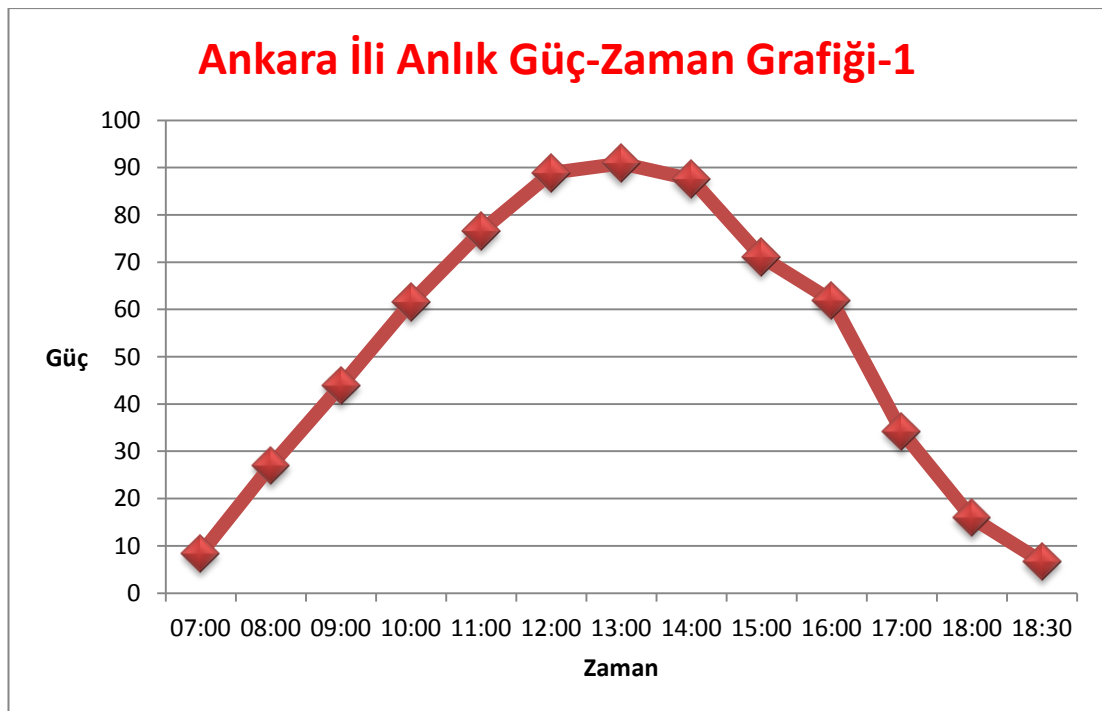
Tablo 3.12. Ankara ili ağustos deneysel hesaplamada wattmetre değerleri

ANKARA	Maksimum Akım (A_p)	Maksimum Voltaj (V_p)	Maksimum Güç (W_p)	Gün Sonu Enerji Miktarı (kWh) (06:30 - 19:30)
Ölçüm	6,30	14,89	93,74	0,668

Eylül ayı için hesaplama

Tablo 3.13.a. Ankara ili eylül ayı deneysel hesaplama değerleri

ANKARA	Maksimum Hava Sıcaklığı (°C)		30
	Maksimum Panel Yüzey Sıcaklığı (°C)		47
Ölçüm Saati	Anlık Akım (A)	Anlık Voltaj (V)	Anlık Güç (W)
07:00	0,65	12,91	8,39
08:00	2,03	13,30	27,00
09:00	3,19	13,77	43,93
10:00	4,39	14,02	61,55
11:00	5,35	14,32	76,61
12:00	6,11	14,55	88,90
13:00	6,22	14,61	90,87
14:00	5,98	14,64	87,55
15:00	4,95	14,37	71,13
16:00	4,41	14,03	61,87
17:00	2,59	13,19	34,16
18:00	1,27	12,55	15,94
18:30	0,54	12,31	6,65



Şekil 3.34. Ankara ili eylül ayı anlık güç-zaman grafiği-1

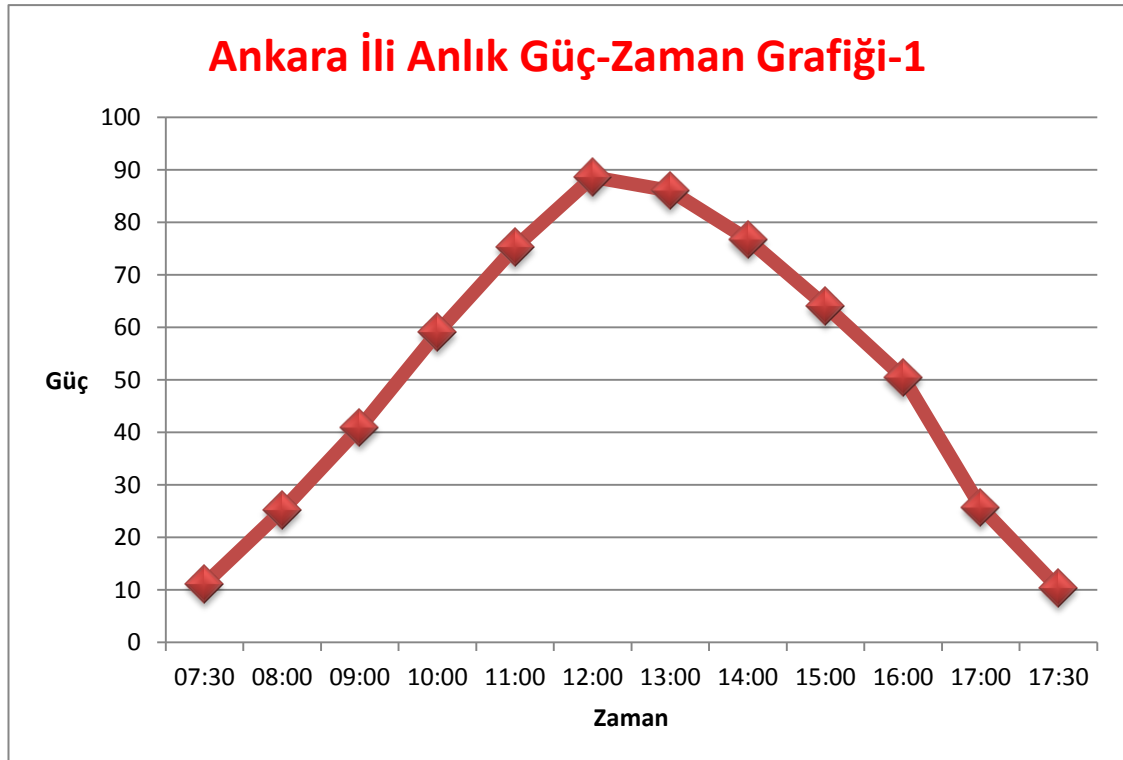
Tablo 3.14.a. Ankara ili eylül ayı deneysel hesaplamada wattmetre değerleri

ANKARA	Maksimum Akım (A_p)	Maksimum Voltaj (V_p)	Maksimum Güç (W_p)	Gün Sonu Enerji Miktarı (kWh) (07:00 - 18:30)
Ölçüm	6,24	14,86	92,66	0,617

Ekim ayı için hesaplama

Tablo 3.15.a. Ankara ili ekim ayı deneysel hesaplama değerleri

ANKARA	Maksimum Hava Sıcaklığı (°C)		22
	Maksimum Panel Yüzey Sıcaklığı (°C)		39
Ölçüm Saati	Anlık Akım (A)	Anlık Voltaj (V)	Anlık Güç (W)
07:30	0,89	12,49	11,12
08:00	1,97	12,77	25,16
09:00	2,98	13,73	40,92
10:00	4,15	14,12	59,00
11:00	5,16	14,59	75,28
12:00	6,01	14,74	88,60
13:00	5,88	14,62	86,00
14:00	5,28	14,53	76,72
15:00	4,41	14,52	64,03
16:00	3,57	14,13	50,44
17:00	1,94	13,24	25,68
17:30	0,83	12,46	10,34



Şekil 3.35. Ankara ili ekim ayı anlık güç-zaman grafiği-1

Tablo 3.16.a. Ankara ili ekim ayı deneysel hesaplamada wattmetre değerleri

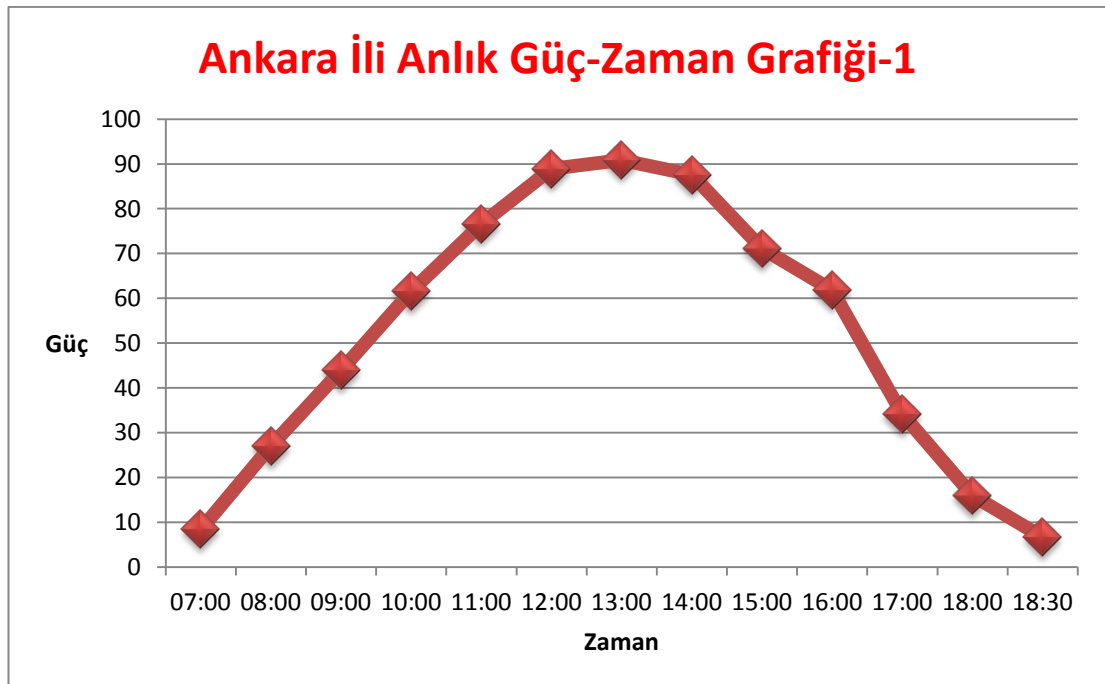
ANKARA	Maksimum Akım (A_p)	Maksimum Voltaj (V_p)	Maksimum Güç (W_p)	Gün Sonu Enerji Miktarı (kWh) (07:30 - 17:30)
Ölçüm	6,11	14,79	90,30	0,541

3.2.4. Aynı Bölgede Aynı Ayda Sabit ve Güneş Takipli Sistemden Elde Edilecek Enerjinin Deneysel Hesaplaması

Sabit sistem için hesaplama

Tablo 3.13.a. Ankara ili eylül ayı deneysel hesaplama değerleri

ANKARA	Maksimum Hava Sıcaklığı (°C)		30
	Maksimum Panel Yüzey Sıcaklığı (°C)		47
Ölçüm Saati	Anlık Akım (A)	Anlık Voltaj (V)	Anlık Güç (W)
07:00	0,65	12,91	8,39
08:00	2,03	13,30	27,00
09:00	3,19	13,77	43,93
10:00	4,39	14,02	61,55
11:00	5,35	14,32	76,61
12:00	6,11	14,55	88,90
13:00	6,22	14,61	90,87
14:00	5,98	14,64	87,55
15:00	4,95	14,37	71,13
16:00	4,41	14,03	61,87
17:00	2,59	13,19	34,16
18:00	1,27	12,55	15,94
18:30	0,54	12,31	6,65



Şekil 3.36. Ankara ili eylül ayı anlık güç-zaman grafiği-1

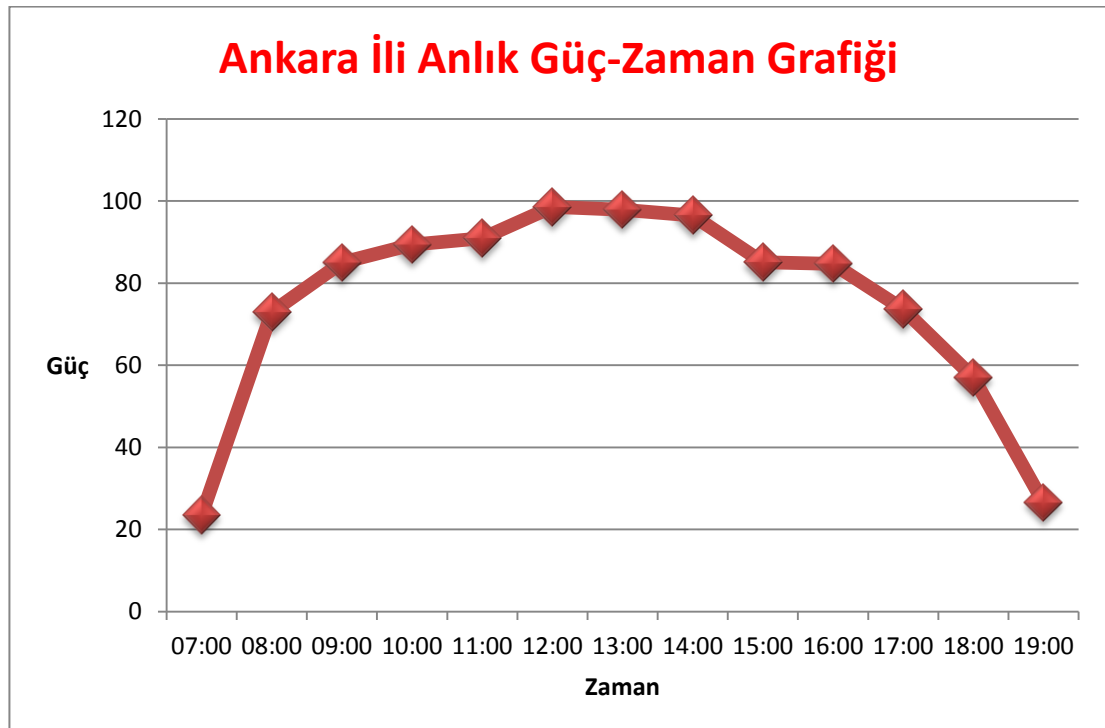
Tablo 3.14.a. Ankara ili eylül ayı deneysel hesaplamada wattmetre değerleri

ANKARA	Maksimum Akım (A_p)	Maksimum Voltaj (V_p)	Maksimum Güç (W_p)	Gün Sonu Enerji Miktarı (kWh) (07:00 - 18:30)
Ölçüm	6,24	14,86	92,66	0,617

Güneş takipli sistem için hesaplama

Tablo 3.17. Ankara ili eylül ayı güneş takipli sistem deneysel hesaplama değerleri

ANKARA	Maksimum Hava Sıcaklığı (°C)		29
	Maksimum Panel Yüzey Sıcaklığı (°C)		55
Ölçüm Saati	Anlık Akım (A)	Anlık Voltaj (V)	Anlık Güç (W)
07:00	1,75	13,21	23,12
08:00	3,94	14,48	57,05
09:00	4,98	14,46	72,01
10:00	5,71	14,70	83,94
11:00	6,45	14,75	95,14
12:00	6,62	14,79	97,90
13:00	6,56	14,81	97,15
14:00	6,49	14,69	95,34
15:00	6,24	14,45	90,17
16:00	5,89	14,41	84,87
17:00	4,74	14,44	68,45
18:00	2,98	14,36	42,79
18:30	1,14	12,95	14,76



Şekil 3.37. Ankara ili eylül ayı güneş takip sistemi anlık güç-zaman grafiği

Tablo 3.18. Ankara ili eylül ayı güneş takipli sistem deneysel hesaplama wattmetre değerleri

ANKARA	Maksimum Akım (A_p)	Maksimum Voltaj (V_p)	Maksimum Güç (W_p)	Gün Sonu Enerji Miktarı (kWh) (07:00 - 18:30)
Ölçüm	6,81	14,92	101,4	0,786

4. BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

4.1.Sonuçlar

Panel özellikleri 25 °C sıcaklıkta, 1000 W/m² radyasyon değerinde ve 1.5AM hava kütle katsayısı ile laboratuvar şartlarında ölçüm yapılarak belirlenmektedir. Avrupa ülkelerine göre daha çok güneş alan ülkemizde, özellikle bahar ve yaz aylarında hava sıcaklığı 25-35 °C arası seyrederken panel yüzeyinin sıcaklığı 60 °C dolaylarına çıktığı için olumsuz sonuçlara neden olmaktadır. Teoride yapılan hesaplar ile pratikte yapılan hesapların uyuşmamasına en büyük etken sıcaklıktır.

4.1.1.Farklı Bölgelerde Elde Edilecek Enerji Hesaplamalarının Karşılaştırılması

Tablo 4.1. Ankara ve Kayseri ili teorik hesaplama değerleri

		Günlük Radyasyon Miktarı (kWh/m ²)	Günlük Enerji Miktarı (kWh)	Aylık Radyasyon Miktarı (kWh/m ²)	Aylık Enerji Miktarı (kWh)
KAYSERİ	GEPA	5,98	0,62	185,4	18,60
	PVGIS	7,43	0,56	230	17,40
ANKARA	GEPA	5,71	0,59	177	17,70
	PVGIS	7,23	0,54	224	16,90

Tablo 4.2. Ankara ve Kayseri ili deneysel hesaplama değerleri

	Maksimum Akım (A _p)	Maksimum Voltaj (V _p)	Maksimum Güç (W _p)	Gün Sonu Enerji Miktarı (kWh)
KAYSERİ	6,37	14,84	94,40	0,730
ANKARA	6,30	14,89	93,74	0,668

Tablo 4.1. ve Tablo 4.2. incelendiğinde çıkarılacak sonuçlar şu şekildedir;

- Enlem olarak Ankara iline göre daha güneyde olan Kayseri ilinin radyasyon değerleri daha yüksektir. Buna bağlı olarak günlük ve aylık elde edilen enerji miktarları da fazladır.
- GEPA ve PVGIS değerleri arasında %6 civarında bir fark görülmektedir. Bu farkın nedeni PVGIS yazılımının hesaplamalarda kullandığı kayıp oranlarıdır.

- Deneysel hesaplamalarda çıkan sonuçların teorik hesaplamaların üzerinde olduğu görülmektedir.
- Anlık olarak hesaplanan maksimum güç değerlerine göre panellerin kapasitelerinin üstüne çıktığı anlaşılmaktadır. Buna en büyük etki ülkemizde ölçülen maksimum radyasyonun 1000 W/m^2 seviyesinin üzerine çıkabilmesidir.

4.1.2. Aynı Bölgede Aynı Ayda Farklı Günlerde Elde Edilecek Enerji Hesaplamalarının Karşılaştırılması

Tablo 4.3. Ankara ili eylül ayı teorik hesaplama değerleri

ANKARA (Eylül)	Günlük Radyasyon Miktarı (kWh/m^2)	Günlük Enerji Miktarı (kWh)	Aylık Radyasyon Miktarı (kWh/m^2)	Aylık Enerji Miktarı (kWh)
GEPA	4,70	0,49	141	14,70
PVGIS	6,60	0,51	198	15,30

Tablo 4.4. Ankara ili eylül ayında farklı günlerdeki deneysel hesaplama değerleri

ANKARA (Eylül)	Maksimum Akım (A_p)	Maksimum Voltaj (V_p)	Maksimum Güç (W_p)	Gün Sonu Enerji Miktarı (kWh)
I. gün	6,24	14,86	92,66	0,617
II. gün	6,33	14,71	93,05	0,576
III. gün	6,19	14,68	90,68	0,475

Tablo 4.5. Ankara ili ekim ayı teorik hesaplama değerleri

ANKARA (Ekim)	Günlük Radyasyon Miktarı (kWh/m^2)	Günlük Enerji Miktarı (kWh)	Aylık Radyasyon Miktarı (kWh/m^2)	Aylık Enerji Miktarı (kWh)
GEPA	3,26	0,34	97,80	10,20
PVGIS	5,10	0,41	158	12,60

Tablo 4.6. Ankara ili ekim ayında farklı günlerdeki deneysel hesaplama değerleri

ANKARA (Ekim)	Maksimum Akım (A_p)	Maksimum Voltaj (V_p)	Maksimum Güç (W_p)	Gün Sonu Enerji Miktarı (kWh)
I. gün	6,11	14,79	90,30	0,541
II. gün	6,21	14,89	92,28	0,366
III. gün	5,76	14,44	82,94	0,306

Tablo 4.3. , Tablo 4.4. , Tablo 4.5. ve Tablo 4.6. incelendiğinde çıkarılacak sonuçlar şu şekildedir;

- Deneysel hesaplamalarda çıkan sonuçların bazılarının teorik hesaplamaların üzerinde olduğu bazılarının ise altında kaldığı görülmektedir. Bunun nedeni PVGIS ve GEPA hesaplamalarında aylık değerlere göre ortalama bir günlük değer ortaya çıkmaktadır. Birkaç ölçüm parçalı bulutlu havada yapılmış olup bu elde edilen enerji miktarlarının teorik hesaplamaların altında kalması olağandır.

- GEPA ve PVGIS değerleri arasında yaz aylarına göre farklı sonuçlar ortaya çıkmıştır. PVGIS değerleri %15 civarında GEPA değerlerinden daha fazladır. Bu farkın nedeni PVGIS yazılımının hesaplamalarda kullandığı kayıp oranlarında önemli yer tutan sıcaklık faktörünü sonbahar aylarında daha düşük tutmasıdır.
- Anlık olarak hesaplanan maksimum güç değerlerine göre panellerin kapasitelerinin üstüne çıkıldığı anlaşılmaktadır. Buna en büyük etki ülkemizde ölçülen maksimum radyasyonun 1000 W/m^2 seviyesinin üzerine çıkabilmesidir.

4.1.3. Aynı Bölgede Farklı Aylarda Elde Edilecek Enerji Hesaplamalarının Karşılaştırılması

Tablo 4.7. Ankara ili farklı aylarda teorik hesaplama değerleri

	ANKARA	Günlük Radyasyon Miktarı (kWh/m^2)	Günlük Enerji Miktarı (kWh)	Aylık Radyasyon Miktarı(kWh/m^2)	Aylık Enerji Miktarı (kWh)
AĞUSTOS	GEPA	5,71	0,54	177	16,74
	PVGIS	7,23	0,47	224	14,5
EYLÜL	GEPA	4,70	0,44	141	13,2
	PVGIS	6,61	0,44	198	13,2
EKİM	GEPA	3,26	0,30	97,8	9,0
	PVGIS	5,10	0,35	158	10,9

Tablo 4.8. Ankara ili farklı aylarda deneysel hesaplama değerleri

ANKARA	Maksimum Akım (A_p)	Maksimum Voltaj (V_p)	Maksimum Güç (W_p)	Gün Sonu Enerji Miktarı (kWh)
AĞUSTOS	6,30	14,89	93,74	0,668
EYLÜL	6,24	14,86	92,66	0,616
EKİM	6,11	14,79	90,30	0,541

Tablo 4.7. ve Tablo 4.8. incelendiğinde çıkarılacak sonuçlar şu şekildedir;

- Deneysel hesaplamalarda çıkan sonuçların teorik hesaplamaların üzerinde olduğu görülmektedir. Yapılan ölçümler açık ve güneşli havalarda yapılmıştır.
- PVGIS ve GEPA hesaplamalarının arasındaki farkın sonbahar başlangıcında sıfırlandığı görülmekte, ilerleyen aylarda ise PVGIS hesaplamalarının GEPA hesaplamalarından daha fazla olduğu görülmektedir.
- Aynı bölgede farklı aylarda yapılan hesaplamalarda ekim ayında en düşük değer alındığı görülmektedir. Açık ve güneşli bir hava olmasına karşın güneş geliş

açısı ve güneşlenme süresindeki değişimlerden dolayı daha düşük veriler elde edilmiştir.

- Anlık olarak hesaplanan maksimum güç değerlerine göre panellerin kapasitelerinin üstüne çıktığı anlaşılmaktadır. Buna en büyük etki ülkemizde ölçülen maksimum radyasyonun 1000 W/m^2 seviyesinin üzerine çıkabilmesidir.

4.1.4. Aynı Bölgede Aynı Ayda Sabit ve Güneş Takipli Sistemden Elde Edilecek Enerji Hesaplamalarının Karşılaştırılması

Tablo 4.9. Ankara ilinde sabit ve güneş takipli sistemin teorik hesaplama değerleri

	ANKARA	Günlük Radyasyon Miktarı (kWh/m^2)	Günlük Enerji Miktarı (kWh)	Aylık Radyasyon Miktarı (kWh/m^2)	Aylık Enerji Miktarı (kWh)
SABİT	PVGIS	6,61	0,51	198	15,30
GÜNEŞ TAKİPLİ	PVGIS	8,66	0,67	260	20,20

Tablo 4.10. Ankara ilinde sabit ve güneş takipli sistemin deneysel hesaplama değerleri

ANKARA (Eylül)	Maksimum Akım (A_p)	Maksimum Voltaj (V_p)	Maksimum Güç (W_p)	Gün Sonu Enerji Miktarı (kWh)
SABİT	6,24	14,86	92,66	0,617
GÜNEŞ TAKİPLİ	6,81	14,92	101,4	0,786

Tablo 4.9. ve Tablo 4.10. incelendiğinde çıkarılacak sonuçlar şu şekildedir;

- Deneysel hesaplamalarda çıkan sonuçların teorik hesaplamaların üzerinde olduğu görülmektedir. Yapılan ölçümler açık ve güneşli havalarda yapılmıştır. Bu hesaplamalarda güneş takipli sisteminin sabit sisteme göre %27 daha fazla enerji ürettiği ortaya çıkmıştır.
- Anlık olarak hesaplanan maksimum güç değerlerine göre panellerin kapasitelerinin üstüne çıktığı anlaşılmaktadır. Buna en büyük etki ülkemizde ölçülen maksimum radyasyonun 1000 W/m^2 seviyesinin üzerine çıkabilmesidir.
- Bu konuya benzer bir konuda tez çalışması yapan Ramazan Şenol, tez sonucunda güneş takipli bir sistemin sabit sisteme göre %24 daha fazla enerji elde ettiğinin ortaya koymuştur [4]. Taşınabilir güneş takip sistemli pv panel dizaynı ve uygulaması tez çalışmasına göre daha az enerji artışı sağlandığı görülmektedir. Bunu etkileyen nedenler arasında birçok parametre olabilmektedir. Bu parametrelerin başlıcaları arasında güneş takip sisteminin takip açısı, güneşlenme süresinin uzunluğu gibi etmenler yer almaktadır.

4.1.5. Sistemin Daha Büyük Kapasitede Üretilmesine İlişkin Hesaplamalar

Eğer sistemi bir tez çalışması olarak değil de ticari amaçlı bir ürün olarak ele almamız gerekirse daha büyük kapasitelerde yapılması uygun olacaktır. Özellikle şehir şebekelerinin bulunmadığı alanlarda, fosil yakıtlı jeneratörlere alternatif olarak kullanılabilir. Örnek bir çalışma için yapılan hesaplamalar aşağıdadır. Bu çalışmada 5 ay boyunca sulama yapıldığı göz önüne alınmaktadır. Bu aylar mayıs, haziran, temmuz, ağustos ve eylül ayıdır.

Tablo 4.11. Büyük kapasiteli sistemin özellikleri

Panel Gücü	300W
Panel Sayısı	18
Toplam Kurulu Güç	5.400W
5 Aylık Üretililecek Enerji Miktarı (PVGIS-Güneş Takipli)	6.990 kWh

Tablo 4.12. Büyük kapasiteli sistemin pompa özellikleri [18]

Pompa Gücü	6,5 BG - 4,9 kW
Yakıt Tüketimi	0,395 gr/kWh - 0,5 lt/kWh

Güneş enerjili sistemden elde edilebilecek enerji beş aylık süreçte 6.990 kWh civarında olmaktadır. Bu değer PVGIS online yazılımından elde edilmiştir. Bu enerji değerini benzinli pompa ile karşılayarak sulama yapılmak istenirse, $6.990 \text{ kWh} \times 0,5 \text{ lt/kWh} = 3.495 \text{ lt}$ benzin kullanılacaktır. Bu kadar benzin kullanmak demek $3.495 \text{ lt} \times 4,15 \text{ TL} = 14.504 \text{ TL}$ harcama yapmak anlamına gelmektedir.

Tablo 4.13. Büyük kapasiteli sistemin ekipman ve fiyat listesi

MALZEME	ADET	BİRİM FİYAT	TUTAR
Panel (300W)	18 adet	1.250 TL	22.500 TL
Şarj Regülatörü (1000W)	6 adet	1.000 TL	6.000 TL
İnvertör (3000W)	2 adet	3.500 TL	7.000 TL
Akü (12V-200Ah)	20 adet	1.250 TL	25.000 TL
Güneş Takip Sistemi ve Elemanları	1 adet	10.000 TL	10.000 TL
Konstrüksiyon ve Taşıyıcı Römork	1 adet	25.000 TL	25.000 TL
TOPLAM (%18 KDV)			112.690 TL

Tablo 4.13. incelendiğinde kar marjı ve KDV dahil olmak üzere yaklaşık bir bedel olarak 112.690 TL belirlenmiştir. Bu fiyatlarda yer alan ürünlerin bir kısmının fiyatları online satış mağazasından alınmıştır [19]. Bir kısmı da tez çalışmasında yer alan sistem

üzerinden orantı yoluyla hesaplanmıştır. Sistem sürekli tarımsal sulamada kullanılmak istenirse her yıl 14.504 TL benzine para ödemek yerine sisteme ödediğimizi göz önünde bulundurabiliriz. Bu şekilde $112.690 \text{ TL} / 14.504 \text{ TL} = 7,8$ yılda kendisini amorti etmektedir. Benzin fiyatlarının değişken olduğu ve genellikle artış içinde olacağı bilinmektedir. İlerleyen yıllarda amortisman süresinin daha da azalacağı düşünülmektedir. Sistemde ve benzinli pompada bakım masrafları gözardı edilmiştir.

4.2.Öneriler

Bu tez çalışması kapsamında bazı öneriler şunlardır;

- Sensörlü güneş takip sistemleri bulutlu havalarda sorunlar çıkarabilmektedir. Daha gelişmiş sistemlerde GPS altyapısı ile çalışan takip sistemlerinin kullanımı bu sorunları çözebilecektir.
- Tasarım ve imalat sırasında kullanılacak kafes yapısı malzemelerinin korozyona dayanıklı olması uzun yıllar kullanılacak sistem için bir avantaj oluşturacaktır.
- Sistemin akü kapasitesi yıllık ortalama enerji üretimi baz alınarak tespit edildiği için yaz aylarındaki üretim miktarı akü kapasitesinin üzerine çıkmaktadır. Eğer gündüz vakti sistemden enerji kullanımı olmayacak ise yaz aylarındaki maksimum enerji miktarı göz önüne alınarak akü kapasitesinin seçilmesi daha avantajlı olacaktır.

KAYNAKLAR

1. Elektrik Üretim Sektör Raporu 2013, EÜAŞ.
2. Yusufoglu, G. , "Şebeke Elektrığının Bulunmadığı Tarımsal Alanlarda Güneş Enerjisiyle Sulamanın Yapılması", Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, (2013).
3. Muhtaroglu, K. T., "Güneş Enerjisini Elektrik Enerjisine Çeviren Çevre Dostu Sistemin Tasarlanması", Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, (2012).
4. Şenol, R., "Güneş İzlemeli Fotovoltaik Pillerin Mobil Ölçüm İstasyonlarına Uygulanması", Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, (2005).
5. Zan, B., "Bir Fotovoltaik Sistemden Optimal Gücün Sağlanması", Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale, (2006).
6. Tarımsal Uygulamalarda Güneş Enerjisi Kullanımı Raporu/Ceylanpınar,2011. Karacadağ Kalkınma Ajansı
7. Duffie, J.A., Beckman, W.A., 1980. Solar Engineering of Thermal Processes. Madison, Wisconsin, 919 pp.
8. Messenger, R.A., Ventre J., 2003. Photovoltaic Systems Engineering. USD, 435 pp.
9. Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, YEGM
http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx (Erişim tarihi: Ağustos 2014)
10. <http://www.pronen.com/fotovoltaik-sistemler.asp> (Erişim tarihi: Ağustos 2014)
11. <http://www.gunessistemleri.com/isil.php> (Erişim tarihi: Ekim 2014)
12. 5.2,10 ve 20 KVA' lık Fotovoltaik Sistem Tasarımı, A. Öztürk, M. Dursun. 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11).
13. Keçel, S. , 'Türkiye' nin Değişik Bölgelerinde Evsel Elektrik İhtiyacının Güneş Panelleriyle Karşılanmasına Yönelik Model Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 25-27, 29, 32 (2007).
14. Kıncay, O., Güneş Enerjisi, Ders Notları, Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi, İstanbul.
15. PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System) - Interactive Maps
<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php> (Erişim tarihi: Eylül 2014)

16. Solar Radiation and PV Maps - Europe
<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/countries/countries-europe.htm> (Erişim tarihi: Eylül 2014)
17. Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA), Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, YEGM. <http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx> (Erişim tarihi: Eylül 2014)
18. <http://www.kamabyreis.com/motopomp/benzinli/kgp/KIPKGP30.html> (Erişim tarihi: Aralık 2014)
19. <http://www.solarmarketi.com/> (Erişim tarihi: Aralık 2014)

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı, Soyadı: Mustafa Ekinci

Uyruğu: Türkiye (TC)

Doğum Tarihi ve Yeri: 11 Mayıs 1990, Antalya

Medeni Durumu: Bekâr

Tel: +90 507 340 73 99

email: mstafa.ekinci@gmail.com

Yazışma Adresi: Göktürk mah. 173. sok. no:12/3 Seyranbağları-Çankaya/ANKARA

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Lisans	EÜ M.F. Makine Mühendisliği	2012
Lise	Çankaya Milli Piyango Anadolu Lisesi, Ankara	2008

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2014- Halen	Türk-Res Enerji Tek. Ltd. Şti.	Proje Mühendisi
20012–2013	Platin Arge Proje Mühendislik - Kayseri	Teknik Uzman

YABANCI DİL

İngilizce, Almanca