

**GÜNEŞ İZLEMELİ FOTOVOLTAİK PİLLERİN  
MOBİL ÖLÇÜM İSTASYONLARINA  
UYGULANMASI**

**Ramazan ŞENOL**

**Yüksek Lisans Tezi**

**MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ISPARTA-2005**

**T.C.**  
**SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GÜNEŞ İZLEMELİ FOTOVOLTAİK PİLLERİN**  
**MOBİL ÖLÇÜM İSTASYONLARINA**  
**UYGULANMASI**

**Hazırlayan:**  
**Ramazan ŞENOL**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Yüksek Lisans Tezi**  
**MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**  
**ISPARTA-2005**

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne

Bu çalışma jürimiz tarafından **MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**'nda YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : .....

Üye : .....

Üye : .....

ONAY

Bu tez ...../...../ 2005 tarihinde Enstitü Yönetim kurulunca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından kabul edilmiştir.

...../...../ 2005

Prof. Dr.

Enstitü Müdürü

## İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	vi
SİMGELER DİZİNİ.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI İÇERİSİNDE GÜNEŞİN YERİ.....	5
1.1.1. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Nelerdir?.....	5
1.1.2. Türkiye'nin, Mevcut Enerji Kaynaklarının Üretim ve Tüketim Durumları.....	6
1.1.3. Isparta İli Elektrik Enerjisi Kurulu Güçleri ve Üretim Kapasiteleri.....	7
1.1.4. Isparta İli Güneş Verileri.....	9
2. KAYNAK BİLGİSİ.....	11
3. MATERYAL VE METOT.....	15
3.1. GÜNEŞTEN DÜNYAYA GELEN ENERJİ.....	15
3.1.1. Güneşin Yapısı.....	15
3.1.2. Güneşten Gelen Enerjinin Değişimi.....	16
3.1.3. Güneş Işınımının Atmosferde Yutulması.....	16
3.1.4. Bağlı Hava Kütlesi.....	17
3.1.5. Güneş Açıları.....	18
3.2. GÜNEŞ TAKİP SİSTEMLERİNİN GEREKÇESİ.....	19
3.2.1. Sistemin Dönüş Eksenleri.....	19
3.2.1.1 Modülün Z-Eksenine Etrafındaki Dönüşü.....	20
3.2.1.2. Modülün X- Eksenine Etrafındaki Dönüşü.....	20
3.2.2. Güneş Enerjisi Genel Bağlılıkları.....	21
3.2.3. Optimum Eğim Açısı Araştırmaları.....	24
3.3. GÜNEŞ PİLLERİ.....	24
3.3.1. Güneş Pili Çalışma Prensipleri.....	25
3.3.2. Yarı İletkenler.....	27
3.3.3. Güneş Işınımı Altında P-N Eklem Diyot.....	30
3.3.4. Fotovoltaik Diyotların Üretiminde Temel Ölçütler.....	32
3.3.5. Fotovoltaik Güneş Pilleri İçin Malzemeler.....	34
3.3.5.1. Tek Kristalli Silisyum Güneş Pilleri.....	34
3.3.5.2. Çok Kristalli Silisyum Güneş Pilleri.....	35
3.3.5.3. İnce Film Güneş Pilleri.....	36
3.3.5.4. Amorf Silisyum Güneş Pilleri.....	37
3.3.5.5. Kadmiyum Tellür İnce Film Güneş Pilleri.....	38
3.3.5.6. Bakır İndiyum Diselenid Güneş Pilleri.....	39
3.3.6. Güneş Pili Verimlilikleri.....	40
3.3.6.1. PV Dizisi Verimi.....	40
3.3.6.2. PV Dizisinde Peak Gücü.....	41
3.3.6.3. PV Dizisinin Anlık Enerjisi.....	42

3.3.7. Güneş Pili Alt Elemanları (Hücre, Modül) Ve Toplam Performansa Etkileri.....	42
3.3.7.1.Hücre Çeşitleri Ve Hücrelerin Etkisi.....	42
3.3.7.2. Hücre Kayıpları Ve Tehlikeli Bölgeler.....	42
3.3.7.2.1. Birleşme Kayıpları.....	42
3.3.7.2.2. Modüldeki Tehlikeli Bölgeler.....	43
3.3.7.3. PV Modül.....	43
3.3.7.3.1. Modül Özellikleri.....	44
3.3.7.4. PV Dizileri Ve Etkisi.....	45
3.3.7.4.1. Pv Modüllerin Ara Bağlantısı : Pv Dizisi.....	45
3.3.7.5. PV Sistemi Ve Sistem Performansı.....	46
3.3.7.5. 1. Bir Fotovoltaik Sistemin Yapısı.....	46
3.3.7.5.2. Pv Sistemlerin Performansı.....	46
3.3.7.5.2.1. Gerçek İşletme Şartları.....	46
3.3.7.5.2.2. Işınım.....	47
3.3.7.5.2.3. Hücre Sıcaklığı.....	47
3.3.7.5.2.4. Modül Yitirimi.....	48
3.3.7.5.2.5. Akü.....	48
3.3.7.5.2.6. Modül Dizisinin Kablo Tesisatının Yapılması.....	48
3.3.7.5.2.7. Dizilerdeki Gölgeleme.....	48
3.3.7.5.2.8. İnverter.....	49
3.3.7.5.2.9. Enerji Kazancı.....	50
3.3.7.5.2.10. Performans Oranı.....	50
3.3.7.5.2.11. Sistem Kayıpları.....	50
3.3.7.5.2.12. Enerji Maliyeti.....	51
3.3.8. Elektrikli Depolayan Akümülatörler.....	52
3.3.8.1. Depo Pillerde Paralel ve Seri Bağlama.....	53
3.3.9. Güneş Pili Uygulamaları.....	54
3.3.9.1. Güneş Pilleri İle Sokak Aydınlatması.....	54
3.3.9.2. Güneş Pilleri İle Güvenlik Aydınlatma Sistemleri.....	55
3.3.9.3. Güneş Pilleri İle Kişisel Aydınlatma.....	56
3.3.9.4. Güneş Pilleri İle Ulaşım Güvenliğinin Sağlanması.....	56
3.3.9.5. İletişim Alanında Güneş Pillerinin Kullanımı.....	57
3.3.9.5.1. Telefon Kulübeleri.....	57
3.3.9.5.2. Portatif AM/FM Radyolar.....	57
3.3.9.5.3. Radyo Baz İstasyonları.....	58
3.3.9.6. Küçük Jeneratörler.....	58
3.3.9.7. Küçük Pil Şarj Cihazları.....	59
3.3.9.8. Ups / Yedek Güç Sistemleri.....	59
3.3.9.9. Katlanabilir Çantalar.....	59
3.4. GÜNEŞ İZLEME VE KONTROL SİSTEMİ.....	60
3.4.1.Motorlar.....	61
3.4.1.1. Elektrik Motorları İle Tahrik.....	61
3.4.1.2.Doğru Akım Motorları.....	61
3.4.1.3. Fırçasız Doğru Akım Servomotorlar.....	62
3.4.1.4 Alternatif ve Doğru Akım Motorlarının Seçimi.....	62
3.4.2 Güneşin Konumunu Belirleyici Ünite.....	64

3.4.2.1 Optik Algılayıcılar.....	64
3.4.2.2. Fotodirençler.....	64
3.4.3. Şarj Kontrol Cihazları Ve PV Güç Sistemlerinde Aküler İçin Sistem İzlemesi.....	65
3.4.3.1 Şarj Kontrol Cihazları.....	65
3.4.3.1.1 Lineer Şarj Kontrol Cihazları.....	66
3.4.3.1.2 Anahtarlamalı Kontrol Elemanları.....	67
3.4.3.2 Şarj Kontrol Teknikleri.....	69
3.4.3.3 Şarj Kontrol Cihazları İçin Dizayn Kriterleri.....	72
3.4.4 İnverterler.....	74
3.4.4.1 PV İnverterlerinin Genel Karakteristikleri.....	74
3.4.4.2 Şebekeye Bağlı Sistemler İçin İnverterler.....	74
3.4.4.3 Bağımsız (Tek Başına) Çalışma Durumu İçin İnverterler.....	76
3.4.4.3.1 Genel Bakış.....	77
3.4.4.3.2 Kare Dalga İnverterler.....	78
3.4.4.3.3 Sinüsoidal AC Çıkışlı İnverterler.....	78
3.4.5 Güneş İzleme Sisteminde Kullanılan Teknoloji.....	78
3.4.5.1 PIC Çeşitleri.....	78
3.4.5.2 PIC Bellek Çeşitleri.....	79
3.4.5.3. Osilatör Devresi.....	81
3.4.5.4. Reset Devresi.....	82
3.5. MATERYAL.....	82
3.5.1. Çalışmada İncelenen Parametreler ve İzlenen Yöntem.....	82
3.6. METOT.....	86
3.6.1. Deney Düzenegi.....	86
3.6.2. Fotovoltaik Güneş Pili.....	86
3.6.3. Sistem İçin Tasarlanan Kontrol Üniteleri.....	87
3.6.4. Şarj Kontrol Devresi.....	88
3.6.5. Akümülatör.....	91
3.6.6. İnvörtör (DC/AC Çevirici) Devresi.....	91
3.6.7. Motorlar.....	93
3.6.8. Güneş İzleme ve Kontrol Üniteleri.....	94
3.6.9. Veri Toplama Ünitesi ve Kablosuz İletişim Modülü.....	98
4. BULGULAR.....	100
4.1 Deneyin Yapılışı, Elde Edilen Veriler ve Yapılan Analizler.....	100
4.2 Sistem Bileşenlerinin ve Tüm Sistemin Verimi.....	120
5. TARTIŞMA ve SONUÇLAR.....	123
6. KAYNAKÇA.....	125
ÖZGEÇMİŞ.....	130
EKLER.....	

## ÖZET

### **Güneş İzlemeli Fotovoltaik Pillerin Mobil Ölçüm İstasyonlarına Uygulanması**

Çeşitli amaçlarla kullanılan ölçüm istasyonlarının mobil hale getirilmesi, ölçü sistemlerinin enerji gereksinimlerinin karşılanması ve ölçü sistemlerinden elde edilecek verilerin belirli merkezlere aktarılması teknolojik ve ekonomik olarak büyük bir gereksinimdir. Sistem bu gereksinimleri karşılamak amacıyla yapılan bir tasarım ve imalat çalışmalarını içermiştir. Geliştirilen sistemle çeşitli amaçlarla ölçüm alınması, ölçü aletlerinin enerji beslemeleri ve verilerin aktarılması gerçekleştirilmiştir. Böylece sistem ileride yapılacak tüm yenilenebilir enerji kaynakları projelerine, jeofiziksel çalışmalara, meteorolojik çalışmalara ve her türlü bilimsel, teknolojik, askeri, uzay vb. çalışmalara destek ve temel niteliğindedir.

**Anahtar Kelimeler:** Güneş Enerjisi, Güneş Pilleri, Güneş İzleme, Mobil Ölçüm İstasyonu

**ABSTRACT****Application of Photovoltaic Cells with Solar Tracking to Mobile Measurement Plants**

Measurement stations which are used with different aims to be mobile, to supply the energy of measurement systems and to transfer data which are collected from measurement systems to specific centers, are very important as economical and technological. The system included some study of design and manufacture for supplying these necessities. To be improved system become true to take measure with different aims, to supply energy of by measurement tools, and to transfer of data. So the system will be basic and support to all projects of renewable energy resources which will be made in the future, to every kind of studies of geological, meteorological and scientific, technological, military, space etc.

**Keywords:** Solar Energy, Photovoltaics, Solar Tracking, Mobile Measurement Plants



**TEŞEKKÜR**

“Güneş İzlemeli Fotovoltaik Pillerin Mobil Ölçüm İstasyonlarına Uygulanması” başlığı altında düzenlenen bu tezin hazırlanmasında, hertürlü teşvik ve desteği veren, bilgi ve tecrübelerinden istifade ettiğim kıymetli hocam, Sayın, Yrd. Doç. Dr. Şevki Yılmaz GÜVEN beye sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmaya proje desteğinden dolayı S.D.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi’ne teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca çalışmalarım esnasında yardımlarını esirgemeyen, hertürlü teşvik ve desteği veren kıymetli hocam Sayın, Yrd. Doç. Dr. İbrahim ÜÇGÜL beye, yardımlarından dolayı Hamit ARMAĞAN beye, Zeki ÇAYDAR beye, Mustafa BAŞKÖK beye, sabırlarından dolayı kıymetli kız kardeşime de teşekkürlerimi sunarım.

Ramazan ŞENOL

## SİMGELER DİZİNİ

$n_\gamma$	:Bağıl hava kütlesi
$\theta$	:Geliş açısı ( $^\circ$ )
$\alpha_s$	:Yükseklik Açısı ( $^\circ$ )
$\gamma_s$	:Güneş azimut açısı ( $^\circ$ )
$\gamma$	:Yüzey azimut açısı ( $^\circ$ )
$\delta$	:Deklinasyon açısı ( $^\circ$ )
$\theta_z$	:Zenit açısı ( $^\circ$ )
$\phi$	:Enlem açısı ( $^\circ$ )
$\omega$	:Saat açısı ( $^\circ$ )
$\beta$	:Eğim Açısı ( $^\circ$ )
$n$	:yıl içindeki gün numarası
$f$	:Düzeltilme faktörü
$H$	:Yataya gelen güneş ışınımı miktarı ( $W/m^2$ )
$H_n$	:Maksimum direkt güneş ışınımı ( $W/m^2$ )
$H_b$	:Eğik yüzeye dik direkt güneş ışınımı miktarı ( $W/m^2$ )
$R_b$	:Pv panel üzerine gelen ışınımın yatay düzleme gelen ışınımına oranı.
$H_{d,p}$	:Eğimli bir yüzeyde difüz ışınım miktarı ( $W/m^2$ )
$H_d$	:Yatay bir yüzeydeki difüz ışınım miktarı ( $W/m^2$ )
$k_y$	:Yayıllı ışınım oranı
$K_T$	:Bulutluluk faktörü
$H_{gr}$	:Eğimli bir yüzeyde yansiyarak gelen ışınım miktarı ( $W/m^2$ )
$H_T$	:Eğimli bir PV panel yüzeyine gelen toplam ışınım miktarı ( $W/m^2$ )
$FF$	:Dolum çarpanı
$V_{mp}$	:Maksimum güç noktası gerilimi (V)
$I_{mp}$	:Maksimum güç noktası akımı (A)
$V_{oc}$	:Açık devre gerilimi (V)
$I_{sc}$	:Kısa devre akımı (A)
$P$	:Güneş pilinin çıkış gücü (W)
$\eta_e$	:Güneş pilinin verimi
$T_c$	:Hücre sıcaklığı ( $^\circ C$ )
$\eta_r$	:Referans güneş ışınımında güneş pilinin verimi

$T_r$	:Referans sıcaklıkta hücrenin sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ )
$B$	:Güneş pilinin sıcaklık katsayısı ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ )
$U_L$	:Birim alandaki PV ısı kayıp katsayısı( $\text{W}/\text{m}^2/^{\circ}\text{C}$ )
$\alpha$	:Yutma katsayısı
$T_a$	:Ortam sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ )
$\tau$	:PV modülün güneş geçirgenliği
$t_p$	:Gün içindeki maksimum ve minimum sıcaklık arasındaki zamanı (dk)
$A$	:PV dizisinin alanı ( $\text{m}^2$ )
$\eta_d$	:PV dizisinin verim kaybı faktörü
$\eta_c$	:Güç iyileştirme aygıtlarının verimi
$\eta_w$	:PV dizisindeki kabloların verimi
$I$	:Işınım ( $\text{W}/\text{m}^2$ )
$\eta_{\text{STŞ}}$	:Standart test şartlarında Pv modül verimi
$\eta_{\text{RRC}}$	:Hücre sıcaklığından (RRC şartları) dolayı oluşan modül verimi
$\eta_{\text{DEG}}$	:Modül yitirim verimi
$\eta_{\text{GÖL}}$	:Gölgeleme verimi
$\eta_{\text{OMH}}$	:Omik ve Hata verimi
$\eta_{\text{Inv}}$	:Ortalama inverter verimi
$\eta_{\text{AKÜ}}$	:Ortalama akü depolama verimi
$P_{\text{loss}}$	:İnverter kayıpları
$P_o$	:İnverter sabit yük – bağımsız kayıpları
$k.P_I^2$	:İnverter değişken yük – bağımlı kayıpları
$\eta_{10}$	:İnverterin %10 çalışmadaki verimi
$\eta_{100}$	:İnverterin %100 çalışmadaki verimi
$\bar{E}_{in}$	:Yıllık enerji üretimi (kWh / kWp)

- $Y_F$  :Son enerji kazancı
- $P_p$  : Kurulu peak güc (kWp)
- $E_{Pv}$  :Güneş pilinden son alınan enerji (W)
- $P_R$  :Performans oranı
- $Q$  :Sistemin teknik kalitesi
- $Y_R$  :Referans enerji kazancı
- $H_A$  :Verilen düzlemdeki ışınım ( $W/m^2$ )
- $G_{STŞ}$  :Standart test şartlarındaki ışınım ( $W/m^2$ )
- $\eta_{STŞ}$  :Standart test şartlarındaki modül verimi
- $\eta_{SYS}$  :Sistem verimi
- $A_{Mod}$  :Modül alanından ( $m^2$ )
- $CE$  :Üretilen elektriğin maliyeti (YTL/kWh)
- $CC$  :PV sistemin ana maliyeti (YTL/ Wp)
- $i_L$  :Yük akımı (A)
- $V_{Load}$  :Yük gerilimi (V)
- $L$  :Bobin (Henry)
- $t_{on}-t_{off}$  :Anahtarlama frekansları için açık ve kapalı süre ifadeleri

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Dünyanın global sıcaklığındaki değişim.....	3
Şekil 3.1. Güneşten gelen enerjinin yıl içindeki değişimi.....	16
Şekil 3.2. Atmosfer dışına ve yer yüzüne gelen güneş ışınımının spektral dağılımı.....	17
Şekil 3.3. Güneş ışınlarının atmosfer içinde izlediği yol.....	17
Şekil 3.4. Güneş Açıları.....	18
Şekil 3.5. Modülün herhangi bir andaki pozisyonu.....	19
Şekil 3.6. Modülün z- ekseni etrafındaki dönüşü.....	20
Şekil 3.7. Modülün x- ekseni etrafındaki dönüşü.....	20
Şekil 3.8. Bir güneş pilinde fotovoltaiik etki.....	25
Şekil 3.9. Güneş pilinin çalışması.....	26
Şekil 3.10. Güneş pilinin eşdeğer devresi.....	26
Şekil 3.11. Silisyum monokristal atomunun kübik kafes sistemindeki genel görüntüsü.....	28
Şekil 3.12. N ve P tipi kristalin elde edilişi.....	29
Şekil 3.13. (a) n-tipi silisyum (b) p-tipi silisyum.....	29
Şekil 3.14. Karanlıkta ve ışınım altında p-n eklem diyodun akım-gerilim eğrileri.....	30
Şekil 3.15. Farklı ışınım değerlerinde modülün akım-gerilim karakteristiği.....	31
Şekil 3.16. Farklı sıcaklık değerlerinde modülün akım-gerilim karakteristiği.....	32
Şekil 3.17. Silisyum güneş pillerinin dizaynı.....	35
Şekil 3.18. Silisyum güneş pillerinin yapısı.....	35
Şekil 3.19. Amorf Si:H modül dizaynları, ve ara bağlantıları.....	37
Şekil 3.20. Yasak enerji aralıkları ve absorpsiyon katsayıları.....	39
Şekil 3.21. Cu(In,Ga)Se <sub>2</sub> güneş pili dizaynları için kesit görünüm.....	40
Şekil 3.22. Sıcak nokta (Tehlikeli bölge) formasyonu.....	43
Şekil 3.23. Değişik Biçimlerdeki Güneş Pilleri İle Yapılmış Modüller.....	43
Şekil 3.24. Modülün fiziksel yapısı.....	44
Şekil 3.25. Tipik bağlantı sistemleri ve modül devre dizaynında kullanılan terimler.....	45
Şekil 3.26. Seri ve paralel bağlantı.....	46
Şekil 3.27. 196 adet 11Wp amorf silisyum modül.....	46
Şekil 3.28. Bağımsız bir PV sistemin temel bileşenleri ve güç akış yönleri.....	47
Şekil 3.29. Paralel bağlanmış depo piller.....	53
Şekil 3.30. Seri bağlanmış depo piller.....	53
Şekil 3.31. Hem Seri Hem de Paralel Bağlanmış Bir Sistem.....	54
Şekil 3.32. Güneş pili çevre aydınlatma sisteminden görünüm.....	54
Şekil 3.33. Sisteme ait bileşenlerin bağlantısını gösteren blok diyagram.....	55
Şekil 3.34. Güvenlik aydınlatma sistemleri.....	55
Şekil 3.35. Kişisel aydınlatma sistemleri.....	56
Şekil 3.36. Trafikte ulaşım güvenliğini sağlamakta kullanılan güneş pilli ışıklı ikaz sistemleri.....	56
Şekil 3.37. Otoyollarda kullanılan radyo bilgilendirme sistemine ait aktarım istasyonu.....	57
Şekil 3.38. Güneş pilli telefon kulübeleri.....	57
Şekil 3.39. Güneş pili ile çalışan portatif am/fm radyolar.....	58

Şekil 3.40. Güneş pili ile çalışan radyo baz istasyonları.....	58
Şekil 3.41. Güneş pili ile çalışan jeneratörler.....	58
Şekil 3.42. Güneş pili ile çalışan küçük pil şarj cihazları.....	59
Şekil 3.43. Güneş pilli ups / yedek güç sistemleri.....	60
Şekil 3.44. Güneş pilli katlanabilir çantalar.....	60
Şekil 3.45. Ölçme sistemlerinin geliştirilmesine ait şema.....	60
Şekil 3.46. Uzun , ince ve dar bir düzeneğe tepki ve direnç optimizasyonu.....	65
Şekil 3.47. Voltaj kontrollü Entegre edilmiş lineer şarj kontrol cihazı.....	66
Şekil 3.48 36 Hücreli bir PV modülü için I-V eğrisi.....	67
Şekil 3.49. (a)Seri ve (b)Paralel Kontrol Elemanlarının Prensipleri.....	68
Şekil 3.50. Yüksek gerilim sistemleri için kısmi şönt kontrol sistemi.....	68
Şekil 3.51. Şarj süresince Akü gerilimi ve Akımı.....	69
Şekil 3.52. MPP ‘dağ tırmanışı’ izleme algoritmasının çalışma prensibi.....	71
Şekil 3.53. Deşarj süresi boyunca batarya gerilimindeki ve yük akımındaki değişiklikler.....	72
Şekil 3.54. Şebekeye bağlı bir PV sistemin genel yapısı.....	75
Şekil 3.55. Farklı modül sıcaklıkları için maksimum güç noktası (MPP).....	75
Şekil 3.56. Tek Fazlı şebekeye güç enjektörü.....	76
Şekil 3.57. Tek fazlı inverterlerin çalışma prensibinde DC gerilimin MPP noktasından sapması.....	76
Şekil 3.58. Bağımsız bir inverterin dizaynı.....	77
Şekil 3.59. İnverterin sembolize edilmesi.....	77
Şekil 3.60. Basit bir inverterin Kare dalga AC çıkış örneği.....	77
Şekil 3.61. H köprü tipi inverter.....	77
Şekil 3.62. Seramik ambalajlı cam pencereci PIC16C57.....	80
Şekil 3.63. Flash program belleğine sahip PIC16F84.....	81
Şekil 3.64. Kristal veya seramik rezonatör bağlantı biçimi.....	81
Şekil 3.65. Reset devresi.....	82
Şekil 3.66. Sistemin blok diyagramı.....	83
Şekil 3.67. Tasarlanan sistem.....	84
Şekil 3.68. Gerçekleştirilen sistem.....	84
Şekil 3.69. Güneşi izleyen düzenekteki ışınım ölçer.....	85
Şekil 3.70. Sabit eğimli güneşe yönlendirilmiş bir PV’ye monte edilmiş ışınım ölçer.....	85
Şekil 3.71. Sistemde kullanılan güneş pili.....	86
Şekil 3.72. Deney düzeneğinin genel görünümü.....	87
Şekil 3.73. Deney düzeneğinin yakından görünümü.....	87
Şekil 3.74. Tasarlanan kontrol ünitesi.....	88
Şekil 3.75. a) Gerçekleştirilen kontrol ünitesi. b) kontrol ünitesi LCD ekranı... ..	88
Şekil 3.76. Şarj kontrol kartından görünüm. ....	89
Şekil 3.77. Şarj kontrol kartının kontrol ünitesi içine yerleşiminden bir görünüm .....	89
Şekil 3.78. İmalatı gerçekleştirilen şarj kontrol kartı.....	90
Şekil 3.79. Sistemde kullanılan inverterin devre şeması.....	92
Şekil 3.80. Sistemde kullanılan inverterden görünüm (kontrol kartı).....	92
Şekil 3.81. Tasarlanan motorların yerleşim planı ve hareket doğrultuları.....	93
Şekil 3.82. Gerçekleştirilen sistemdeki motorların yerleşimleri.....	94
Şekil 3.83. Sistemdeki sınır anahtarlarından görünüm.....	94

Şekil 3.84. Gerçekleştirilen sistemdeki algılayıcıların yerleşimi.....	95
Şekil 3.85. Algılayıcıların yerleşimi.....	95
Şekil 3.86. Sistemde kullanılan Röleler.....	96
Şekil 3.87. Gerçekleştirilen güneş izleme kartı .....	96
Şekil 3.88. Tasarlanan güneş izleme kartı devre şeması.....	97
Şekil 3.89. Sıcaklık Ölçüm sistemi.....	98
Şekil 3.90. Gerçekleştirilen sıcaklık ölçüm sistemi.....	99
Şekil 3.91. Kablosuz veri aktarımı için kullanılan modem.....	99
Şekil 3.92. Sisteme sıcaklık ve kablosuz veri aktarımının ilave edilmiş görünümü .....	99
Şekil 4.1. 17/05/2005 izleme sisteminde PV düzlemine gelen toplam ışınım miktarları.....	100
Şekil 4.2. 17.05.2005 yatay yüzeye gelen toplam ışınım miktarı.....	101
Şekil 4.3. 09.06.2005 yatay düzleme ve izlemeli sisteme gelen ışınım miktarları.....	101
Şekil 4 4. İzleme sistemi toplam ışınım miktarları ve 37° eğimde ışınım miktarları.....	104
Şekil 4.5. İzleme sistemi toplam ışınım miktarları ve 37° eğimde ışınım miktarları.....	106
Şekil 4.6. Akü doldurma düzeneği için akım, gerilim ve güç değerleri.....	107
Şekil 4.7. Akü doldurma düzeneği için gerilim ve güç değerleri.....	108
Şekil 4.8. Akü doldurma düzeneği için akım ve güç değerleri.....	108
Şekil 4.9. Akü doldurma düzeneği için PV düzlemine gelen ışınım, üretilen güç değerleri.....	109
Şekil 4.10. Akü doldurma düzeneği için PV düzlemine gelen ışınım, üretilen gerilim değerleri.....	109
Şekil 4.11. İki eksenli izleme yapan PV düzlemine gelen ve 37° eğimde ışınım miktarları.....	114
Şekil 4.12. İki eksenli izleme yapan PV düzlemine gelen ve 37° eğimde ışınım miktarları.....	116
Şekil 4.13. 07.06.2005 tarihinde Ölçüm süresince izlemeli ve sabit yüzeye gelen saatlik ortalama ışınım miktarları.....	116
Şekil 4.14. 07.06.2005 tarihinde Ölçüm süresince shell s25 pil kullanılırsa üretilebilecek güç değerleri.....	117
Şekil 4.15. 06.06.2005 tarihinde LM35DZ sıcaklık sensörü ile yapılan ve aktarılan ölçümler.....	118
Şekil 4.16. 06.06.2005 tarihinde Almemo Marka Cu-Ni sıcaklık probu ile yapılan ölçümler.....	118
Şekil 4.17. LM35DZ ve Cu-Ni sıcaklık probu ile yapılan ölçümlerinin karşılaştırılması.....	120

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Tablo 1.1 Enerji teknolojilerinin çevresel etkileri.....	1
Tablo 1.2. Türkiye'nin Yıllık Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgelere Göre Dağılımı.....	5
Tablo 1.3. Burdur- Isparta illeri hidroelektrik potansiyeli.....	8
Tablo 1.4. Faaliyetteki elektrik santralleri (Isparta).....	8
Tablo 1.5. Isparta-Gelendost Rüzgar Hız Değerleri.....	8
Tablo 1.6. İmalat sanayi işyerleri enerji tüketimi.....	9
Tablo 1.7. Isparta ili aylık ortalama günlük güneş ışınım değerleri.....	9
Tablo 1.8. Isparta ili aylık ortalama günlük güneş alma süresi.....	10
Tablo 3.1. Çeşitli gök durumları için toplam ışınım miktarı ve yaygın ışınım oranları.....	15
Tablo 3.2. Farklı yüzeyler için yansıtma katsayıları.....	23
Tablo 3.3. Malzemeleri oluşturan elementlerin rezerv durumları.....	27
Tablo 3.4. Güneş pillerinde rapor edilmiş en yüksek verimlilikler.....	40
Tablo 3.5. Modül özellikleri.....	42
Tablo 3.6. Kristal osilatör için kapasitör seçimi.....	82
Tablo 3.7. Güneş pilinin özellikleri.....	86
Tablo 3.8. Huanyu HYS1223 marka kuru tip akümülatörün teknik ve fiziksel özellikleri.....	91
Tablo 4.1. 17/05/2005 izleme sisteminde PV düzlemine gelen toplam ışınım miktarları.....	100
Tablo 4.2. 17.05.2005 yatay yüzeye gelen toplam ışınım miktarı.....	101
Tablo 4.3. 09–10.06.2005 yatay düzleme ve izlemeli sisteme gelen ışınım miktarları.....	102
Tablo 4.4. İzleme sisteminde ışınım miktarları ve 37° eğimde toplam ışınım miktarları.....	103
Tablo 4.5. İzleme sisteminde ışınım miktarları ve 37° eğimde toplam ışınım miktarları.....	105
Tablo 4.6. Akü doldurma düzeneği için akım, gerilim ve güç değerleri.....	107
Tablo 4.7. İzleme sisteminde ışınım miktarları ve 37° eğimde toplam ışınım miktarları.....	110
Tablo 4.8. İzleme sisteminde ışınım miktarları ve 37° eğimde toplam ışınım miktarları.....	115
Tablo 4.9 07.06.2005 tarihinde Ölçüm süresince izlemeli ve sabit yüzeye gelen saatlik ortalama ışınım miktarları.....	116
Tablo 4.10 07.06.2005 tarihinde Ölçüm süresince shell s25 pil kullanılırsa üretilebilecek güç değerleri.....	117
Tablo 4.11. 06.06.2005 tarihinde LM35DZ sıcaklık sensörü ile yapılan ve aktarılan ölçümler.....	119
Tablo 4.12. 06.06.2005 tarihinde Almemo Marka Cu-Ni sıcaklık probu ile yapılan ölçümler.....	119
Tablo 4.13. 03.06.2005 tarihindeki verilere dayanılarak çıkartılan anlık sistem verimleri.....	121
Tablo 4.14. Tüm sistemin gerçek sistem verimini oluşturan bileşenler.....	122
Tablo ek1. 2003 yılına kadar dünya genelinde PV üretimi.....	Ek
Tablo ek2. En fazla PV hücre / Modül Üretimi yapan kuruluşlar.....	Ek



Tablo ek3. 1993 - 2003 yılları arasında uygulama alanlarıyla dünya PV piyasası (MW/Yıl).....	Ek
Tablo ek4. 2003 yılı itibariyle dünya üzerinde teknoloji bakımından hücre / Modül üretimi.....	Ek
Tablo ek5. Amerika'da PV Hücre / Modül üretimi.....	Ek
Tablo ek6. A.B.D.'de sektörlere göre PV uygulamaları.....	Ek
Tablo ek7. Avrupa'da PV üretimi.....	Ek
Tablo ek8. 1995 – 2003 yılları arasında PV hücre / modül üretimi.....	Ek
Tablo ek9. Mtoe biriminde birincil enerji tüketiminin yenilenebilir paylaşımı..	Ek

## 1. GİRİŞ

Enerji, uygarlığın temel taşlarından biridir. Enerji kaynakları fosil kökenli ve yenilenebilir kökenli olabilir. Yenilenebilir kaynaklardan nihai olarak üretilen elektrik enerjisi ayrıca bir öneme haizdir. Teknolojik, endüstriyel ve ticari faaliyetlerin yürütülmesinde en önemli rol özellikle elektrik enerjisininindir. Elektrik enerjisinin üretimindeki en küçük bir aksama dahi, temel endüstri ile ticari gelişmeler ve bağlantılarda karmaşaya yol açmakta, günlük hayatı olumsuz olarak etkilemektedir.

Günümüzde konvansiyonel enerji kaynaklarının azalması ve ekolojik unsurlar yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgiyi artırmıştır. Dünya nüfusunun giderek artması sonucunda, konvansiyonel enerji kaynaklarının 100 yıllık bir süreçte tükenebileceği kaygısı, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin enerji ihtiyaçlarının, belli bir oranda yenilenebilir enerji kaynakları ile karşılanması düşüncesini hızla yaygınlaştırmaktadır.

Dünya enerji üretiminin büyük bir bölümü fosil yakıtlarından elde edilmektedir. Tablo 1.1 den de görülebileceği gibi fosil enerji teknolojilerinin çevreye verdikleri zararlar önemli boyuttadır. Oysaki yenilenebilir enerji teknolojilerinin kullanımı yaygınlaştırılarak fosil yakıt kullanımı azaltılıp, çevreye olan zararlar en aza indirilebilir. Dünya ortalamasının 5 katı fazla CO<sub>2</sub> emisyonu olan ABD’ de 2010 yılına kadar 1 milyon çatıya fotovoltaik (pv) sistem kurularak bir yılda 850 000 aracın ürettiği karbon emisyonu kadar bir emisyon azalması sağlanacağı belirtilmektedir ( Spiegel vd,2000).

Tablo 1.1 Enerji teknolojilerinin çevresel etkileri (Markvart, 1994)

	Asit kirlenmesi (SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> vs.)	CO <sub>2</sub>	Global Isınma CH <sub>4</sub>	İnsan sağlığı ve çevrelik	Ağır metaller	Fosil	Atık madde	Çevresel kirliliği	Çarullık	Yer gereksinimi
Pasif güneş enerjisi	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Fotovoltaik	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1
Rüzgar enerjisi	0	0	0	0	0	0	0	3	1	1
Biyokütle	1	0	3	1	1	0	1	1	1	3
Jeotermal	1	1	1	1	1	0	2	1	1	0
Hidroelektrik	0	0	0	0	2	0	3	0	3	0
Gelgit enerjisi	0	0	0	0	0	1	0	3	0	1
Dalga enerjisi	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
Kömür	4	4	2	1	2	1	2	2	1	3
Petrol	3	4	1	1	1	2	1	1	0	1
Doğalgaz	1	4	1	1	1	2	1	1	0	1
Nükleer	1	1	0	1	0	3	3	2	0	1
0- İhmal	1-İhmal/Önemli	2-Önemli	3-Önemli/Büyük	4-Büyük						

Dünya’da sınırlı ve kirlenici fosil yakıtların sorunları belgelendikçe ve küresel iklim

değişikliği tehdidi karşısında somut önlemler alınması gerekliliği aciliyet kazandıkça, sonsuz ve temiz yenilenebilir enerji kaynakları kullanımına artan bir yönelim olduğu gözlenmektedir. Örneğin, 1997 yılında Avrupa Birliği'nce yayınlanan Yenilenebilir Enerjilere İlişkin Beyaz Belge, 2010 yılına kadar üye devletlerde tüketilen tüm elektriğin % 23,5'i olan 675 milyar kilowatsaatın yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilmesini öngörüyor. Yenilenebilir enerji tanımı içine sakıncaları nedeniyle dev hidroelektrik santraller alınmamıştır. Beyaz Belge'de yenilenebilir enerjilerden üretilmesi hedeflenen 675 milyar kilowatt saatin, 355 milyar kilowatt saati (%12,4) hidroelektrik (dev barajlar hariç), 230 milyar kilowatt saati (%8) biyokütle, 80 milyar kilowatt saati (%2,8) rüzgar, 7 milyar kilowatt saati (%0.2) jeotermal, 3 milyar kilowatt saati (%0.1) ise güneş (fotovoltaik) enerjisinden sağlanacaktır(Üçgül, 2004).

Ancak, fosil kaynaklardan elde edilen yakıtların çevreye olan zararları her geçen gün artmaktadır. Sonuçta, yeni alternatif enerji kaynakları arayışı hızlanmaktadır.

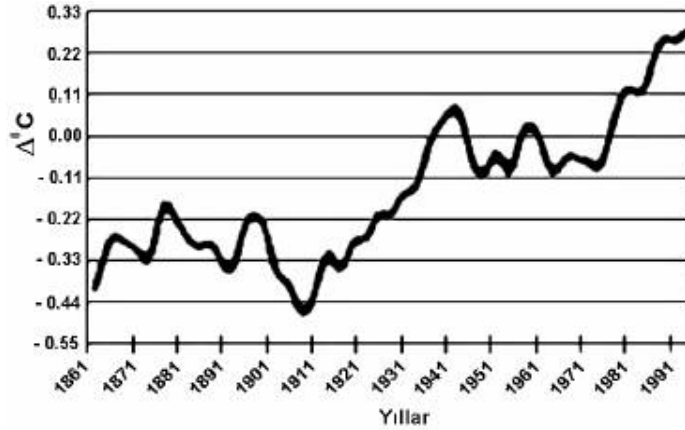
Dünyamızda, 1970'li yıllarda yaşanan enerji krizleri, enerji üretimi, enerji tüketimi ve enerji yapılarında önemli değişiklikleri beraberinde getirmiştir. Enerji tasarrufu politikaları uygulanmış, petrole bağımlılık azaltılmış, kömür ve doğalgaz önem kazanmış ve yenilenebilir enerji kaynaklarından daha etkin ve yaygın olarak istifade edilmesi için çalışmalara başlanmıştır. Fosil yakıtlara bağımlılıktan kurtulmak için güneş, rüzgar, hidrolik, jeotermal ve dalga enerjisi gibi temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmek gerektiği görülmektedir.

Nükleer enerjinin de yapılan olumsuz propagandaların da etkisiyle halkın tepkisini kazanması, hükümetlerin yenilenebilir enerji kaynakları üzerinde çalışmalara daha fazla fon ayırmasını sağlamıştır. Günümüzde, fosil kökenli enerji kaynaklarına rakip olabilecek yenilenebilir enerji kaynaklarının başlıcaları güneş enerjisi, hidrolik enerji, jeotermal enerji ve rüzgar enerjisidir. Elektrik üretiminde kullanılan enerji kaynakları arasında, nükleer enerji ve jeotermal enerji hariç, diğer tüm kaynaklar güneş kökenlidir. Aynı zamanda dünyayı yaşanabilir bir gezegen yapan da güneş enerjisidir (Wilson vd, 1975).

Bir yılda dünya üzerine gelen güneş enerjisi miktarı  $814 \times 10^{11}$  TEP ( ton eşdeğeri petrol ) ile bilinen kömür rezervinin 50 katı ve bilinen petrol rezervinin 800 katı gibi görkemli boyuttadır(Gençoğlu vd, 2000). Dünyada 8 ülke kömür rezervlerinin % 89' una sahiptir(Sayigh,1999). Buna karşın özellikle rüzgar ve fotovoltaik enerji olmak üzere yenilenebilir enerjiler ise tüm yeryüzüne dağılmıştır ve petrol, doğalgaz, kömür gibi belirli ülkelerin tekelinde değildir.

Günümüzdeki bilgilere göre güneş, emisyon sıcaklığı 5750 K olan 1.400.000 km çapında akkor halde bir küredir. Güneş tarafından yayınlanan toplam güç ise  $4 \times 10^{23}$  kW'dır.

Dünyanın yüzey sıcaklığını güneşten gelen enerji belirler. Dünya yüzeyini ısıtan enerji, güneşten gelen kızılötesi dalga boyundaki enerjidir. Bu enerjinin bir kısmı, atmosfer tarafından geçirilerek yer yüzeyine ulaşır ve oradan yansiyarak uzaya geri döner. Karbondioksit ( $CO_2$ ), Metan ve  $NO_x$  gibi gazlar, atmosferin üst tabakalarına yerleşerek, yerden yansıyan enerjiyi tekrar yüzeye yönlendirir. Böylece yüzey sıcaklığı artmış olur. Bu olay, Sera Etkisi (Green House Effect) olarak adlandırılır. Sera etkisini oluşturan gazların başında  $CO_2$  gelmektedir. Atmosferdeki  $CO_2$  oranı, son 200 yılda %30 artmıştır. Bunun başlıca sebebi, fosil kökenli yakıtların kullanılması ve ekvator bölgesinde bulunan yağmur ormanlarının kapladıkları alanın hızla azaltılmasıdır. Sera etkisi sonucu, son 140 yıl için dünyanın global sıcaklığındaki değişim şekil 1.1'de verilmiştir.



Şekil 1.1 Dünyanın global sıcaklığındaki değişim (Batman, 2001).

İklim değişiklikleri ile ilgili 1997 yılında yapılan Kyoto konferansında, eğer bir önlem alınmazsa, global sıcaklığın önümüzdeki her on yıl için 0.5 derece artarak, 2050 yılında günümüzdekinin 1.6 derece, yüz yıl sonra ise 3.5 derece üzerinde olacağı öngörölmüştür. Atmosfer dışına gelen güneş enerjisi, yıl içinde küçük oynamalar gösterse de sabit ve kesintisizdir. Fakat yer yüzeyine ulaşan enerji, dünyanın kendi eksenini etrafında dönmesi sonucu belirli periyotlarda kesintiye uğrar. Aynı zamanda atmosfer içindeki bulut hareketleri ve atmosfer içindeki çeşitli partiküller de enerji şiddetinde değişmeler yapar. Tüm bu olumsuzluklarına ve güneş panellerinin pahalı olmasına karşın, temiz bir enerji kaynağı olan güneşten doğrudan elektrik enerjisi üreten santrallere ilgi, gün geçtikçe artmaktadır. Güneşten doğrudan elektrik enerjisi elde edilmesi, Fotovoltaik (PV) güneş pilleri ile yapılmaktadır. PV güneş pillerinin kökeni, 1839 yılında Becquerel'in elektrotlar daldırılmış bir elektrolite ışık düştüğünde bir gerilim endüklendiğini göstermesine dayanmaktadır. Benzer bir etkiyi Adams ve Day, 1877'de, katı selenyum üzerine ışık düşürerek gözlemlemişlerdir. 1914'de, selenyum güneş pillerinin güneş ışığı enerjisini doğru gerilim elektrik enerjisine çevirmedeki verimi %1'ler civarına çıkarılmıştır. (Batman, 2001)

PV sistemler şebekeden bağımsız ve şebekeye bağılı olmak üzere iki temel gruba ayrılır. Şebekeden bağımsız (stand-alone) PV sistemlerin yükün gerektirdiği enerjinin tamamını güneş pillerince karşılanır ve kesintisiz enerji sağlayabilmek için 3-5 günlük enerjinin depolanmasına ihtiyaç vardır. Bu tür sistemlerde depolama maliyetleri sistem maliyetlerinin yaklaşık üçte birini oluşturmaktadır ve ancak elektrik şebekesinin ulaşamadığı yerlerde ekonomik olabilmektedirler. Son yıllarda güneş pillerinde üretilen enerjini depolanmadan direkt enterkonnekte elektrik şebekesine aktarılması yöntemi yaygınlaşmış ve şebekeye bağılı (grid-connected) PV sistemler ortaya çıkmıştır. Şebekeye bağılı PV sistemler, şebekeden bağımsız olanlara göre depolama maliyetinin olmamasından dolayı daha ekonomik ve depolama kayıplarının olmamasından dolayı daha verimlidir. Şebekeye bağılı sistemler;

- Merkezi PV güç santralleri
- Dağıtılmış PV çatı sistemleri

olmak üzere iki gruba ayrılır. PV güç santralleri, enterkonnekte şebekenin tepe güç (peak load ) gereksinimlerine destek olmak amacıyla kurulan büyük güçte (MWp) santralleridir. Şebekeye bağlı PV çatı sistemleri ise, evlerin çatılarına yerleştirilen 1-50 kWp gücünde, çift yönlü sayaç kullanımı ile net enerjinin faturalandırılabilirdiği sistemlerdir. Bu tür sistemlerde enerji depolanmamakta, PV örgüden alınan enerji direkt olarak elektrik şebekesine aktarılıp, en yakın noktadaki yüklerin bu enerjiyi kullanması sağlanmaktadır. Böylece enerji çok uzak noktalardan taşınmadığı için enterkonnekte şebekenin iletim ve dağıtım kayıpları da azaltılmış olmaktadır (Boztepe, 2002).

Belirli bir açıyla sabitlenmiş pv sistemlerinde performans, mevsimsel ve gün boyu değişen güneşin konumu ve açısı ile değişmektedir. Gün boyu maksimum güç üretimi için güneşin izlenmesi zorunluluğu ortaya çıkmıştır.

## 1.1. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI İÇERİSİNDE GÜNEŞİN YERİ

### 1.1.1. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Nelerdir?

Türkiye coğrafi konumu itibariyle güneş kuşağı içerisinde yer alıp, güneş enerjisi kullanımının uygun olduğu bir ülkedir. Ülkemizde güneş enerjisi potansiyeli coğrafi bölgelere göre değişim göstermektedir. Bu durum tablo 1.2’de gösterilmiştir.

Tablo 1.2. Türkiye'nin Yıllık Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgelere Göre Dağılımı (Anonim 1)

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

Gerçekte bütün enerji kaynakları güneşten türemiştir. Enerji kaynakları, üretildiği miktarlar göz önüne alınarak, “birincil enerji kaynakları” ve “ikincil enerji kaynakları” olarak iki grupta incelenebilir (Kılıç,1983), (Uyarel,1987). Birincil enerji kaynakları; fosil kaynaklar (kömür, petrol, v.s.), hidrolik enerji ve nükleer enerji,

ikincil enerji kaynakları ise, güneş enerjisi, jeotermal enerji, gel-git enerjisi, dalga enerjisi, rüzgar enerjisi, fizyon enerjisi vb. enerji kaynaklarıdır. Günümüzde enerjinin eldesinde büyük oranda birincil kaynaklar kullanılmaktadır. Temel enerji kaynakları hızla tükenmekte olup dünya nüfusu sürekli artmaktadır. Dünya nüfusunun enerjiye bağımlılığı, enerji açığını sürekli olarak büyötmektedir. Bu temel enerji kaynaklarının hızla tükenmesi insanlığı daha uzun ömürlü enerji kaynaklarına yöneltecektir. Bu kaynaklardan en önemli ikisi nükleer ve güneş enerjisidir. Nükleer enerjinin ileri teknoloji ve maliyete ihtiyaç duyması ve bunun yanında çevreye olan zararları sebebiyle kullanılabilirliği kısıtlıdır. Güneş enerjisi ise yaygın kullanımında yüksek ve özel teknoloji gerektirmez. Güneş enerjisi genel olarak konutlarda, sanayide, tarımda, ısı enerji uygulamalarında (proses enerjisi) ve elektrik enerjisi üretiminde (PV ve ısı güç santralleri) kullanılır (Üçgöl vd., 2003).

### **1.1.2. Türkiye'nin, Mevcut Enerji Kaynaklarının Üretim Ve Tüketim Durumları**

Türkiye'nin; nüfusu yılda ortalama % 1.5 düzeyinde artmaktadır.

Ekonomisi 1980-2001 arası yılda %3,65 büyümüştür.

Kalitesi düşük kömür dışında, petrol ve doğal gaz gibi birincil enerji kaynakları zayıftır.

Dünya rezervlerinin % 64'ünü oluşturan bor tuzları dışında, baskın bir maden kaynağı yoktur.

Küçük akarsu, rüzgar ve güneş enerjisi potansiyelleri dikkate değerdir.

Enerji arzı 1990-2001 arası % 4.3 artmıştır. Oysa Avrupa ortalaması % 0.8 dir.

2001 enerji arzının % 39.6'sı petrol, % 19'u doğal gaz, % 16.8'i linyit, %5'i diğer, % 2.6'sı hidroelektrik kaynaklardan sağlanmıştır.

2001 yılı tüketimi sektörler arasında % 36 sanayi, % 35 konut ve hizmet, % 21 ulaştırma ve % 5'i tarım sektöründe kullanılmıştır.

2001yılı birincil enerji üretiminin %51'i kömür, %11 'i petrol ve doğal gaz, %7.5'i hidro, % 23 'ü ticari olmayan kaynaklardan oluşmuştur.

Enerji tüketimi enerji üretiminin üzerindedir. 1990-2000 döneminde net enerji ithalatı %6 artmıştır.

Elektrik Enerjisi üretiminin yaklaşık %40'ı doğal gaz, %30'u kömür ve % 25'i su kaynaklarını kullanmaktadır.

Dünya nüfusunun %1.1, dünya ekonomisinin % 0.68, enerji tüketiminin % 0.86'nı oluşturuyor.

Kişi başına enerji tüketimi 1.1 tpe ve elektrik tüketimi 1850 kW's olarak, kısa adı OECD olan Ekonomik İşbirliği ve Gelişme Teşkilatı içinde en sondadır.

Özetle Türkiye'de ;

Kişi başına az enerji üretiliyor, kişi başına az enerji tüketiliyor, enerji verimli kullanılmıyor, çevre dostu enerji kullanımında başarılı olunamıyor, birincil enerjinin büyük çoğunluğu yurt dışından sağlanıyor, elektrik enerjisi üretiminde doğal gaz en önemli paya sahip ve bu pay artıyor.

Dünya Ölçeğinde ;

Dünya nüfusunun %15'ini oluşturan OECD ülkeleri, dünya enerji tüketiminin % 68'ini oluşturuyor.

Karbondioksit emisyonu 1970 yılına göre yaklaşık iki kat artmıştır. 2000 verileriyle: Petrol % 40, Kömür % 39, Doğal gaz % 21 oranında pay sahibidir.

Kyoto Sözleşmesine rağmen CO2 emisyonu 2020 de 2/3 oranında artacaktır (Üçgül, 2004).

### **1.1.3. Isparta İli Elektrik Enerjisi Kurulu Güçleri Ve Üretim Kapasiteleri :**

Isparta yöresi hidroelektrik potansiyeli üzerine kurulan küçük HES lerle değerlendirilmektedir. Yöre potansiyeli Tablo 1.3'de ve elektrik santralleri Tablo 1.4'de verilmiştir (Üçgül, 2004.2).

Türkiye'de rüzgar enerjisi potansiyelinin tam bir taraması ve ölçümü henüz yapılmamış ve rüzgar atlası oluşturulmamıştır. Rüzgar ve güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji potansiyelinin ölçümünden sorumlu resmi kurumlar ölçümlerini sınırlı sayıda noktada yapmaktadır. Bununla birlikte Türkiye'de daha ziyade





Isparta yöresinde bunların dışında büyük bir biyokütle rezervi vardır. Ayrıca biyoyakıt, hidrojen enerjisi ve bitümlü şist rezervlerinin değerlendirilmesine yönelik projeler geliştirilerek ilimize ekonomik olarak büyük katkılar sağlanabilir (Üçgül, 2004, 2).

Isparta İli imalat sanayi işyerleri enerji tüketimi Tablo 1.6'da verilmiştir.

Tablo 1.6. İmalat sanayi işyerleri enerji tüketimi.

Yakıtın Türü	Isparta	
	TEP	Yüzde
<b>Benzin</b>	84	0.07
<b>Elektrik</b>	14526	12.35
<b>6 no.lu fuel-oil</b>	3313	2.82
<b>Kalorifer yakıtı</b>		
<b>Kok kömürü</b>		
<b>L.P.G.</b>	1166	0.99
<b>Linyit 2000</b>		
<b>Linyit 3000</b>	67710	57.58
<b>Linyit 4500</b>	1981	1.68
<b>Motorin</b>	229	0.19
<b>Odun</b>	900	0.77
<b>Pamuk Çiğidi</b>		
<b>Petrol Koku</b>	27677	23.54
<b>Toplam</b>	117585	100

#### 1.1.4. Isparta İli Güneş Verileri

Tablo 1.7. Isparta ili aylık ortalama günlük güneş ışınım değerleri (Mj / m<sup>2</sup>)

Ay	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Toplam	YıllıkOrt.
1990	10.6	13.2	19.3	22.3	24.4	29.2	29.2	26.8	22.0	16.0	10.4	8.0	6219.1	18.62
1991	9.2	11.8	17.2	21.0	23.8	28.5	28.3	26.5	22.1	14.6	10.6	7.2	6727.2	18.43
1992	9.3	13.6	16.5	23.4	25.0	28.0	28.7	26.8	22.4	15.9	10.7	8.3	6974.9	19.06
1993	9.2	12.9	18.5	27.0	23.5	29.4	29.9	27.1	22.6	16.6	11.2	8.8	7208.8	19.75
1994	9.1	11.8	17.8	21.4	27.0	29.8	28.6	27.0	22.3	14.5	10.6	8.3	6954.7	19.05
1995	8,5	14.1	17.1	21.7	27.2	29.6	29.1	27.0	22.2	16.4	10.3	8.4	7053.5	19.32
1996	9.5	12.7	15.6	22.9	27.3	30.5	29.3	26.6	21.1	15.3	11.9	7.6	7014.8	19.17
Ay Ort.	9,3	12.9	17.4	22.8	25.5	29.3	29	26.8	22.1	15.6	10.8	9.4	6879	Yıllar Ort. 19.1



## 2. KAYNAK BİLGİSİ

Güneş pilleri üzerine dünya üzerinde yapılmış olan pek çok araştırmanın mevcut olduğu görülmektedir. Ancak maksimum gücün elde edilmesi için güneşin izlenmesi yönteminden ekonomik sebeplerden dolayı hep kaçınılmış ve NASA vb. büyük kuruluşların dışında pek fazla güneşi takip eden sistemler geliştirilmemiştir. Ayrıca güneşi izleyen ve çeşitli ölçümleri yaparak verilerini kablosuz iletişim yöntemiyle merkezi bir bilgisayara aktaran mobil ölçüm istasyonlarına rastlamak oldukça güçtür.

Dünyada bu kadar ilgi gören bu sistemlerin ülkemizdeki durumuna bakıldığında ise yeni yeni gelişme aşamasında olduğu görülmektedir. Haziran 1998’de Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİEİ) ve Ege Üniversitesi’nin ortak projesi çerçevesinde Didim EİEİ Güneş ve Rüzgar Araştırma Merkezi’nde demonstrasyon amaçlı 3,8 kWp gücündeki ve Nisan 2002’de Muğla Üniversitesi’nde kurulan toplam 50 kWp’lik şebekeye bağlı PV sistem mevcuttur. Ayrıca haziran 2005’de S.D.Ü. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Araştırma Ve Uygulama Merkezi tarafından 1,5 kWp gücündeki bir sistem şebekeden bağımsız olarak S.D.Ü. Temiz Enerji Evi alt yapı projesi kapsamında S.D.Ü. Temiz Enerji Evi’nin enerji ihtiyacını karşılamaya başlamıştır. Yine aynı proje kapsamında güneş pilleri ile çevre aydınlatma sistemleri de faaliyete geçirilmiş olup bu sistemlerde kullanılan ekipmanlar sayesinde led lambalı aydınlatma sistemlerine göre daha fazla aydınlık şiddeti elde edilmektedir.

Mevcut literatürlerde güneş izlemeli sistemler ya da mobil ölçüm istasyonları hakkında yapılmış olan bazı çalışmalar aşağıda verilmiştir.

Wu ve arkadaşları çoklu bir güneş dizisi (PV)uygulaması yapmış DC/DC dönüştürücüler ile paralel akımları düzenlemeye çalışmışlardır. Burada iki adet Pv ile maksimum güç noktası izleme (MPPT) ve akım paylaşımı analizini gerçekleştirmişlerdir (Wenkai Wu, 2003).

Bachtı Fas için güneş enerjisi üzerine bir çalışma yapmış olup Pv destekli bir pompalama sisteminin optimum işletme noktasının izlenmesini incelemiştir (Bachtı, 2002).

Fanney ve arkadaşları, Pv'ler ve Pv'lerin testlerini inceleyen bir çalışma yapmışlardır. Burada bir izleme sistemi ele alınmış ve meteorolojik uygulamalarda kullanılabileceğine değinilmiştir (Fanney vd, 2001).

Carlson ve arkadaşları bir güneş pilinde izleme sistemini ele almış ve maksimum güç durumuna göre yük seçimini incelemişlerdir (Carlson vd, 2002 ).

Kutlu tarafından yapılan çalışmada ise ; güneş tarlası modeli göz önünde bulundurularak Isparta'da fotovoltaik enerjiden yararlanma şansı, araştırılmıştır. Bu araştırma esnasında bir güneş pili modülü ile çalışan sistem kurularak değişik koşullarda deneyler yapılmıştır. Deney düzeneği; bir güneş pili, şarj regülatörü devresi, akümülatör, DC-AC çevirici invertör devresi, transformatör, yük ve ölçü aletlerinden oluşmaktadır. Deneyler SDÜ Keçiborlu Meslek Yüksek Okulu'nda yapılmış olup, güneş pili tam güneye ve 37<sup>0</sup> eğime yerleştirilmiştir. Ancak bu çalışmada güneş pillerinin güneşi izlemesi ve mobil bir ölçüm cihazına değinilmeden sistemdeki bileşenlerin (inverter, akü, vb.) verimlilikleri araştırılmıştır (Kutlu, 2002).

Yeşilkaya tarafından yapılan çalışmada ise; güneş pillerinin mikroişlemci ile konum kontrolünün tasarımı ve gerçekleştirilmesi konusu ele alınmıştır. Bu çalışmada, güneş pillerinin güneşi izleyerek gün boyu maksimum güç üretimi amaçlanmış ve buna göre elektronik bir sistem gerçekleştirilmiştir. Güneş pilleri ile mobil ölçüm istasyonu ya da ölçülen verilerin kablosuz veri aktarım yöntemiyle transferi konusuna rastlanılmamıştır (Yeşilkaya, 1998).

Yapılan bu çalışmada ise güneş pilleri ile mobil ölçüm istasyonu ve kablosuz veri aktarımı uygulaması ele alınmıştır. Çok amaçlı mobil ölçüm istasyonlarının enerjilerini maksimum verimle üretim yapan ve bu maksimum verimi sağlamak için güneş izleme sistemi ile donatılmış fotovoltaik pillerle karşılandığı bir sistemin analiz hesapları, tasarımı ve uygulanabilirliği gerçekleştirilmiştir. Ayrıca bu sistemlerin yanısıra ölçüm cihazlarından alınan verilerin kablosuz iletişimle aktarım işlemi de gerçekleştirilmiştir. Mobil ölçüm istasyonunun tasarımı, malzeme seçimi ve imalatı yapılmıştır.

Ölçüm verileri, herhangi bir bağlantıya ve iletişim hattına ihtiyaç duyulmaksızın kablosuz veri aktarım sistemi ile her ortamda merkeze düzenli olarak kesintisiz iletilmiştir. Ancak bütçenin yetersizliğinden dolayı veri aktarım sistemi 100 m olarak gerçekleştirilmiştir. Bütün sistemin enerjisi güneş pilleri ile karşılanacağından şebekeden bağımsız olarak sistem her ortamda çalışabilmektedir. Ayrıca güneş pili sisteminde maksimum elektrik üretimi sağlanabilmesi için gün boyu güneşi izleyen bir sistem kullanılmıştır. Güneşsiz günlerde ve gece periyotlarında da ölçüm alınabilmesi için bir depolama sistemi mevcuttur.

Güneşin gün boyu takip edilerek güneş pilinden maksimum gücün eldesi için geliştirilen model sayesinde tasarlanan sistemin gün boyunca ölçümleri alınmış ve elde edilen veriler yardımıyla ışınım, pil gücü, vb. analizleri ve verimlilikleri ileride verilmiştir. Ayrıca sisteme ilave edilen inverter, şarj kontrol kartı, akü gibi elemanların da verimlilikleri incelenmiştir.

Mobil ölçüm istasyonlarının, son zamanlarda uzay çalışmalarına paralel olarak önemleri artmıştır. Tasarlanan sistemde kablosuz veri aktarım sistemine sadece sıcaklık ölçüm sensörleri ve ölçüm sistemi ilave edilmiştir. Bu ölçüm istasyonları sabit istasyonların yanında paradan ve zamandan büyük bir tasarruf sağladığı gibi üzerlerinde ufak değişiklikler yapılarak her yerde kolaylıkla kullanılabilceği gibi değişik amaçlara hizmet edecek şekilde uygun ölçü cihazları (Işınım, Nem, Rüzgar hızı, vb.) sisteme ilave edilebilir.

Ülkemizdeki özellikle meteorolojik, jeofiziksel (Depremsele Aktiviteler) vb. ölçümlerin, sıklıkla ve değişik yörelerden alınması, eş zamanlı olarak belli merkezlere iletilmesi ve hemen değerlendirilmesi büyük önem arz etmektedir. Bunun yanısıra ölçüm cihazlarının büyük bir kısmı yurt dışı kaynaklı olduğundan bunların temin edilmesi ülkemiz ekonomisine büyük bir külfet getirmektedir.

Tasarlanan sistem daha az sayıda ölçü cihazıyla daha çok noktada ölçüm yapma imkanı vererek ekonomik bir rahatlık getirecektir.

Çeşitli amaçlarla kullanılan ölçüm istasyonlarının mobil hale getirilmesi, ölçü

sistemlerinin enerji gereksinimlerinin karşılanması ve ölçü sistemlerinden elde edilecek verilerin belirli merkezlere aktarılması teknolojik ve ekonomik olarak büyük bir gereksinimdir. Sistem bu gereksinimleri karşılamak amacıyla yapılan bir tasarım ve imalat çalışmalarını içermektedir. Geliştirilen sistemle çeşitli amaçlarla ölçüm alınması, ölçü aletlerinin enerji beslemeleri ve verilerin aktarılması gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle sistem ileride yapılacak tüm yenilenebilir enerji kaynakları projelerine, jeofiziksel çalışmalara, meteorolojik çalışmalara ve her türlü bilimsel, teknolojik, askeri, uzay vb. çalışmalara destek ve temel niteliğindedir.

### 3. MATERYAL VE METOT

#### 3.1. GÜNEŞTEN DÜNYAYA GELEN ENERJİ

##### 3.1.1. Güneşin Yapısı

Güneş,  $1.39 \times 10^9$  m çapında yoğun sıcak gazlar içeren bir küredir ve dünyadan ortalama  $1.5 \times 10^{11}$  m uzaklıktadır. Yüzey sıcaklığı 5777 K'dir. Bu sıcaklık merkeze doğru  $4 \times 10^6$  ile  $8 \times 10^6$  K arasında değişim gösterir. Sudan 100 kez daha yoğundur. Güneşten gelen raydan enerji çeşitli füzyon reaksiyonlara uğramaktadır. Güneşteki yüksek sıcaklıktan dolayı elektronlar atom çekirdeklerine ayrılır. Bu sebeple, güneşte serbest elektron ve atom çekirdekleri bulunur. Dört hidrojen çekirdeği birleşerek bir helyum çekirdeğini oluşturur. Füzyon adı verilen bu reaksiyon çok yüksek sıcaklıkta oluşur. Güneşte oluşan helyum miktarı, harcanan hidrojen miktarından daha azdır. Aradaki fark güneş ışınımı ile oluşan enerjiyi verir. Bu enerji çeşitli dalga boylarında ışınlar halinde dünyaya ulaşır (Kılıç vd,1983).

Güneş enerjisinden yararlanmada verimin artırılabilmesi için, güneşin yer düzlemine göre, bir yıl içindeki hareketinin bilinmesi gereklidir. Güneşten dünya atmosferi dışına gelen enerji, metrekare başına 1300 ile 1400 watt arasındadır. Bu enerjinin en az %3 ü atmosfer tarafından yutulmakta veya saçılmaktadır. Bulutsuz açık bir günde yere dik olarak gelen güneş enerjisi en fazla  $1000 \text{ W/m}^2$  civarında olabilmektedir. Güneş ışınları morötesi, gamma ve x ışınlarını da ihtiva ederek dünyaya ulaşır. Fakat dünya atmosferini geçerken zararlı olan bu ışınların çoğu yutulur. Atmosfer dışına gelen güneş ışınımı atmosferi geçerken atmosferde bulunan parçacıklar tarafından tutularak azalır. Kalan güneş ışınımı (atmosferik ışınım) atmosfer içindeki partikül, toz ve havadaki moleküller vasıtasıyla yansımaya uğrar. Güneş ışınımının bu bölümüne *difüz güneş ışınımı*, doğrudan yeryüzüne ulaşan kısmına da *direkt güneş ışınımı* denir. Çeşitli gök durumları için toplam ışınım miktarı ve yaygın ışınım oranları Tablo 3.1'de verilmiştir (Tırıs vd, 1997).

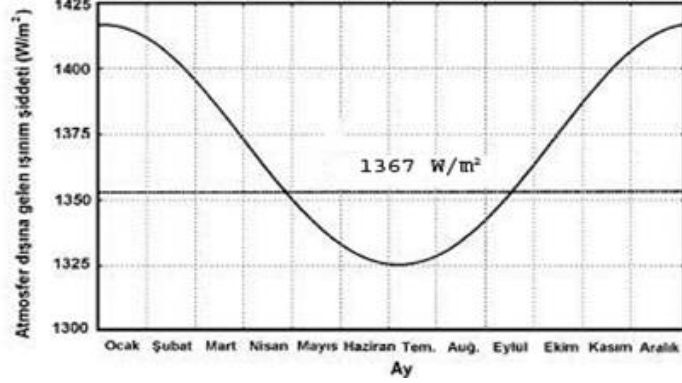
Tablo 3.1. Çeşitli gök durumları için toplam ışınım miktarı ve yaygın ışınım oranları.

	Açık Gök	Puslu Gök	Tam Kapalı Gök
Toplam Işınım	600 – 1000 W/m <sup>2</sup>	200 – 400 W/m <sup>2</sup>	50 – 150 W/m <sup>2</sup>
Yaygın Işınım	%10 - %20	%20 - %80	%80 - %100



### 3.1.2. Güneşten Gelen Enerjinin Değişimi

Güneşten yer yüzüne gelen ışınım şiddeti, gün içinde geliş açısına bağlı olarak değişir. Bu şiddet, öğle vaktinde o gün içindeki en yüksek değerine ulaşır. Bunun sebebi, güneş ışınlarının atmosfer içinde izlediği yolun öğle vaktinde en az olmasıdır.



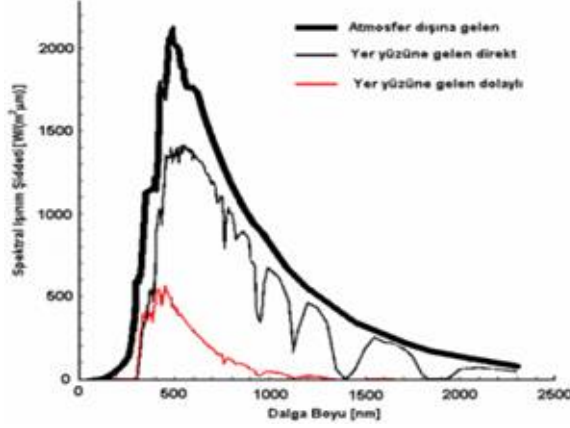
Şekil 3.1. Güneşten gelen enerjinin yıl içindeki değişimi (Batman, 2001)

### 3.1.3. Güneş Işınımının Atmosferde Yutulması

Atmosfer dışında güneş ışınlarına dik birim alana bütün dalga boylarında bir anda gelen güneş ışınımının değeri dünya-güneş mesafesi değiştiğinden sabit değildir. Bunun için ortalama dünya-güneş uzaklığındaki güneş ışınımı değerinin kullanılması hesaplamalarda kolaylık sağlar. Bu değere *güneş sabiti* denir. Bu değer son yıllarda yapılan ölçümler ve hesaplamalar sonucunda %1 hata ile  $1367 \text{ W/m}^2$  olarak kabul edilmiştir.

Atmosferde bulunan su buharı, ozon ve karbondioksit, gelen ışınımın büyük bir kısmını yutar. Oksijen, azot ve metan gibi gazlar da mor ötesi ışınımın bir kısmını yutarlar. Ancak, bu gazlar tarafından yutulan ışınım miktarı, su buharı, ozon ve karbondioksit tarafından yutulan ışınımın yanında ihmal edilebilecek kadar küçüktür. Su buharının yutma spektrumu çok karmaşıktır. Değişik dalga boylarında çok sayıda yutma bandı mevcuttur. Özellikle, görülen ışınım ve kırmızı altı ışınımın büyük kısmı su buharı tarafından yutulur. Her dalga boyundaki yutulma çok farklıdır ve değişim düzgün değildir. Ozonun esas yutma bantları, morötesinde  $0.21\text{-}0.34 \mu\text{m}$ , görülen ışınım bölgesinde  $0.44\text{-}0.74 \mu\text{m}$  dalga boyu aralıklarında bulunmaktadır. Ozonun azaltma katsayısı dalga boyunun  $0.25 \mu\text{m}$  değerinde maksimum olmaktadır. Morötesi bölgede monokromatik güneş ışınımı şiddeti düşüktür. Bu nedenle, ışınımın

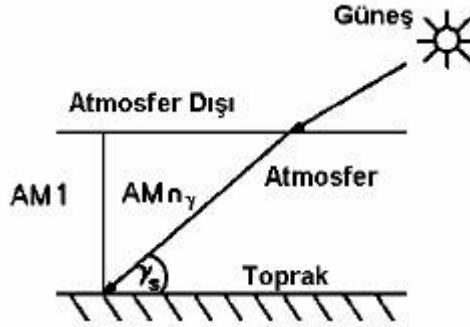
tamamına yakınının ozon tarafından yutulmasına rağmen, yutulan toplam ışınım miktarı güneş sabitinin % 2.5 i mertebesindedir. Yeryüzüne gelen güneş ışınımının spektrumu Şekil 3.2’de görülmektedir (Batman, 2001).



Şekil 3.2. Atmosfer dışına ve yer yüzüne gelen güneş ışınımının spektral dağılımı.

#### 3.1.4. Bağlı Hava Kütlesi

Güneşten gelen enerjinin atmosfer içinde zayıflaması, ışınların atmosfer içinde aldığı yolun uzunluğuna da bağlıdır. Bu yol, güneşin yatayla yaptığı açıya, yani yükseklik açısına bağlı olarak tanımlanır ve bağlı hava kütlesi (Air Mass, AM  $n_\gamma$ ) olarak adlandırılır (Şekil 3.3) (Batman, 2001).



Şekil 3.3. Güneş ışınlarının atmosfer içinde izlediği yol.

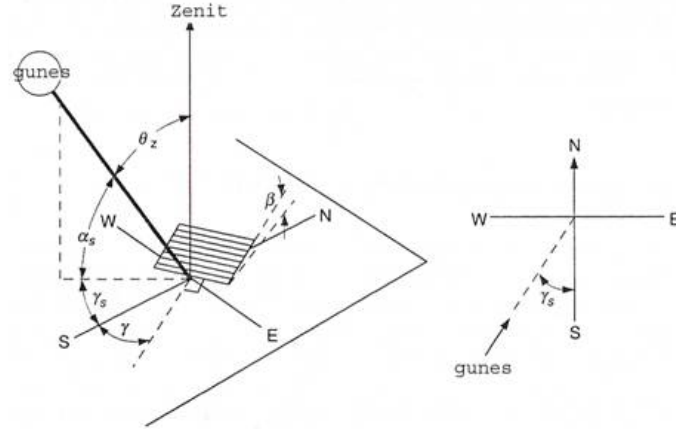
Burada güneşin geliş açısı ( $\theta$ ) ile  $n_\gamma$  arasında,

$$n_\gamma = \frac{1}{\sin \theta} \quad [3.1]$$

şeklinde bir ilişki vardır. AM 1, güneşin zenitte ( başucu noktasında) olması durumuna karşı düşer ( $\theta = 90$  derece).

### 3.1.5. Güneş Açıları

Güneşin konumu Yükseklik Açısı ve Azimut açıları ile belirlenir .



Şekil 3.4. Güneş Açıları

**Yükseklik Açısı ( $\alpha_s$ ):** Güneş ışınımı ile yatay arasındaki açıdır. Tanımlamaya göre  $\alpha_s = 90 - \theta_z$  olur.

**Güneş azimut açısı ( $\gamma_s$ ):** Güneş ışınlarının kuzeye göre, saat dönüş yönünde, sapmasını gösteren açıdır.

**Yüzey azimut açısı ( $\gamma$ ):** Yüzeyin dikeyinin, yerel boylama göre, sapmasını gösteren açıdır. Güneye bakan yüzeyler için  $\gamma=0^\circ$  olur. Doğuya yönelen yüzeyde artı değer alır. Batıya yönelen yüzeyde eksi değer alır.

**Deklınasyon açısı ( $\delta$ ):** Saat 12'de güneş ışını ile ekvator düzlemi arasındaki açıdır.

**Geliş açısı ( $\theta$ ):** Yüzeyin normali ile güneş ışını arasındaki açıdır.

**Zenit açısı ( $\theta_z$ ):** Işın ile yatay yüzeyin dikeyi arasındaki açıdır. Tanımlamaya göre  $\theta_z=90-\alpha$  olur.

**Enlem açısı  $\phi$  :** Kuzey yarım kürede artı değerini alır.

**Saat açısı ( $\omega$ ):** Saat 12'de  $\omega = 0^\circ$  olur. Bir saat  $15^\circ$  boylama eşittir. Öğleden önce açı artı değer alır. Öğleden sonra açı eksi değer alır.

**Eğim Açısı ( $\beta$ ) :** Yüzey ile yatay arasındaki açıdır. Ekvatora yönelen yüzey için artı değer alır (Deriş, 1979).

### 3.2. GÜNEŞ TAKİP SİSTEMLERİNİN GEREKÇESİ

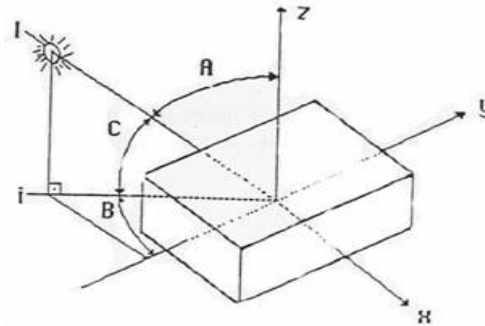
Güneş enerjisinden faydalanmak için geliştirilen sistemler, güneşin radyasyonundan yararlanırlar . Adı bir camdan geçen direk radyasyon yoluyla elde edilecek ısı, onun dünya üzerindeki yerine (enlem itibariyle), hangi yöne dönük olduğuna , günün hangi saatinde ve yılın hangi gününde bulunduğuna bağlıdır .

Güneş açısından yararlanmak için geliştirilen sistemlere direkt radyasyondan faydalanma miktarının max olması için geliş açısının minimum hatta  $0^\circ$  olması gerekir. Panelin bulunduğu yere göre aynı geliş açısını elde etmek için farklı eğim açıları ( $\beta$ ) gerekecektir. Dünyanın  $23,5^\circ$  eğik eksen ve güneş açısının  $0^\circ$  olmasını temin edebilmek için, eğim açısının yer ve mevsimler itibariyle değiştirilmesi gerekir. Bunun için kuzey – güney yönünde yani aşağı yukarı hareket ile tek eksen takip edilmesi gerekir.

Ayrıca güneşin her gün doğudan batıya doğru olan hareketinin geliş açısına olan etkisini ortadan kaldırmak için panel ve bu doğrultudaki açısının da günün saatleri itibariyle değiştirilmesi gerekir. Sabit, yatay bir düzleme gelen enerji sabah ve akşam dolaylarında en az, öğle saatlerinde ise en fazla olmaktadır. Geliş açısının minimum olabilmesi için güneşin doğu – batı istikametindeki hareketinin de takip edilmesi gerekir.

İşte güneş takip sistemleri ( Solar tracking systems) bu açılardan birinin veya her ikisini birden değiştirmek suretiyle, güneş ışınının panel üzerine tam dik olarak gelmesini sağlamak için geliştirilmiştir. Güneşin iki eksende hareket ile izlendiği sistemlerde geliş açısı  $90^\circ$  olmaktadır.

#### 3.2.1. Sistemin Dönüş Eksenleri



Şekil 3.5. Modülün herhangi bir andaki pozisyonu.

C: Güneş altitud (yükseklik) açısı

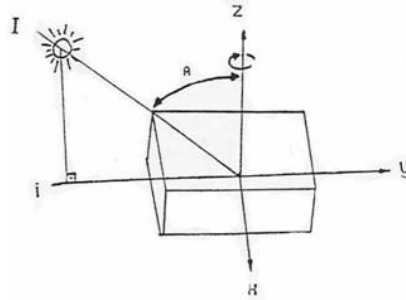
A: Güneş zenit açısı ( $A=90^\circ - C$ )

B: Kollektör azimut açısı

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

### 3.2.1.1 Modülün Z-Eksenini Etrafındaki Dönüşü

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

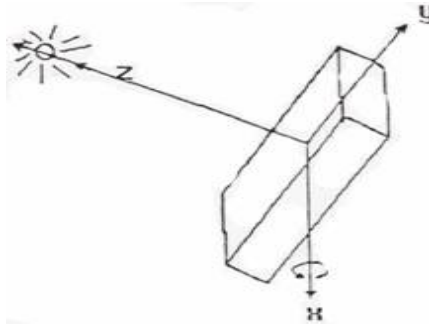


Şekil 3.6. Modülün z-ekseni etrafındaki dönüşü.

Bunun için şekilden de görülebileceği gibi x,y-düzlemi, B açısı sıfır oluncaya kadar z-ekseni etrafında dönmelidir. Yani x,y- düzlemine ait yüzey normali N ile, güneş ışını I'nın, x,y- yatay düzlemindeki izdüşümü i, birbirlerine çakışmalıdır.

### 3.2.1.2. Modülün X- Eksenini Etrafındaki Dönüşü

Modül yüzeyinin herhangi bir anda güneş ışınına dik konumda olabilmesi için B açısından başka A açısını da sıfırlayacak şekilde dönmesi gerekir (Ünsaçar, 1990).



Şekil 3.7. Modülün x-ekseni etrafındaki dönüşü.

Bu dönüş, şekilden de görüleceği gibi x- eksenini etrafında olmalıdır. Bu dönüş,  $\pm 70^\circ$  lik bir açı tarayacaktır.

### 3.2.2. Güneş Enerjisi Genel Bağlıları

Güneşe yönlendirilmiş eğimli bir yüzeyde ve iki eksenli izleme sistemi yüzeyinde güneş ışınımı mevcut literatür yardımıyla aşağıdaki gibi hesaplanabilir :

Güneş sabitinin günlere göre düzeltme faktörü (f), n yıl içindeki gün sayısı (1-365) olmak üzere;

$$f = 1 + 0.033 \cos\left(360 \frac{n}{365}\right) \quad [3.2]$$

şeklinde tanımlanır (Kılıç vd., 1983). Deklinasyon açısı  $\delta$  ise ;

$$\delta = 23.45 * \sin\left(360 \frac{n + 284}{365}\right) \quad [3.3]$$

şeklinde hesaplanabilir (Deriş, 1979).

Saat açısı  $\omega$  ;

$$\omega = \frac{\text{öğleden.önce.dakika.sayı}}{4} \quad [3.4]$$

ile hesaplanabilir. Güneş yükseklik açısı ise  $\alpha_s$  ;

$$\alpha_s = \sin^{-1}\left([\cos(\phi)\cos(\delta)\cos(\omega)] + [\sin(\phi)\sin(\delta)]\right) \quad [3.5]$$

ifadesi yarımıyla hesaplanabilir. Burada  $\phi$  bölgenin enlem derecesidir.

Güneş azimut açısı  $\gamma_s$  ;

$$\gamma_s = \cos^{-1}\left(\frac{[\sin(\alpha_s)\sin(\phi)] - \sin(\delta)}{\cos(\alpha_s)\cos(\phi)}\right) \quad [3.6]$$

şeklinde hesaplanır.

Zenit açısı ise  $\theta_z$  ;

$$\theta_z = 90 - \alpha_s \quad [3.7]$$

olarak elde edilebilir.

Yüzey azimut açısı  $\gamma$  ise ;

Güneye yönlendirilmiş yüzeyler için ;  $\gamma = 0$

iki eksen izlemeli sistemlerin yüzeyi için ;  $\gamma = 180 - \gamma_s$  şeklinde alınabilir.

Güneş geliş açısı  $\theta$  ;

$$\theta = \cos^{-1}([\sin(\delta)\sin(\phi)\cos(\beta)] - [\sin(\delta)\cos(\phi)\sin(\beta)\cos(\gamma)] + [\cos(\delta)\cos(\phi)\cos(\beta)\cos(\omega)] + [\cos(\delta)\sin(\phi)\sin(\beta)\cos(\gamma)\cos(\omega)] + [\cos(\delta)\sin(\beta)\sin(\gamma)\sin(\omega)]) \quad [3.8]$$

formülü yardımıyla hesaplanabilir.

Güneye yönlendirilmiş bir yüzey için  $\gamma = 0$  alınır. İki eksenli izleme durumunda ise  $\theta = 0$  olur. İki eksenli izleme yapan sistemin eğim açısı ise  $\beta$  ;

$$\beta = 90 - \alpha_s = \theta_z \quad [3.9]$$

ifadesi ile belirlenir.

Yatay bir yüzeye gelen direkt ışın radyasyon yoğunluğu (H) ile maksimum direkt güneş ışıını (H<sub>n</sub>) arasında ;

$$H_n = \frac{H}{\cos(\theta_z)} \quad [3.10]$$

şeklinde bir ilişki vardır.

Eğik yüzeye dik direkt güneş ışıını miktarı H<sub>b</sub> ;

$$H_b = H_n \cos(\theta) \quad [3.11]$$

ile hesaplanabilir (Kacira, 2004).

R<sub>b</sub>, Pv panel üzerine gelen ışıının yatay düzleme gelen ışıına oranıdır ve ;

$$R_b = \frac{H_b}{H} = \frac{\cos(\theta)}{\cos(\theta_z)} \quad [3.12]$$

şeklinde hesaplanabilir.

Böylece eğik yüzeye dik direkt güneş ışıını miktarı H<sub>b</sub> ;

$$H_b = H.R_b \quad [3.13]$$

şeklinde de yazılabilir.

Eğimli bir yüzeyde difüz ışıını miktarı ise H<sub>d,p</sub> ;

$$H_{d,p} = H_d \frac{(1 + \cos(\beta))}{2} \quad [3.14]$$

şeklinde tanımlanabilir.

$H_d$  yatay bir yüzeydeki difüz ışınım miktarıdır ve ;

$$H_d = k_y H \quad [3.15]$$

şeklinde hesaplanabilir. Burada  $k_y$  yayılı ışınım oranıdır ve

$$K_y = 1.390 - 4.027K_T + 5.31K_T^2 - 3.108K_T^3 \quad [3.16]$$

denkliği ile hesaplanabilir. Burada  $K_T$  bulutluluk faktörü olup ;

$$K_T = \frac{H}{H_n} \quad [3.17]$$

şeklinde verilmiştir (Tırıs vd., 1997).

Eğimli bir yüzeyde yansiyarak gelen ışınım miktarı  $H_{gr}$  ise ;

$$H_{gr} = (H + H_d) \left( \frac{1 - \cos(\beta)}{2} \right) \rho_g \quad [3.18]$$

şeklinde verilir. Burada  $\rho_g$  yüzey yansıtıcılığıdır. Tablo 3.2'de farklı yüzeyler için yansıtma katsayıları görülmektedir (Kılıç vd., 1983).

Tablo 3.2. Farklı yüzeyler için yansıtma katsayıları.

Yüzey	Ortalama yansıtma katsayısı
Kar (yeni yağmış veya buz kaplı)	0.75
Su yüzeyi	0.07
Yeşil çim	0.26
Beton kaplı alan	0.22
Topraklar (kil, balçık, vb)	0.14
Çam ormanları (kış mevsimi)	0.07
Sonbahardaki ormanlar	0.26

Eğimli bir PV panel yüzeyine gelen toplam ışınım miktarı ise ; direkt ışınım, difüz ve eğimli bir yüzeyde yansıyan ışınımın toplanmasıyla ;

$$H_T = H_b + H_{d,p} + H_{gr} \quad [3.19]$$

elde edilebilir (Kacira, 2004).



### 3.2.3 Optimum Eğim Açısı Araştırmaları

Optimum eğim açısı için önerilen basit kural şöyledir ;

- Bütün yıl için yaklaşık olarak : eğim = enlem
- Yaz için : eğim = enlem – 10°
- Kış için : eğim = enlem + 10°

Benzer sonuçlara vararak yıllık optimum verim için (eğim = 0.9 x enlem) kuralını önerenler de mevcuttur. Konuyu ekonomik yönden inceleyenler ise kış için (eğim = enlem + 15°) kuralını geliştirmişlerdir.

Deriş'e göre optimum açı için aşağıdaki kurallar saptanmıştır;

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

Bu kuralların uygulanmasında katı davranılmamalı ve durumun özellikleri göz önünde tutulmalıdır. İklim şartları önemli bir faktördür. Örneğin bir yörede Aralık ve Ocak ayları %80 kapalı geçiyorsa, modül bu aylara göre yönlendirilmelidir. İkinci önemli faktör sistemin kullanım amacıdır. İlk veya sonbahar mevsimlerinde azami verimle çalışması gereken mevsimlik bir iş için sistem kurulacaksa eğim açısı buna göre hesaplanmalıdır. Bu kısımda verilen bilgi ile her türlü esnek uygulama olanakları sağlanabilir.

İdeal konumdan  $\pm 15^\circ$  sapma halinde kayıp oranı %6 mertebesinde olacaktır. Bu nedenle mimari ve diğer etkenler sebebi ile ideal açı uygulanamazsa kayıplar çok büyük olmayacaktır (Deriş, 1979).

### 3.3. GÜNEŞ PİLLERİ

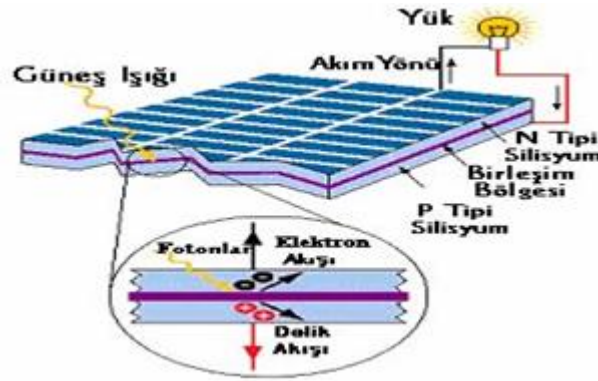
Güneş enerjisinden elektrik üretiminde karşımıza çıkan fotovoltaik (photovoltaic) terimi, ışıktan gerilim üretilmesi anlamına gelir ve genellikle "PV" ile gösterilir. Güneş pilleri, enerjinin korunumu yasasına uygun olarak, ışık enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren cihazlar olup enerjiyi depolayamazlar. Işık kaynağı ortadan

kalktığında, pilin ürettiği elektrik de kesilecektir. Eğer gece boyunca da elektrik kullanılacaksa, sisteme bir elektrik depolayıcı eklenmesi gerekir.

Güneş pilleri doğru akım ürettikleri için, doğru akımla çalışmayan alet ve cihazlar için doğru akımı alternatif akıma dönüştürmek, güneş olmadığı zamanki elektrik ihtiyacını karşılamak ve güneş olduğunda ihtiyaç fazlası elektrik enerjisini karşılamak gibi her uygulamada ayrı olarak yük eğrisi ve güneş enerjisi şiddeti eğrisi arasındaki uzlaşmayı sağlayacak mühendislik problemleri ve bunların çözümü, güneş pilleri ile elektrik üretiminin en ilginç yanlarından biridir (Atagündüz, 1989).

### 3.3.1. Güneş Pili Çalışma Prensibi

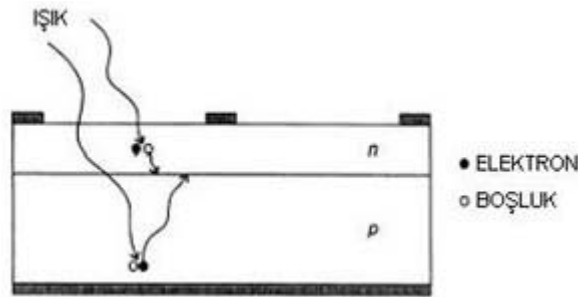
Enerji dönüşümü için, yarı iletken bir diyot olan PV eleman, güneş ışığının taşıdığı enerjiyi iç fotoelektrik olaydan faydalanarak doğrudan elektrik enerjisine dönüştürür (Özel, 2003). Bu etki şekil 3.8’de gösterilmektedir.



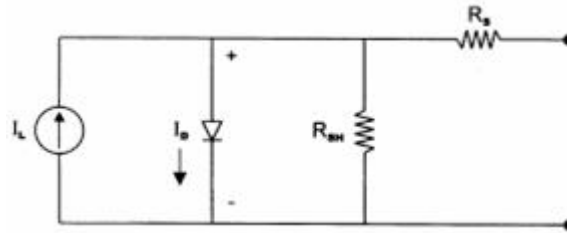
Şekil 3.8. Bir güneş pilinde fotovoltajik etki (Anonim 2).

Yarı iletkenler, bir yasak enerji aralığı tarafından ayrılan iki enerji bantından oluşur. Bu bantlar “valans bantı” ve “iletkenlik bantı” adını alırlar. Bu yasak enerji aralığına eşit veya daha büyük enerjili bir foton, yarı iletken tarafından soğurulduğu zaman, enerjisini valans bantındaki bir elektrona vererek elektronun iletkenlik bantına çıkmasını sağlar. Böylece elektron-boşluk çifti oluşmuş olur. Bu olay, PN eklem güneş pilinin ara yüzeyinde meydana gelmiş ise, elektron-boşluk çiftleri buradaki elektrik alanı tarafından birbirlerinden ayrılır. Bu şekilde güneş pili, elektronları N bölgesine, boşlukları da P bölgesine iten bir pompa gibi çalışır. Birbirlerinden ayrılan elektron-boşluk çiftleri, güneş pilinin uçlarında yararlı bir güç çıkışı oluştururlar. Bu süreç yeniden bir fotonun pil yüzeyine çarpması ile aynı şekilde devam eder. Yarı iletkenin iç kısımlarında da gelen fotonlar tarafından elektron-boşluk çiftleri

oluşturulmaktadır. Fakat gerekli elektrik alanı olmadığı için tekrar birleşerek kaybolmaktadırlar (Kutlu, 2002). Üretim sırasında, pilin ön yüzeyine yakın yerde bir iç elektro-statik bölge oluşturularak, bu elektronun serbest duruma geçmesi sağlanır. Silisyum kristali içine diğer elementler yerleştirilmiştir. Bu elementlerin kristal içinde bulunması, kristalin elektriksel olarak dengede olmasını önler. Işıkla karşılaşan malzemede, bu atomlar dengeyi bozar ve serbest elektronları diğer pile veya yüke gitmeleri için pilin yüzeyine doğru süpürürler. Milyonlarca foton pilin içine akarken, enerji kazanıp bir üst seviyeye çıkan elektronlar da, pil içindeki elektro-statik bölgeye ve oradan da pil dışına akarlar.



Şekil 3.9. Güneş pilinin çalışması (Ramakumar vd.2000).



Şekil 3.10. Güneş pilinin eşdeğer devresi (Ramakumar vd.2000).

Tipik bir silisyum güneş pili hücresi, 0,5 volt kadar elektrik üretebilir. Pilleri birbirine seri bağlayarak üretilen gerilim değerini arttırmak olasıdır. Genellikle, 30-36 adet grünes pili, 15-17 voltluk bir çıkış gücü vermek için birlikte bağlanabilir; ki bu voltaj değeri de, 12 voltluk bir aküyü şarj etmek için yeterlidir. Farklı çıkış güçleri verecek şekilde imal edilmiş, farklı büyüklüklerde güneş pilleri bulmak olasıdır. Silisyum pillerinin seri bağlanması ile modüller, modüllerin birbirine bağlanması ile diziler oluşur. Bir modül, tipine göre dairesel veya kare alanlı PV hücrelerden 30..36 adedinin seri bağlanıp dış ortamdan etkilenmemeleri için hermetik bir kılıf içine yerleştirilmesiyle elde edilir. Güneş pili yapımında kullanılan malzemenin rezerv durumları da oldukça önemli değişkenler olarak karşımıza çıkmaktadır. Silisyum, doğada en çok bulunan element olması nedeni ile rezerv konusunda geleceğe yönelik

bir sorun yoktur. Malzemeleri oluşturan elementlerin rezerv durumları dünyadaki yıllık üretim ve 500MW güç üretimi için gerekli miktar tablo 3.3'de özetlenmiştir.

Tablo 3.3. Malzemeleri oluşturan elementlerin rezerv durumları dünyadaki yıllık üretim ve 500MW güç üretimi için gerekli miktar.

Element	Dünya Rezervleri	Dünya Yıllık Üretimi	500MW güç için gereken Miktar Ton
CD	970 000	20 000	25
Te	39 000	404	28
In	5 700	180	25
Se	130 000	2000	60
Ga	1 000 000	35	5

Ayrıca dünya üzerindeki PV'lerin mevcut durumlarını özetleyen tablolar ekler kısmında verilmiştir.

### 3.3.2. Yarı İletkenler

Elektrik akımının bir değere kadar akmasına izin vermeyen ve bu değerden sonra sonsuz küçük direnç gösteren maddelerdir. Yarı iletkenler periyodik cetvelde 3. ve 5. gruba girerler. Bu demektir ki son yörüngelerinde elektron alıcılığı veya vericiliği iletkenlerden fazla, yalıtkinden daha azdır.

İletkenler: Pt, Ni, Au, Cu, Al, Fe.....

Yalıtkan: Ebonit, Cam, Tahta, Su.....

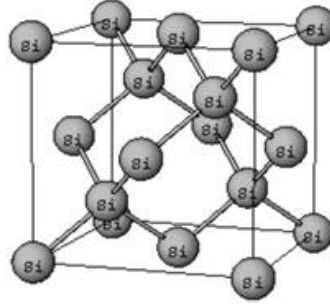
Yarı iletkenler: S, Ge, Br, Al, In(indiyum).....

#### *Yarı İletkenlerin Katkılanması*

Yarı-iletken malzemenin içerisine, çok az miktarda uygun seçilmiş yabancı atom katkılanması ile yarı-iletkenin elektriksel özellikleri önemli ölçüde değiştirilebilir. Saf yarı-iletkenin yapısal özelliklerini bozmayacak miktarda ve denetimli bir biçimde yarı-iletken kristale yerleştirilen yabancı atomlara “safsızlık-atomları” ve bu işlemede “katkılama” adı verilir.

Katkılamayı daha iyi açıklamak için çoğunlukla kullanılan örnek silisyum kristalidir. Saf silisyum kristalinde her atom 14 elektrona sahip olmakla birlikte, en dış yörüngedeki dört elektron, komşu atomlarla olan ilişkileri belirler. Değerlik elektronları adını verdiğimiz bu dört elektronun her biri, en yakınındaki dört silisyum atomu ile bağ yaparak silisyum kristalindeki ana yapı taşı oluşturur. Ana yapı taşı,

küpün merkezindeki bir silisyum atomu ve küpün birbirine komşu olmayan köşelerinde birer silisyum atomu yerleşmesi ile kurulur. Silisyum kristali bu yapı taşlarının yinelenerek uzayı doldurması ile oluşur. Şekil 3.11’de silisyum kristalinin kafes yapısı görülmektedir (Anonim 4).



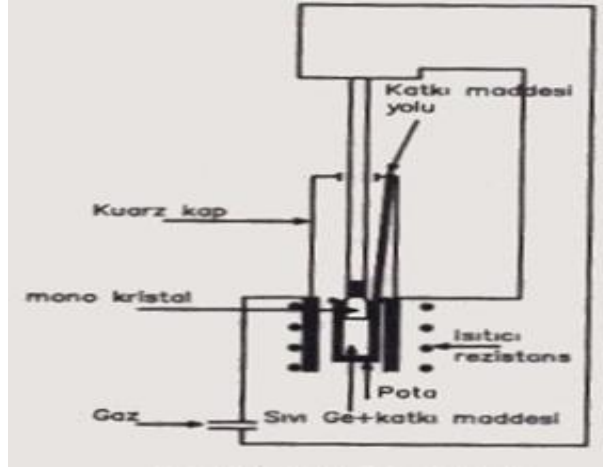
Şekil 3.11.Silisyum monokristal atomunun kübik kafes sistemindeki genel görüntüsü.

*Saf Olmayan (Katkı Maddeli) Germanyum ve Silisyum Kristal Yapısı :*

Diyotlar, transistörler, entegre devreler vb. gibi aktif devre elemanlarının yapımında kullanılan germanyum ve silisyum yarı iletken kristallerinin önce *N* ve *P* tipi kristaller haline dönüştürülmeleri gerekmektedir. *N veya P tipi kristal yapısını* elde edebilmek için şekil 3.12’de görüldüğü gibi bir pota içerisine konulan germanyum veya silisyum monokristali eritilir, belirli oranlarda *katkı maddesi* karıştırılır. Sonrada özel olarak hazırlanmış monokristal çekirdek, eriyiğe daldırılıp döndürülerek çekilir. Konulan katkı maddesinin cinsine göre çekilen kristal *N* veya *P* tipi olur (Anonim 4).

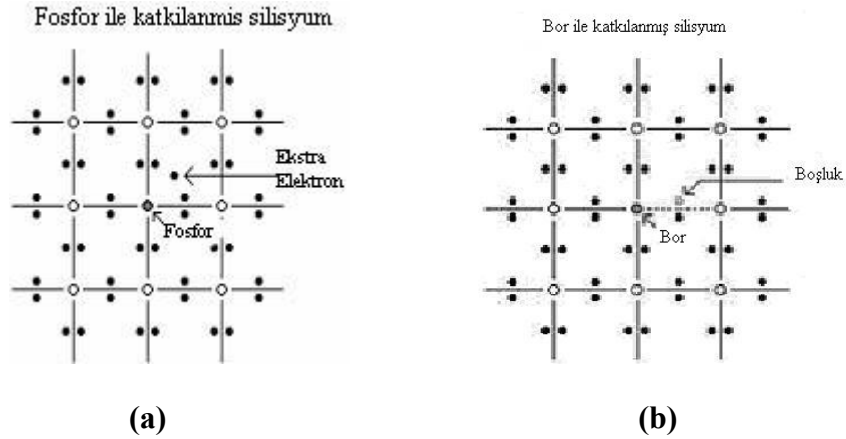
Saf silisyum kristali içerisinde değerlik elektron sayısı beş olan fosfor atomu katkılanırsa, fosfor atomu, silisyum atomunun yerine oturup dört değerlik elektronu ile silisyum daha önce kristal içerisinde yaptığı bağları sağlarken, fosforun beşinci değerlik elektronu açıkta kalacaktır.

Fosfor atomuna çok zayıf olarak bağlı olan bu elektron çok küçük bir enerji ile atomundan ayrılarak silisyum kristalini iletkenlik bandına çıkacaktır. Fosfor atomunda olduğu gibi, katıldığı kristal yapıya elektron veren safsızlık atomlarına verici denir. Bu şekilde katkılanmış yarı-iletkenlerde elektriksel yük, elektronlar ile iletkenlik bandında taşınır ve bu nedenle bu yarı-iletkenler *n*-tipi olarak sınıflandırılır (Şekil 3.13.a).



Şekil 3.12. N ve P tipi kristalin elde edişi.

Saf silisyum kristali içerisinde değerlik elektron sayısı üç olan bor atomu katkıladığımızı düşünelim (Şekil 3.13.b). Silisyum atomunun yerini alan bor atomu, silisyum kristalindeki üç atomla bağ yaparken dördüncü atomla paylaşacağı elektronu olmadığı için bir eksik bağ ortaya çıkacaktır.



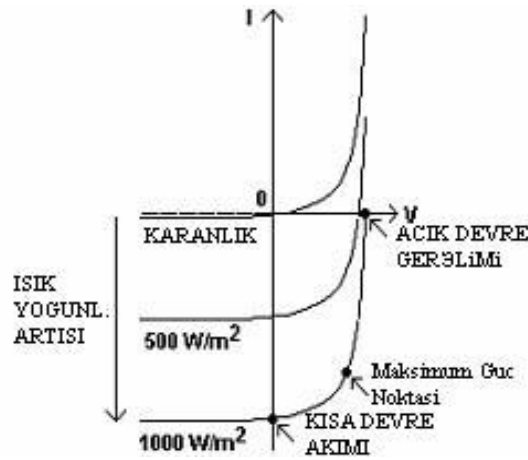
Şekil 3.13. (a) Fosfor atomunun silisyum atomu ile değiştirilmesi sonucu elde edilen n-tipi silisyum (b) Bor atomunun silisyum atomu ile değiştirilmesi sonucu elde edilen p-tipi silisyum (Anonim 5).

Değerlik bandının kıyı enerjisine yakın bulunan bu enerji düzeylerine çok küçük enerjilerle bile değerlik bandından elektrona doldurularak değerlik bandında boşluklar oluşacaktır. Bu şekilde katkılanmış yarı-iletkenlerde değerlik bandındaki boşlukların sayısı iletkenlik bandındaki serbest elektron sayısından daha çok olduğundan, çoğunluk taşıyıcıları artı yükleri gibi düşünülen boşluklardır.

Boşlukların çoğunluk taşıyıcısı olduğu bu tür malzemelere p-tipi yarı-iletken adı verilir. Yarı iletken ister n-tipi isterse p-tipi olsun kendi içlerinden nötrdür. Yani dışarıya karşı herhangi net bir elektrik yükü göstermezler; ancak, dışarıdan bir elektrik alan uygulandığında elektrik alana tepki veren çoğunluk taşıyıcılardır. n-tipi yarı-iletkendeki çoğunluk taşıyıcıları elektronlar ve azınlık taşıyıcıları boşluklar, p-tipi yarı iletkende rol değiştirirler. Elektronlar elektrik alan ile ters yönde hareket ederken, boşluklar elektrik alan doğrultusunda hareket ederler.

### 3.3.3. Güneş Işınımı Altında P-N Eklem Diyot

P-n eklem diyodun eklem bölgesindeki elektrik alan nedeniyle, p-tipi yarı-iletkende üzerine ışık düşmesi sonucu iletkenlik bandına çıkarılmış ve boşaltılmış bölge sınırına ulaşmış azınlık taşıyıcıları elektronlar, hızla n-tipi bölgeye çekilirler. Aynı yaklaşımla, n-tipi bölgede elektronların iletkenlik bandına geçmesi ile değerlik bandında kalan azınlık taşıyıcıları boşluklar, boşaltılmış bölgenin kıyısına ulaştıklarında p-tipi bölgeye geçerler. Özet olarak, boşaltılmış bölge kıyısına ulaşmış azınlık taşıyıcıları, çoğunluk taşıyıcısı olarak tanımlandıkları bölgeye geçerler (Anonim 3). Bunun sonucu olarak, fotonların diyod üzerine düşmesi sonucu yaratılmış elektronlar, diyodun bir tarafına; boşluklarda diğer tarafa itilirler. Bu biçimde birbirlerinden ayrılmış elektronlar ve boşluklar, bir dış devre üzerinden birleştirildiğinde, dış devre elemanlarından akan elektriksel yükler, doğrudan güneş enerjisinden elde edilen elektrik enerjisinin kaynağıdır.



Şekil 3.14. Karanlıkta ve ışınım altında p-n eklem diyodun akım-gerilim (voltaj) eğrileri (Anonim 5).

Bu eğrileri kullanarak fotovoltaik diyottan alınabilecek gücü hesaplamak olanaklıdır. Güneş ışınımı altında fotovoltaik diyodun güç çıkışı şekil 3.14'de gösterilen aşağıdaki değişkenlerle belirlenir :

*Açık-devre gerilimi (open-circuit voltage, Voc):* Diyodun uçları (terminalleri) arasındaki direnç sonsuz iken (açık devre) ölçülen gerilim.

*Kısa devre akımı (short-circuit current, Isc):* Diyodun iki ucu arasındaki direnç sıfır iken (kısa devre) ölçülen akımdır. İdeal koşullarda bu değer, ışınım ile yaratılan akım değerine eşittir.

Dolum çarpanı (fill factor, FF): Işınım altındaki akım-gerilim eğrisinde, akımların eksi, gerilimlerin pozitif olduğu bölgede hesaplanan en büyük  $V_{mp} \times I_{mp}$  değerinin  $V_{oc} \times I_{sc}$  değerine oranı olarak tanımlanır :

$$FF = V_{mp} \times I_{mp} / V_{oc} \times I_{sc} \quad [3.20]$$

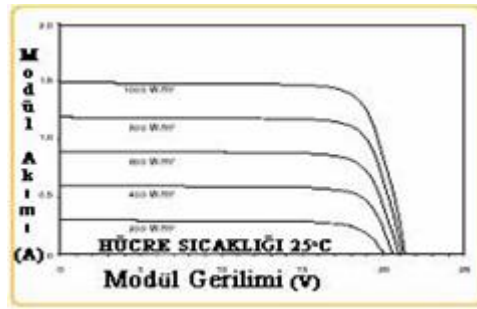
Güneş pilinin çıkış gücü (P) ise bu değişkenler cinsinden :

$$P = V_{mp} \times I_{mp} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF \quad [3.21]$$

şeklinde verilebilir.

Bir güneş pilinin verimliliği,  $\eta$ , fotovoltaik diyodun üzerine düşen güneş ışınım gücünün, diyoddan alınabilecek güce oranı olarak tanımlanır (Anonim 3).

$$\eta_e = P \times I_{pm} / V_{giriş} \times I_{sc} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF \quad [3.22]$$

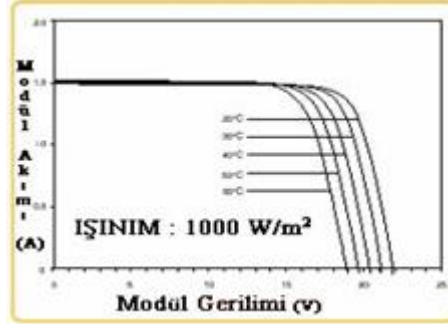


Şekil 3.15. Farklı ışınım değerlerinde modülün akım-gerilim karakteristiği (Shell S25 ürün kataloğu).

Güneş pillerinin verebileceği maksimum güç ( $1000 \text{ W/m}^2$  ışınım şiddeti,  $25^\circ\text{C}$  pil sıcaklığında) pilin üretici firma kataloğunda verilmektedir. PV elektrik karakteristiklerinin ölçümü genellikle referans değerleri olarak  $1000 \text{ W/m}^2$  ışınım



şiddetinde ve 25°C pil sıcaklığında yapılmaktadır (Duffie vd., 1991). Bunun yanında farklı ışınım şiddetlerinde modülün akım-gerilim eğrileri şekil 3.15’de, farklı sıcaklık değerlerine bağlı olarak değişen akım-gerilim eğrileri ise şekil 3.16’da verilmiştir.



Şekil 3.16. Farklı sıcaklık değerlerinde modülün akım-gerilim karakteristiği (Shell S25 ürün kataloğu).

### 3.3.4. Fotovoltaik Diyotların Üretiminde Temel Ölçütler

Güneş pili üretiminde diyodun yapılacağı malzemenin seçimi büyük önem taşımaktadır. Fotovoltaik diyotta soğurucu tabaka olarak kullanılan yarı-iletken, güneş spektrumunun önemli bir bölümünü mikron basamağındaki kalınlıkta soğurulmalıdır. Güneş spektrumunda kırmızı ışığın enerjisi 1,7eV dolayında iken, mavi ışığın enerjisi 2.7eV dolayındadır. Ancak bu değerlerin altında 0,5eV üstünde 3,3eV değerine kadar spektrumda önemli derecede enerji vardır. Yasak enerji aralığı 0.5 -3,3 eV arasında olan malzeme, güneş pili yapımında kullanılabilir. Elementler kristaller arasında yalnızca silisyum (1.1 eV) ve germanyum (0,6 eV) elementlerin kristalleri bu koşulları sağlar.

Bu aralıkta kullanılacak diğer yarı-iletken malzemeler, birleşik yarı-iletken malzemelerdir. Örneğin, galyum ve arsenik elementlerinden oluşan GaAs kristalinin yasak enerji aralığı 1.43eV değerinde olup (Messenger vd.,2000), bu enerjiye eşit ya da büyük enerjiye sahip fotonları soğurarak elektron-boşluk çifti yaratırlar. GaAs kristalinin diğer elektronik özellikleri, silisyumdan daha uygundur. Bu açıklamalardan, hemen güneş spektrumundaki en düşük enerjiyi soğuracak bir yarı-iletkeni kullanarak tüm spektrumun değerlendirilmesi önerilebilir. Ancak, band aralığı küçüldükçe sistemden elde edilebilecek açık devre geriliminin değeri de düşecektir. Güneş pilinden yüksek gerilim elde etmenin yolu, band aralığını

genişletmektedir. Ancak bu da akımın dūřmesine sebep olur. En iyi band genişliği 1,5eV dolayındadır. Ancak, band aralığı 1eV-1.8eV arasında olan malzemeler fotovoltaiik diyod yapımında etkin olarak kullanılmaktadır.

Fotovoltaiik malzemenin seşiminde diğer olçūt, yarı-iletken maddenin mikro yapısıdır. Yarı-iletken malzemedeki kusurlar, taşıyıcıların iletilmesini önemli ölçüde etkileyecektir. Tek kristalli malzemelerde yapısal özellikler tüm maddede aynıdır oysa çok kristalli malzemedede yapısal özellikleri birbirlerinden farklı olan ve damar adı verilen bölgeler vardır. Bir damardan diğerine geçerken karşılaşılan süreksizlik ve buna bağlı olarak mikro-yapıda oluşan kusurlar, elektriksel iletkenliği olumsuz yönde etkiler. Sonuçta, tek kristalli malzemededen çok kristalli malzemeye geçildiğinde elde edilebilecek güneş-elektrik dönüşüm verimi düşerken, çok kristalli malzemedede damar büyüklükleri verimle doğru orantılıdır.

Aynı yarı-iletkeni, p ve n-tipi katkılamakla elde edilen p-n eklem diyotların (homo-eklem diyot) yanında birbirinden farklı yarı-iletken kullanmakla elde edilen hetero-eklem diyotlarda fotovoltaiik teknolojisinde başarı ile uygulanmaktadır. Bu uygulama da güneş ışınları, eklem bir tarafında yasak band aralığı uygun seçilen yarı iletkenle çoğunlukla soğurulmakta ve ikinci ve daha yüksek band aralığından yarı iletken diyottan yüksek gerilim elde edilecek şekilde seşilmektedir. Bu şekilde fabrika edilmiş yapılarda eklem ara yüzeyleri de taşıyıcıların yeniden birleşmesine neden olan kusurlarda aşılması gereken yeni sorunlar olarak gündeme gelmektedir. Yukarıdaki ölçütlerin yanında, seçilen malzemenin maliyeti, dünya üzerinde hangi bollukta bulunduğu ve çevre-dostu olması büyük önem taşımaktadır.

Özet olarak ; yüksek verimlikte fotovoltaiik çevrim için, yasak enerji aralığının iyileştirilmesi, malzemenin yapısal ve elektriksel özelliklerinin geliştirilmesi ve hetero-eklem seşiminde en uygun kombinasyonun kullanılması gerekmektedir. Bunun yanısıra, seçilen malzemenin büyük ölçeklerde ekonomik olarak üretilebilmesi de koşullardan birisi olarak karşımıza çıkarken, bu malzemenin kullanımında çevreye karşı olan duyarlılığın da gereken ağırlıkta olması arzulanmaktadır (Anonim 3).

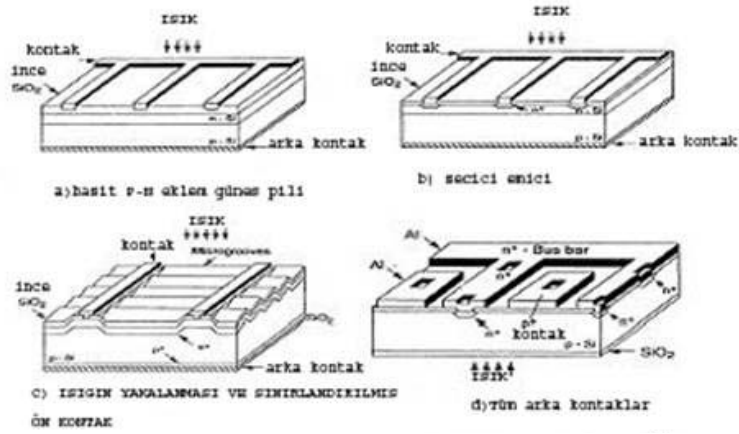
### 3.3.5. Fotovoltaik Güneş Pilleri İçin Kullanılan Malzemeler

#### 3.3.5.1. Tek Kristalli Silisyum Güneş Pilleri

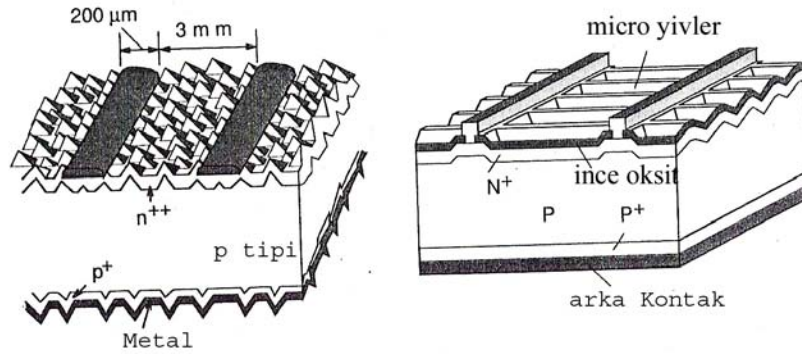
Tek-kristal silisyum malzeme, güneş pili üretiminde yüksek verim için kullanılan malzemelerden biri olmakla birlikte, üretim maliyetinin yüksek olması bu alanda farklı seçenek olarak çok kristalli malzemenin geniş ölçekte kullanılmasına neden olmuştur. Silisyum elektriksel, optiksel ve yapısal özelliklerinin uzun süre değişmemesi ve silisyum üretim teknolojisinde elde edilen büyük başarılar, bu malzemenin en popüler malzeme olarak öne çıkmasını sağlamıştır. Saf tek kristal üretimi oldukça zor ve pahalı bir teknolojiyi gerektirmektedir. Oksijenden sonra yer yüzündeki en çok bulunan element olan silisyum, en çok bulunan biçimi kum ve kuartzdır. Kumun saflık derecesi çok düşük olduğundan, kullanılmaya uygun değildir. Ancak, kuartzın %90'ı silisyumdur. Kuartz işlenerek %99 silika elde edilir. Ardından, silikadan metalürji kalitesinde silisyum elde edilir. Bunu izleyen aşamada ise silisyum saflaştırılarak yarı-iletken niteliğinde çok kristalli silisyum elde edilir. Yarı-iletken kalite saf poly-silisyum elde etmek için poly silisyum yeniden eritilir ve uygun yöntem ile büyütülür. Yarıçapı yaklaşık 10cm olarak büyütülmüş ingot (kütük) daha sonra elmaştestere ile 0.5 mm kalınlığında dilimlere ayrılır (Athienitis vd.,2002). Bu kesme işlemi sırasında oldukça pahalı tek-kristal silisyum malzemenin yaklaşık %20'si kadarı boşa gitmektedir. Dilimlenmiş tek kristal silisyumun bir kilogramının yaklaşık değeri 900 ABD dolarıdır. Dilimleme işlemini devreden çıkaracak yeni teknoloji arayışları “şekillendirilmiş şerit” yönteminin geliştirilmesi ile sonuçlanmıştır. Dendritik ağ yöntemi olarak da anılan bu yöntemde dendritik çekirdekler çok düşük hızla ergimiş silisyum banyosundan çekilerek, ince tek-kristalli tabakaların büyümesi sağlanır. Bu şekilde, dilimleme işlemi gerekmemektedir (Anonim 3).

Üretici firma tasarımına göre büyüme sırasında silisyum n- ya da p-tipi olarak katkılanır. Yaklaşık 0.5mm kalınlığında olan silisyum tabakaları elde edildikten sonra, örneğin, p-tipi katkılanmış ise üzerine 1nm n-tipi yüzey tabakası oluşturularak eklem diyod oluşturulur. Fotovoltaik diyodun tamamlanması, arka yüzeye metal kontak, ön yüzeye uygun metal ağ kontak konulduktan sonra, ön yüzeye bir anti yansıtıcı kaplanması ile gerçekleşir. Güneş pillerinin ön yüzeylerinde oluşturulan

grid-kontak tasarımında, gölgelemeli %5 değerinin altında tutarak, kontak dirence optimize edilmektedir.



Şekil 3.17. Silisyum güneş pillerinin dizaynı (Ramakumar vd., 2000).



Şekil 3.18. Silisyum güneş pillerinin yapısı (Partain, 1995).

### 3.3.5.2. Çok Kristalli Silisyum Güneş Pilleri

Çok kristalli malzeme damarların kristal yapılarının birbirilerine göre yönelmeleri dışında elektriksel, optiksel ve yapısal özellikleri özdeştir. Damarların büyüklükleri kristalin kalitesi ile doğru orantılıdır. Damarlar arasındaki süreksizlik, özellikle elektriksel yük taşıyıcılarının aktarılmasında önemli ölçüde engelleyici rol oynar. Çok kristalli malzemenin elektriksel özelliklerinin küçülen damar büyüklüğü ile orantılı olarak bozulması, elde edilebilecek verimliliğin tek kristalle karşılaştırıldığında küçük olmasına neden olur. Ancak çok kristalli silisyum üretim teknolojileri daha kolaydır. Sonuç olarak çok kristalli silisyumun maliyeti önemli ölçüde düşüktür.

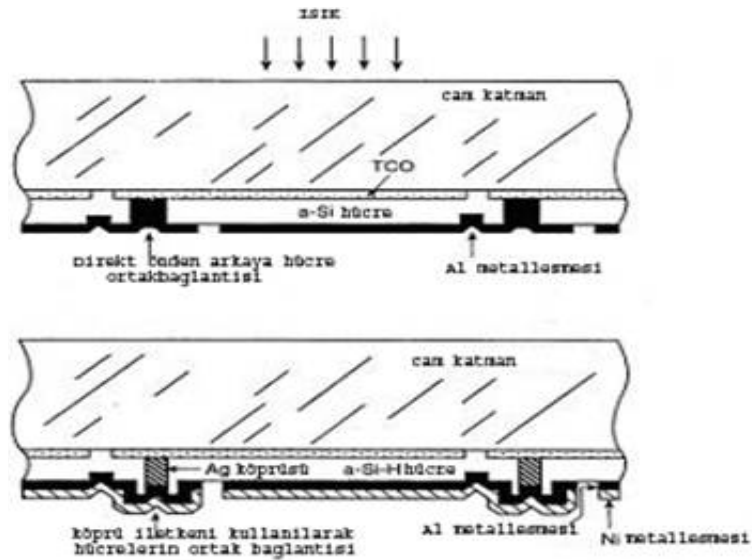
Çok kristalli silisyumun üretilmesinde en çok kullanılan yöntem “dökme” yöntemidir. Çok-kristalli silisyumda başlangıç malzemesi tek-kristalli silisyumda olduğu gibi hazırlanır. Aranılan saflık derecesi de benzer basamakta olmalıdır. Erimiş yarı-iletken kalitesindeki silisyum, kalıplara dökülerek soğumaya bırakılır. Elde edilen bloklar daha sonra kare şeklinde kesilir. Bu teknoloji ile üretilen malzemelerden fabrika edilen güneş pilleri verimliliklerinin daha az olmasına rağmen, bu pillerde maliyetler önemli ölçüde aşağıya çekilebilmektedir.

### **3.3.5.3. İnce Film Güneş Pilleri**

Güneş pillerinde kullanılan malzemenin ve işçiliğin azaltılması, teknolojinin basitleştirilerek maliyetlerinin düşürülmesi yönünde yapılan araştırma ve geliştirme çalışmaları, yarı-iletken malzemenin geniş yüzeyler üzerine ince film şeklinde kaplanması yöntemi çekici bir yaklaşım olarak ortaya çıkmıştır. Bu alanda yapılan araştırma ve geliştirme çalışmaları güneş pilleri üretiminde kullanılacak bir çok yarı-iletken malzemenin düşük maliyetlerde cam, metal ya da plastik folyo gibi tabakalar üzerinde geniş yüzeylere kaplanabileceğini göstermiştir. İnce film fotovoltaik malzeme genellikle çok kristalli malzemelerdir. Başka bir deyişle ince film yarı-iletken malzeme, büyüklükleri bir milimetrenin binde birinden milyonda birine değin değişen damarlardan oluşmaktadır. Yarı-iletken malzemenin elektriksel optiksel ve yapısal özellikleri her damar içerisinde fotovoltaik uygulamalar için çok uygun olsa da, damarlar arası sınırlar da yer alan mikro düzeydeki yapısal kusurlar, çok kristalli malzemede karşılaşılan en önemli problemdir. Optiksel özellikleri uygun seçilen bir yarı iletken malzemede milimetrenin binde biri kadar bir kalınlık içerisinde güneş ışınlarının tümüne yakın bir kısmı soğurulabilir. Dolayısıyla, ince film fotovoltaik malzemede kalınlık, silisyum üzerinde yapılan pillere göre çok daha azdır. Ayrıca ince-film yarı-iletken istenen bir biçimde çok farklı malzeme üzerinde ve geniş yüzeylere kaplanabilir, oysa silisyum piller büyütülen kristalin boyutları ile sınırlıdır. İnce film güneş pilleri arasında üç büyük aday öne çıkmaktadır. Bunlar; amorf silisyum, kadmiyum, ve tellür elementlerinden meydana gelen birleşik yarı-iletken kadmiyum tellür ve bakır, indiyum, selenyum elementlerinin bir aralığı olan bakır indiyum-diselenid bileşik yarı-iletkenidir.

### 3.3.5.4. Amorf Silisyum Güneş Pilleri

Soğurma katsayısı çok büyük olan amorf silisyum, 250°C dolayındaki sıcaklıklarda geniş yüzeylere düzgün bir şekilde kaplanabilmektedir. Amorf-silisyum malzemesini kristalli-silisyumdan ayıran özellik, silisyum atomlarının malzeme içindeki düzenlerinin, birinci derece komşu atomların ötesinde gelişigüzel olmasıdır. Malzeme içerisindeki yapı taşlarının bu gelişigüzel dizilişi amorf-silisyumun elektriksel iletim kalitesini düşürse de, uygun yaklaşımlarla yarı iletken içerisinde %5-10 oranında hidrojen katılarak elektriksel özellikler fotovoltaik çevirime uygun olan düzeyde tutulabilirler. Amorf silisyum için kullanılan en yaygın teknoloji “ışık boşalım (glow-discharge)” tekniğidir. Bu teknikte silane ( $\text{SiH}_4$ ) gazı ve hidrojen karışımı bir çift elektrod arasından geçirilerek elektrotların işaretleri yüksek frekanslarda değiştirilir; bunun sonucu olarak  $\text{SiH}_4$  parçalanarak kararsız  $\text{SiH}_3$  kökçesini (radikalini) oluşturur. İzleyen aşamada kararsız  $\text{SiH}_3$ , elektrotlardan birine giderek bağlanır ve kararlı hale gelir; ardından hidrojen yüzeyden ayrılarak geride silisyumu bırakır; böylece yüzey silisyumla kaplanmış olur. Elektrot üzerinde büyüyen silisyum gazın içerisinde bor ya da fosfor katılarak n- ya da p- tipi yapılabilir.



Şekil 3.19. Amorf Si:H modül dizaynları, ve ara bağlantıları (Ramakumar vd.).

Amorf silisyum 1980’li yıllarda ince film fotovoltaik alanının en gözde malzemesi olmuş, 1982’de %10 verimlilik sınırı aşılmış ve 1987’de verimlilik %12,7’lere kadar

çıkıştır. Son yıllarda bu değer laboratuarda %15 değerinin üzerine Japon-Amerikan ortaklığı olan Uni-solar tarafından çıkarılmıştır.

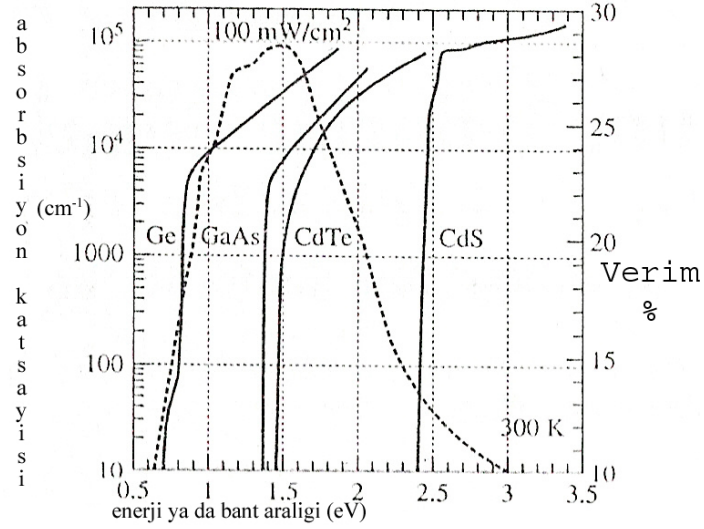
Küçük ölçekli güç gerektiren uygulamada (saat pilleri, hesap mak. vb.) amorf silisyum piller en gözde güç kaynaklarıdır. Yeni gelişimlerde bu piller büyük ölçekli güç gerektiren uygulamalarda da yerini almaktadır (Anonim 1).

### 3.3.5.5. Kadmiyum Tellür İnce Film Güneş Pilleri

Periyodik tablonun ikinci grubunda bulunan kadmiyum elementinin ve altıncı gurubunda bulunan tellür elementinin bir araya gelmesiyle oluşan II-VI birleşik yarı-iletkeni kadmiyum tellürün, CdTe, oda sıcaklığında yasak enerji aralığı, aşağıdaki şekilden de görülebileceği gibi (Luque vd., 2002)  $E_g=1,5eV$  değeri ile, güneş spektrumundan maksimum dönüşümü elde etmek için gerekli olan değere oldukça yakındır.

Yüksek soğurma katsayısı yanında, ince film büyütme teknolojisinin bir çoğu ile kolayca üretime olanak tanınması, geniş yüzey alanlı güneş pili üretiminde CdTe birleşik yarı iletkeninin öne çıkmasını sağlamıştır. CdTe çoğunlukla kadmiyum sülfür, CdS, ile bir araya getirilerek hetero-eklem diyod üretilir. Yasak enerji aralığı yaklaşık 2,4eV olan CdS yarı iletkeni çok ince bir tabaka olarak uygulanır. Güneş ışınımının çoğunu geçiren CdS, hetero-eklem de “pencere görevi yapar”.

CdT ince film büyütmede iki teknoloji ortaya çıkmıştır. Bunlardan birincisi olan yakın mesafeden buharlaştırma (close space Sublimation, CSS) yöntemi ile en yüksek kalitede CdTe malzeme üretilmektedir. Bu yöntemde sıcaklık farklılıkları çok az olan kaynak ve filmin büyüdüğü yüzey birbirine çok yakın tutularak malzemenin sublimasyon yoluyla büyümesi sağlanır. İkinci CdTe büyütme yöntemi olan elektrodepozisyon (elektrotta birik tirim) yönteminde ise, kadmiyum ve tellür iyonu taşıyan elektrolitten akım geçirilerek CdTe yarı-iletkeninin katotta büyümesi sağlanır. Çok ucuz olan bu yöntemde büyüyen malzemenin denetimi CSS yönteminde olduğu kadar kolay değildir.

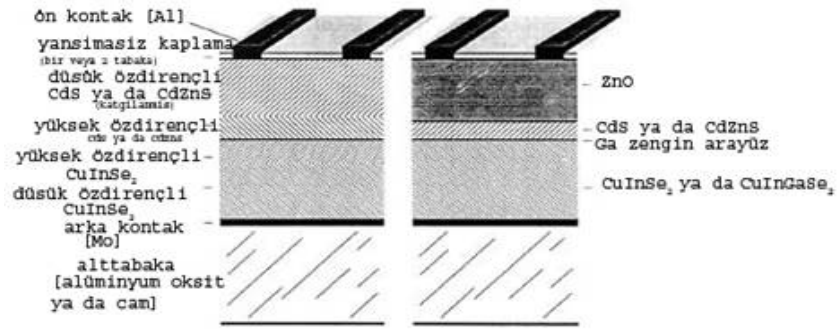


Şekil 3.20. Yasak enerji aralıkları ve absorpsiyon katsayıları (AM 1.5).

### 3.3.5.6. Bakır İndiyum Diselenid Güneş Pilleri

Periyodik tablonun birinci, üçüncü ve altıncı gruptan elementlerin üçünün ya da daha fazlasının bir araya gelmesi ile oluşan bu bileşik yarı-iletkenlerin soğurma katsayıları oldukça yüksek olup, yasak enerji aralıkları güneşin spektrumu ile ideal bir şekilde uyuşacak biçimde ayarlanabilir. Bakır indiyum ve selenyumdan yapılan üçlü bileşik yarı-iletkenle başlayan bu grup (CIS) güneş pilleri olarak anılır. CdTe güneş pillerine en yakın rakip olarak gözükmektedir. Bugün CIS ince film güneş pillerinin çoğunluğu içerisinde Ga elementinin katılması ile daha yüksek verimlilikler elde edilir. Ancak yarı-iletkeni oluşturan element sayısı arttıkça gereken teknoloji ve malzemenin özelliklerinin denetimi de bir o kadar karmaşık duruma gelmektedir. Laboratuardaki küçük alan pillerin verimliliği %18'e ulaşırken, 900cm<sup>2</sup> yüzey alana sahip modüllerin verimlilikleri ancak %15 dolayındadır. CIS pillerde uygulanan teknolojilerden iki tanesi öne çıkmıştır. Bunlardan birincisi, elementlerin eş zamanlı olarak vakumda buharlaştırılmasıdır. İkinci yöntem, herhangi bir yöntemle büyütülen bakır-indiyum ince film alaşımının uygun bir ortamda selenyumla tepkimeye sokulmasıdır (Selenizasyon). Her iki durumda da soğurucu olarak kullanılan CIS yarı-iletken, CdS ile bir araya getirilerek hetero-eklem diyot oluşturulur. CdS tabakaların üretilmesinde ortaya çıkan yöntem CdTe tabakalarında olduğu gibi burada da kimyasal banyo yöntemidir.





Şekil 3.21. Cu(In,Ga)Se<sub>2</sub> güneş pili dizaynları için kesit görünüm (Ramakumar vd.).

### 3.3.6. Güneş Pili Verimlilikleri

Fotovoltaik güneş pillerinin sürekli gelişimlerine bağlı olarak verimliliklerinin özetlendiği çizgilerin geçerlilik süreleri oldukça kısa olmaktadır. Ancak, karşılaştırılmalı bir kaynak olması amacı ile Fraunhofer Enstitüsü tarafından (ISE PV Charts (Anonim 6) yapılan en yüksek verimlilikleri gösteren özet aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 3.4. Güneş pillerinde rapor edilmiş en yüksek verimlilikler.

Fotovoltaik Pilin Cinsi	Alan (cm <sup>2</sup> )	Verimlilik (%)	Üretilen Birim
Tek Kristalli Silisyum	4,00	24	UNSW, Sydney Avustralya
Çok kristalli Silisyum	21,2	17,4	ISE, Freiburg, Almanya
Amorf Silisyum	1	14,7	United Solar
Cu(In, Ga)Se <sub>2</sub>	0,4	17,7	NREL, USA
CdTe/CdS		15,8	USA
GaAS Tek kristal	1	23,9	K.Univ, Nijmegen Hollanda

#### 3.3.6.1. PV Dizisi Verimi

Güneş pilinin verimi ( $\eta_e$ ), hücre sıcaklığının ( $T_c$ ) bir fonksiyonu olarak literatüre göre (Kolhe vd., 2002) ;

$$\eta_e = \eta_r [1 - B \cdot (T_c - T_r)] \quad [3.23]$$

şeklinde tanımlanır. Burada;

$\eta_r$  = referans güneş ışınımında (örneğin 1000 W/m<sup>2</sup>) güneş pilinin verimidir.

$T_r$  = referans sıcaklıkta (örneğin 25 °C) hücrenin sıcaklığıdır.

$B$  = güneş pilinin sıcaklık katsayısı (°C<sup>-1</sup>)

Bir güneş pili hücresi üzerine düşen güneş ışınımının enerjisinin toplamı, hücrelerin çıkışındaki elektrik enerjisi ile bu pilin birim alanındaki enerji kayıplarının toplamına eşittir.

$$\alpha \cdot \tau \cdot I_T = \eta_e \cdot \tau \cdot I_T + U_L \cdot (T_c - T_a) \quad [3.24]$$

$U_L$  = Birim alandaki PV ısı kayıp katsayısı ( $W/m^2/^\circ C$ )

$\alpha$  = yutma katsayısı

$T_a$  = ortam sıcaklığı

$\tau$  = PV modülün güneş geçirgenliği

Genellikle  $\eta_e \ll \tau \cdot \alpha$  dır.

Hücre sıcaklığını  $T_c$  hesaplayabilmek için,  $U_L$ 'nin belirlenmesi gerekir. Enerji denkleğine göre,  $U_L$  ve  $\tau \alpha$  hücrenin normal işletme sıcaklığı ( $NOCT$ ) ile ilişkili olarak ;

$$\frac{U_L}{\tau \cdot \alpha} = \frac{I_{T,NOCT}}{NOCT - T_{a,NOCT}} \quad [3.25]$$

$1 \text{ m/s}$  rüzgar hızı için  $T_{a,NOCT} = 20 \text{ }^\circ C$ ,  $I_{T,NOCT} = 800 \text{ W/m}^2$  dir. Buradan, hücre sıcaklığı;

$$T_c = T_a + \frac{(\alpha \cdot \tau)}{U_L \cdot I_T} \quad [3.26]$$

şeklinde tanımlanır.

Eğer  $t_m$  anındaki  $T_a$  anlık ortam sıcaklığı bilinmiyor ise ; bir gün içindeki maksimum ( $T_{a,max}$ ) ve minimum ( $T_{a,min}$ ) ortam sıcaklığı değerlerinden hesaplanabilir :

$$T_a = 0,5 \cdot [(T_{a,max} + T_{a,min}) + (T_{a,max} - T_{a,min}) \cdot \sin(2 \pi (t_m - t_p)/24)] \quad [3.27]$$

$t_p$  = Gün içindeki maksimum ve minimum sıcaklık arasındaki zamandır.

### 3.3.6.2. PV Dizisinde Peak Gücü ; (P)

Referans olarak ;  $1000 \text{ w/m}^2$  ışınım ve  $25^\circ C$  hücre sıcaklığında ;

$$P = 1000 \cdot \eta_r \cdot A \quad [3.28]$$

$A$  = PV dizisinin alanıdır.

### 3.3.6.3. PV Dizisinin Anlık Enerjisi ; (Ppv)

$$P_{pv} = A \cdot I_T \cdot \eta_e \cdot \eta_d \cdot \eta_c \cdot \eta_w \quad [3.29]$$

$\eta_d$  = PV dizisinin verim kaybı faktörü

$\eta_c$  = Güç iyileştirme aygıtlarının verimi

$\eta_w$  = PV dizisindeki kabloların verimi

Bütün bu anlık enerjinin yüke aktarımı ve depolanması güneş ışınımının kullanılabilirliğine bağlıdır.

### 3.3.7. Güneş Pili Alt Elemanları (Hücre, Modül) Ve Toplam Performansa Etkileri

Güneş pilleri; hücre, modül, PV, Pv dizileri ve destek elemanlarından oluşur. Her bir bileşenin performans üzerine etkisi mevcuttur.

#### 3.3.7.1. Hücre Çeşitleri Ve Hücrelerin Etkisi

Tablo 3.5’de bazı monokristal, polykristal ve amorf ince film modüller için modül özellikleri görülmektedir (Photovoltaic Systems, 2000).

Tablo 3.5. Modül özellikleri.

	Monokristal	Polykristal	Amorf
İmalatçı	Siemens	Solarex	Intersolar
Modül adı	SM55	MSX60	Phoenix
Seri hücre sayısı	36	36	19
Açık devre gerilimi	21.7V	21.0V	19V
Kısa devre akımı	3.4A	3.87A	0.9 A
Peak güç gerilimi	17.4 V	16.8 V	15 V
Peak güç akımı	3.16A	3.56 A	0.73 A
Peak güç	55 Wp	60 Wp	11 Wp
Modül verimi	12.9%	10.8%	3.7%
Modül alanı	1.293x0.330	1.113x0.50	0.915x0.325
Peak güç yoğunluğu	128.90 Wp/m <sup>2</sup>	107.82 Wp/m <sup>2</sup>	36.99 Wp/m <sup>2</sup>

#### 3.3.7.2. Hücre Kayıpları Ve Tehlikeli Bölgeler

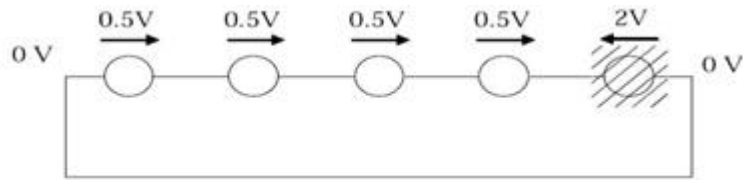
##### 3.3.7.2.1. Birleşme Kayıpları:

Bir PV sistemin çıkış gücü modüllerin bireysel güç değerlerinin toplamından daha azdır. Bu birleşme kayıplarıdır. Bu kayıplar, modüllerin ara bağlantılarında öncelikli

sıralanması ve kısa devre akımı değeri gibi benzer değeri modüllerin aynı seride yer almasını sağlayarak azaltılabilir.

### 3.3.7.2.2. Modüldeki Tehlikeli Bölgeler:

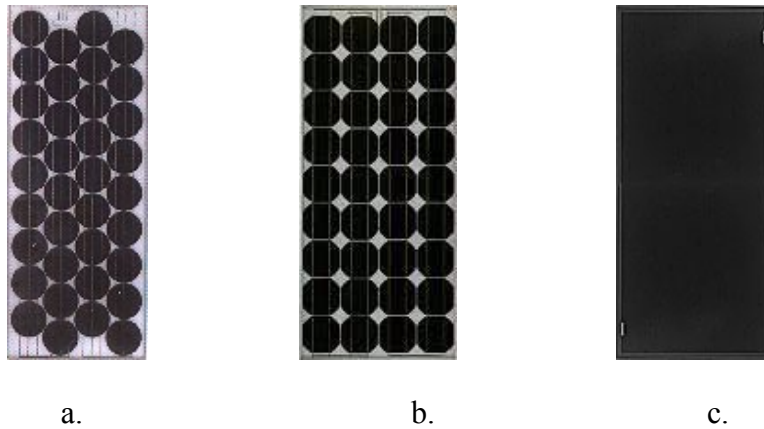
Lekelenme, komşu engeller ya da modüldeki hatalı hücrelerin birleşimiyle oluşan kısmi gölgelenmelerin neden olduğu tehlikeli bölge etkisinden dolayı PV modül hasara uğrayabilir. Bu durumda bir hücre alıcı gibi, diğerleri ise üretici gibi çalışırlar. Bu etki modülün ömrünü azaltır. Bu etkinin sınırları modül kutuplarına paralel bağlanan bir By-pass diyodu ile minimuma indirgenebilir.



Şekil 3.22. Sıcak nokta (Tehlikeli bölge) formasyonu.

### 3.3.7.3. PV Modül

Güneş pilleri imalatçılar tarafından değişik ölçü, biçim ve seçeneklerde sunulurlar. Bazı imalatçılar güneş pillerini yuvarlak (Şekil 3.23.a), bazıları bal petekleri gibi eşkenar altıgen veya eşkenar sekizgen (Şekil 3.23.b), bazıları da dikdörtgen (Şekil 3.23.c) şeklinde üretirler.



Şekil 3.23. Değişik Biçimlerdeki Güneş Pilleri İle Yapılmış Modüller. a. Dairesel güneş pillerinden oluşturulmuş bir modül. b. Eşkenar sekizgen güneş pillerinden

oluşturulmuş bir modül. c. Dikdörtgen güneş pillerinden oluşturulmuş bir modül (Piller arasında hiç boşluk bulunmuyor ).

Bütün tek kristalli güneş pillerinden elde edilen gerilim yaklaşık olarak eşittir ve 0.45 V – 0.5 V değerindedir. Fakat oluşacak gerilim , güneş ışığının düştüğü alanla doğru orantılı olarak artacaktır. Açık bir günde öğle vakti , güneşten gelen bütün ışığı alabilen 4 inç yarıçaplı veya eşkenar altıgen tek kristalli silikon güneş pilinin 0.5 volt' luk lık bir gerilim ve 2 amperlik bir akım oluşturulması ile yaklaşık olarak 1 Watt' lık bir güç çıkışı sağlanır.

Güneş pillerinde birim alandan ne kadar güç alınabileceğini belirten “sun” birimi kullanılır (1 sun = 1 kW /m<sup>2</sup> ).

Dikdörtgen şeklindeki güneş pillerinin sağladıkları güç çıkışları daha azdır ( bir güneş pili başına alınan güç ). Fakat dikdörtgen güneş pilleri , panellere hiç boşluk bırakılmadan yerleştirilebildikleri için panelden elde edilecek güç çıkışı değişmeyecektir.



Şekil 3.24. Modülün fiziksel yapısı (Photovoltaic Systems, 2000).

### 3.3.7.3.1. Modül Özellikleri

*Standart Test Şartları (STŞ)* :PV modülün performansı standart test şartlarında belirlenir.

- i. Işınım 1000 W/m<sup>2</sup>
- ii. Hücre sıcaklığı 25 °C
- iii. Hava kütlesi 1,5
- iV. Eğim açısı 0°

*Standart Test Şartlarında (STŞ) modül performansı* genellikle ;

- a) Açık devre gerilimi
- b) Kısa devre akımı
- c) Peak gücü
- d) Peak güç gerilimi
- e) Peak güç akımı ile ifade edilir.

*Nominal İşletme Hücre Sıcaklığı (NOCT)*

Modül açık devre (akım geçişi yok) durumundadır.

Nominal İşletme Hücre Sıcaklığı (NOCT);

- i. Işınım  $800 \text{ W/m}^2$
- ii. Hava kitlesi 1,5
- iii. Eğim açısı  $45^\circ$

Bir hücrenin Nominal İşletme Hücre Sıcaklığı  $42^\circ$  ila  $46^\circ$  arasındadır. Ve güneş hücresinin, modülün çalışması sırasındaki sıcaklığının ( $T_e$ ) belirlenmesinde kullanılır.

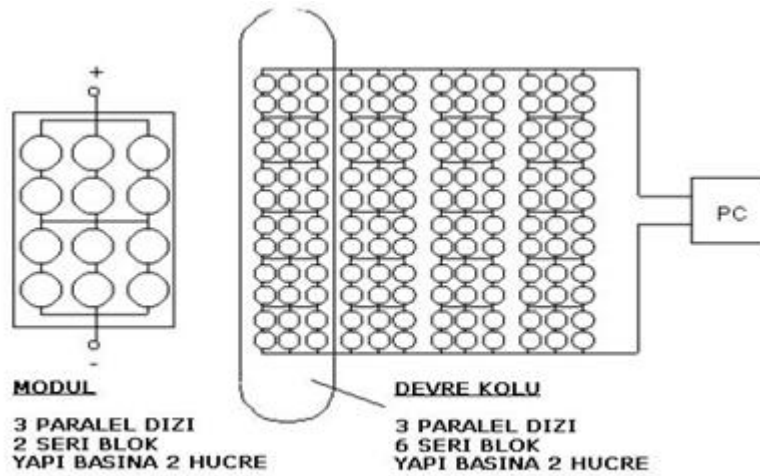
$$T_e = T_a + \frac{(NOCT - 20)}{0.8} * I \quad [3.30]$$

$I =$  Işınım ( $\text{W/m}^2$ )

$T_a =$  Ortam (çevre) sıcaklığı ( $^\circ\text{C}$ )

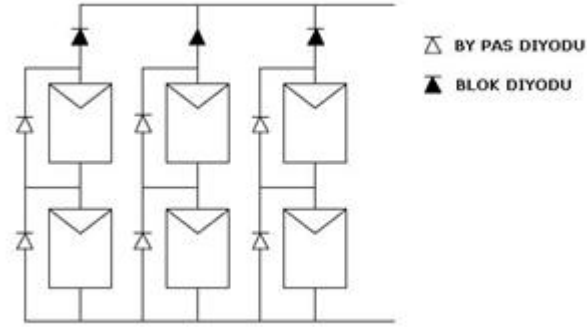
### 3.3.7.4. PV Dizileri Ve Etkisi

#### 3.3.7.4.1. Pv Modüllerin Ara Bağlantısı : Pv Dizisi

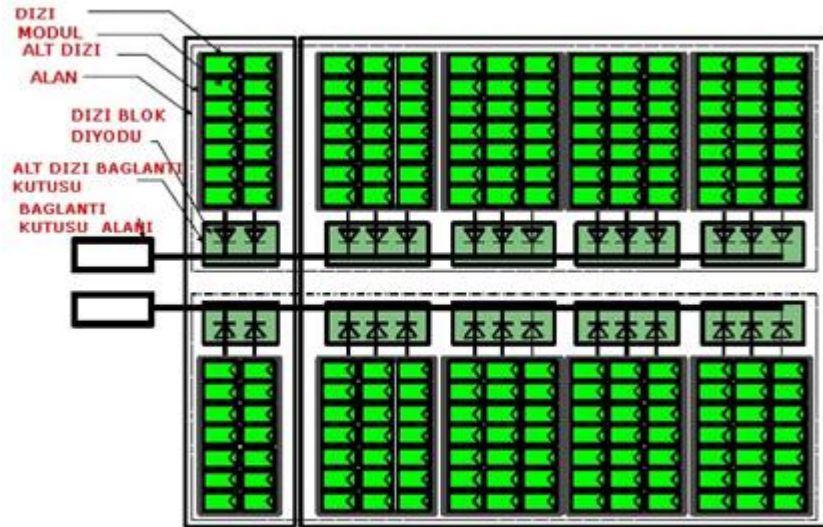


Şekil 3.25. Tipik bağlantı sistemleri ve modül devre dizaynında kullanılan terimler.

Bir blok diyodu, akünün modül üzerinden deşarj olup modülü hasara uğratmaması için kullanılır. Genellikle schottky diyotlar kullanılır ancak bu diyotlar gerilim düşmelerine dolayısıyla enerji kayıplarına neden olurlar.



Şekil 3.26. Seri ve paralel bağlantı.



Şekil 3.27. 196 adet 11Wp amorf silisyum modülün 2 ayrı alanda düzenlenerek oluşturulmuş 98 modülden oluşan dizi. (Dizinin peak gücü 2156 W)

### 3.3.7.5. PV Sistemi Ve Sistem Performansı

#### 3.3.7.5.1. Bir Fotovoltaik Sistemin Yapısı

Bir fotovoltaik sistem, güneş pili, akü, şarj kontrol ünitesi, yedek üreteç, inverter gibi bileşenlerden oluşur. Bu durum şekil 3.28'de gösterilmiştir.

#### 3.3.7.5.2. Pv Sistemlerin Performansı

##### 3.3.7.5.2.1. Gerçek İşletme Şartları

Gerçek İşletme Şartlarında bir Pv sistemde güneş ışınımı, modül sıcaklığı, yük profili

ve bileşen verimleri etkili olur. Standart Test Şartlarında bir PV modülün performans sınırları tanımlanır. Standart Test Şartları altında modülün temel peak güç verimi  $\eta_{stş}$  hesaplanabilir. Gerçeğe yakın şartlar altında (RRC), ışınım ve sıcaklık etkilerinden dolayı Standart Test Şartları dışındaki durumda ilave kayıplar devreye girer. Ayrıca inverter ve akü gibi bileşenler de dizayn ve kullanım şekline bağlı olarak kayıplara ilave bir değer daha katar.



Şekil 3.28. Bağımsız bir PV sistemin temel bileşenleri ve güç akış yönleri görülmektedir.

### 3.3.7.5.2.2. Işınım

Gerçek çalışma şartlarında, çoğu zaman ışınım değeri  $1000 \text{ W/m}^2$  değerinin altında kalır. Yıllık güneş ışınımı Avrupa'nın kuzeyinde  $350 \text{ W/m}^2$ , güneyinde ise  $650 \text{ W/m}^2$  civarındadır. Çoğu işletme şartlarında Pv verimine spektral değişimin etkisi çok küçüktür. Buna karşın, alınan ışınım geliş açısının durumuna daha hassastır. Sıfırdan farklı geliş açılarında modül katmanları arasında yansımaya kayıpları meydana gelir. Bu kayıplar geliş açısının  $60^\circ$  nin üzerinde olması durumunda önemli miktarda artar. Ortalama olarak, enerji üretiminin %7 'si yansımaya kayıpları olarak hesaba katılmalıdır.

### 3.3.7.5.2.3. Hücre Sıcaklığı

Kristal Pv hücrelerinin verimi Standart Test Şartlarının ( $25^\circ\text{C}$ ) üzerinde her  $1^\circ\text{C}$  için % 4 – 5 azalır. Yani sıcaklığın artması Pv verimini azaltır. Binalardaki Pv dizileri standart test şartlarının üzerinde bir sıcaklıkta çalışırlar. Sonuçta coğrafi konum



sebebiyle sahip olunan yüksek çevre sıcaklıkları modül sıcaklığının artmasına katkıda bulunur. Standart test şartları dışındaki sıcaklıklardaki çalışmada (coğrafi konum, çevre sıcaklığı ve montaj detaylarına bağlı olarak) %1 ila %5 arası bir kayıba yol açar. Işınım ve sıcaklık etkisi ile toplam kayıp %10 - %25 arasındadır. Bu durumda,  $\eta_{RRC} = \%85$  yazılabilir.

#### 3.3.7.5.2.4. Modül Yitirimi

Amorf silisyum Pv'nin güç çıkışının azalması sonucu karakteristiğinin azaldığı bilinmektedir. Amorf silisyum piller, kristal silikon pillerin aksine daha yüksek işletme sıcaklıklarında verimi artar. Eğer amorf silisyum bir dizinin performansı analiz edilirse, yitirim etkisi dikkate alınmalı ve yitirim (degradation) verimi ( $\eta_{DEG}$ ) olarak adlandırılmalıdır.  $\eta_{DEG}$ , sistemin diğer sistem bileşen verimleri ile kıyaslanması sonucu hesaplanır.

#### 3.3.7.5.2.5. Akü

Hiçbir akünün verimi %100 değildir. Akünün kalitesine ve şarj – deşarj rejimine bağlı olarak akü verimleri %60 ila %90 arasındadır. Ortalama olarak yaklaşık %15 civarında bir kayıp meydana gelir. Akü verimi ;  $\eta_{AKÜ} = \%85$  alınabilir.

#### 3.3.7.5.2.6. Modül Dizisinin Kablo Tesisatının Yapılması

Modüllerin birbirleri ile ortak bağlantılarından ve blok diyotlarından dolayı Pv sistemlerde enerji kayıpları meydana gelir. Bu kayıplar genellikle omik ve hata kayıpları (omh = omik ve hata ) olarak adlandırılır ve yaklaşık %5 civarındadır. Buradan ;  $\eta_{OMH} = \%95$  yazılabilir.

#### 3.3.7.5.2.7. Dizilerdeki Gölgeleme

Pek çok Pv sistem gün içinde veya yılın herhangi bir anında gölgeleme altında kalabilir. Özellikle bazı lokal yerlerde kurulan kurulan Pv sistemlerde gün içinde veya kış mevsiminde aşırı gölgeleme olabilmektedir. Bunlara sebep olarak, güneşin yüksekliği, şekli, boyutu, pozisyonu veya yakınındaki bina vb. objelerdir. Bu kayıplar %5 ila % 20 arasında olabilmektedir. Ortalama olarak bu kayıplar %15

alınabilir. Bu durumda ;  $\eta_{GÖL} = \%85$  yazılabilir.

### 3.3.7.5.2.8. İnverter

İnverterlerde, giriş dalgalanmaları, cihazın kendi enerji sarfiyatı, anahtarlama kayıpları, trafo kayıpları ve Diyot/Omik kayıpları verimi azaltıcı etmenlerdir. İnverter kayıpları sabit yük – bağımsız kayıpları ( $P_o$ ) ve değişken yük – bağımlı kayıpları ( $k.P_I^2$ ) içerir. Bu durumda ;

$$P_{loss} = P_o + k.P_I^2 \quad [3.31]$$

olur. Burada  $P_o$  ve  $k$  :

$$P_o = \frac{1}{100} * \left[ \frac{10}{\eta_{10}} - \frac{1}{100} - 9 \right] \quad [3.32]$$

$$k = \frac{1}{\eta_{100}} - P_o - 1 \quad [3.33]$$

olarak verilir. ( $\eta_{10} =$  inverterin %10 çalışmadaki verimi,  $\eta_{100} =$  inverterin %100 çalışmadaki verimi.) İnverterin ortalama performansı, uzun dönemde enerjistik verim olarak tanımlanır ve  $\eta_{inv}$  ;

$$\eta_{inv} = \frac{\bar{E}_{in} - \bar{E}_{loss}}{\bar{E}_{in}} = 1 - \frac{\bar{E}_{loss}}{\bar{E}_{in}} = 1 - \frac{P_o * T_{on}}{\bar{E}_{in}} \quad [3.34]$$

olarak ifade edilir. Buradaki  $T_{on}$  değeri eğer inverter gece boyunca da çalışıyor ise 8760 saat, gece çalışmıyor ise 4380 saat olarak alınır.  $\bar{E}_{in}$  yıllık enerji üretimi Avrupa için bir PV dizisinde yıllık 700 – 1100 kWh / kWp alınır. Örneğin %10 yüklemde verimi % 75 ve %100 yükleme durumundaki verimi %90 olan bir inverterin yüksüz durumdaki kaybı %3,3 olur. Avrupa’da şebekeye bağlı olarak çalışan PV sistem yılda 1000 kWh / kWp üretmeli ve inverter verimi  $\eta_{inv} = \%85$  olmalıdır (inverter gece boyunca kapalı konumdadır.). %10 yüklemde verimi % 50 olan inverterin kayıpları %10 ise inverterin yıllık verimi %56 olur. İnverterin kendi güç tüketimi %1 artarsa yıllık inverter verimi yaklaşık %5 azalır (Photovoltaic Systems, 2000).

### 3.3.7.5.2.9. Enerji Kazancı

PV sistemler boyutlarından bağımsız olarak karşılaştırıldığında büyük sistem performansı son *enerji kazancı* ( $Y_F$ ) olarak ifade edilebilir.  $Y_F$ , *son alınan enerjinin*  $E_{PV}$ , kurulu peak güce oranı  $P_p$  (kWp) ile bulunur :

$$Y_F = E_{PV} / P_p \text{ (kWh / kWp)} \quad [3.35]$$

### 3.3.7.5.2.10. Performans Oranı

Performans oranı  $P_R$ , aynı zamanda sistemin teknik kalitesi  $Q$  olarak da bilinmektedir. Bu oran sayesinde Pv sistemlerin yerleştirildikleri yerden, oryantasyondan, nominal gücünden ve eğim açılarından bağımsız olarak kıyaslanmaları mümkün olmaktadır.  $P_R$ , son kazancın referans enerji kazancına oranıdır :

$$P_R = \frac{Y_F}{Y_R} \quad [3.36]$$

Verilen düzlemdeki ışınım  $H_A$ , standart test şartlarındaki ışınım  $G_{STŞ}$  olmak üzere referans enerji kazancı  $Y_R$  ;

$$Y_R = \frac{H_A}{G_{STŞ}} \quad [3.37]$$

şeklinde verilir. Burada 3.30, 3.31 ve 3.32 nolu denklemlerden ;

$$P_R = \frac{Y_F}{Y_R} = \frac{E_{PV} / P_p}{H_A / G_{STŞ}} = \frac{E_{PV} * G_{STŞ}}{P_p * H_A} \quad [3.38]$$

yazılabilir.

### 3.3.7.5.2.11. Sistem Kayıpları

Gerçek sistem veriminin (SYS) modül verimine (Standart test şartlarında) bölümü ile performans oranı ifade edilebilir :

$$P_R = \frac{Y_F}{Y_R} = \frac{\eta_{SYS}}{\eta_{STŞ}} \quad [3.39]$$

Standart test şartlarındaki modül verimi  $\eta_{STŞ}$ , modül alanından ( $A_{Mod}$ ) ve peak gücün yararlanılarak hesaplanabilir ;

$$\eta_{STŞ} = \frac{P_p}{G_{STŞ} * A_{Mod}} \quad [3.40]$$

Sistem verimi  $\eta_{SYS}$ , modül alanı, enerji alımı ve ışıınımdan ;

$$\eta_{SYS} = \frac{E_{Pv}}{H_A * A_{Mod}} \quad [3.41]$$

şeklinde hesaplanabilir.

Gerçek sistem verimi ; bileşen verimleri olarak da ifade edilen sistem kayıplarının ürünlerine eşittir :

$$\eta_{SYS} = \eta_{STŞ} * \eta_{RRC} * \eta_{DEG} * \eta_{GÖL} * \eta_{OMH} * \eta_{AKÜ} * \eta_{Inv} \quad [3.42]$$

$\eta_{STŞ}$	Standart test şartlarında Pv modül kayıpları	( %4 - %16 ) = 0,04 – 0,16
$\eta_{RRC}$	Hücre sıcaklığından (RRC şartları) dolayı oluşan modül kayıpları	( %10 - %25 ) = 0,75– 0,90
$\eta_{DEG}$	Modül yitiriminden dolayı oluşan kayıplar	( %0 - %15 ) = 0,85 – 1,00
$\eta_{GÖL}$	Gölgelemeden dolayı oluşan kayıplar	( %0 - %15 ) = 0,85 – 1,00
$\eta_{OMH}$	Omik ve Hata kayıpları	( %1 - %5 ) = 0,93 – 0,99
$\eta_{Inv}$	Ortalama inverter kayıpları	( %10 - %16 ) = 0,84 – 0,90
$\eta_{AKÜ}$	Ortalama akü depolama kayıpları	( %10 - %30 ) = 0,70 – 0,90

Burada, 3.37, 3.39 ve 3.40 numaralı denklemlerden sistemin kalitesi ya da performans oranı;

$$Q = P_R = \eta_{RRC} * \eta_{DEG} * \eta_{GÖL} * \eta_{OMH} * \eta_{AKÜ} * \eta_{Inv} \quad [3.43]$$

şeklinde hesaplanabilir.

### 3.3.7.5.2.12. Enerji Maliyeti

Bir Pv sistem için enerji maliyetini (şebekeye bağlı ya da şebekeden bağımsız) :

$$CE = \frac{CC}{Y_F} = \frac{CC}{21,44 * P_R} \quad [3.44]$$

Burada;

CE = üretilen elektriğin maliyeti (TL/kWh)

CC = PV sistemin ana maliyeti (TL/ Wp) ve

$P_R$  = Performans oranıdır (Photovoltaic Systems, 2000).

### 3.3.8. Elektriği Depolayan Akümülatörler

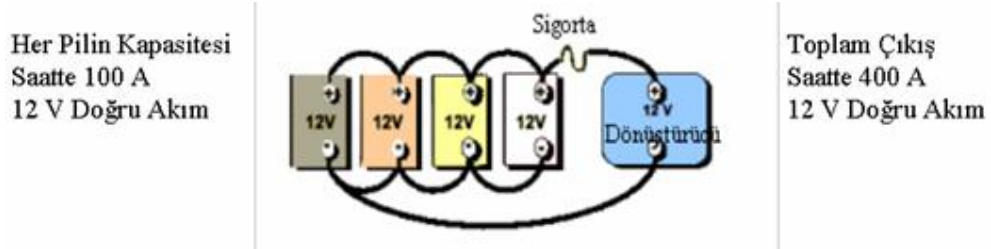
Güneş pilli sistemlerden güç, ancak güneşli saatlerde alınabilir. Fakat çoğu durumda diğer saatlerde de enerjiye ihtiyaç vardır ve genellikle daha fazla enerjiye ihtiyaç duyulur. Bu yüzden güneş pilli sistemlerin çoğu bugün için elektrik enerjisini depolayabilen pillerle birlikte kullanılırlar. Bu pillere *depo piller* veya *ikincil piller* adı verilir. Bu pillere gereksinim duyulmayan az da olsa bazı alanlar vardır. Bunlar içinde ilk akla gelen de uzay araçlarıdır. Uzay araçları sürekli güneş ışığını alabildikleri ve bu ek sistem ağırlıklarını arttıracak için kullanılmazlar. Depo piller elektrik enerjisini kimyasal enerjiye çevirirler. Elektrik enerjisine tekrar ihtiyaç olduğunda da (güneşin olmadığı saatlerde) yapılarındaki kimyasal enerjiyi tekrar elektrik enerjisine çevirirler. Depo piller tekrar tekrar şarj ve deşarj edilebilirler. Depo pillerde ölçü olarak *dönüşüm ömrü* ifadesi kullanılır. Dönüşüm ömrü, pilin elektrik enerjisinden kimyasal enerjiye çevirdiği gücün ne kadarının tekrar elektrik enerjisine çevrildiğini belirten bir ifadedir. Dönüşüm ömrü % 15 – 20 arasındaki pillere *yüzeysel döngülü piller* , % 50 – 80 arasında dönüşüm ömrüne sahip piller ise *derin döngülü piller* olarak adlandırılır.

Depo pil olarak çeşitli piller kullanılabilir ; kurşun – asit piller , nikel – kadmiyum piller (Ni – Cad) ve nikel – demir piller (Edison Pilleri). Son ikisinin uzun ömür ve enerjiyi iyi koruyabilme gibi oldukça önemli özelliklerinin olmasına rağmen , pil başına olan gerilimin düşük oluşu (bir pilde 1.2 V ve 1.1 V) ve pahalı oluşu gibi dezavantajları bulunmaktadır. Kurşun – asit pillerde (bir pilde 2 V), pilin ağırlığı fazladır ve asit ile elektrolitin bir arada tutmak da başlıbaşına bir problemdir. Fakat bugüne kadarki sistemlerde genellikle tercih edilen depo pillerdir. Bu türde birkaç çeşit pil bulunmaktadır. Bunlardan ikisi , kurşun – kalsiyum ve sadece kurşunlu pillerdir. Kurşun – kalsiyum pilleri çoğu güneş pilli sistem ile kolayca uyum sağlayabilir. Yapıları küçüktür ve elektrolitlerinin değişmesine çok nadir olarak ihtiyaç duyarlar. Bakımı zor yapılabilecek yerlerdeki

sistemlerde genellikle ilk önce tercih edilen depo pillerdir. Kurşunlu pillerin en çok kullanım alanları yedek güç sistemleridir. Bakım ihtiyacı minimum olduğundan uygulama alanı olarak genellikle ulaşımı zor yerlerdeki kominikasyon ve katodik koruma sistemlerinde tercih edilirler.

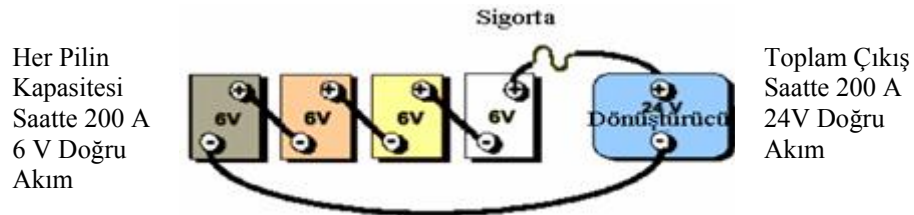
### 3.3.8.1. Depo Pillerde Parelel ve Seri Bağlama

Depo piller de aynı modüle bağlanan güneş pilleri gibi amaca göre seri, paralel veya kombinasyonları şeklinde bağlanarak bir sistem oluştururlar. Paralel bağlamada negatif kutuplarla negatif kutuplar, pozitif kutuplarla da pozitif kutuplar bağlanarak sonuçta yine aynı gerilimde (tek bir pilin geriliminde) daha büyük akımda bir çıkış sağlanmış olur.



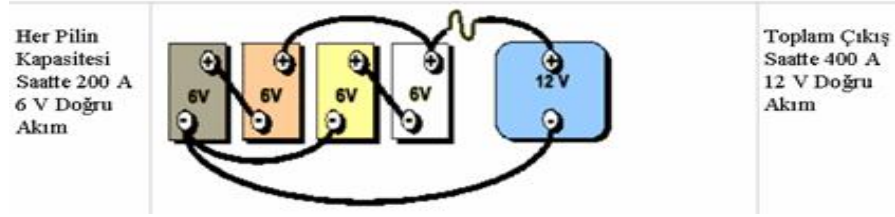
Şekil 3.29. Paralel bağlanmış depo piller.

Gerilim yüksek olması gereken yerlerde ise piller seri bağlanır. Çıkıştaki toplam akım ise tek bir pilin akımına eşittir.



Şekil 3.30. Seri bağlanmış depo piller.

Hem gerilimde, hemde akımda bir artışın olması istenen yerlerde ise istenen değerlere göre seri – paralel kombinasyonu şeklinde bağlanabilir.



Şekil 3.31. Akım – Gerilim Çıkışını Yükseltmek İçin Hem Seri Hem de Paralel Bağlanmış Bir Sistem.

### 3.3.9. Güneş Pili Uygulamaları

#### 3.3.9.1. Güneş Pilleri İle Sokak Aydınlatması

Bu konuda, konut aydınlatması, dış mekan aydınlatılması, sinyalizasyon sistemleri ve konutlardaki diğer uygulamalarda (soğutma, ısıtma, enerji depolanması) ve diğer pratik konfor cihazlarının enerjisinin güneş pili vasıtasıyla karşılanması projeleri gerçekleştirilmektedir.

Diğer uygulama alanları:

- Çiftlik, dağ evleri, yazlıklar
- Küçük ve orta ölçekli işletmeler
- Elektriği olmayan şehire uzak köyler
- Su kalitesi ve çevresel data izleyicilerin
- Acil iletişim sistemleri
- Otoyol ışıklandırılması
- Sulama ve pompa sistemleri
- Bahçe, sokak ve reklam panoları aydınlatılması
- Telekomünikasyon sistemleri
- TV ve radyo sistemlerinin elektrik ihtiyacı

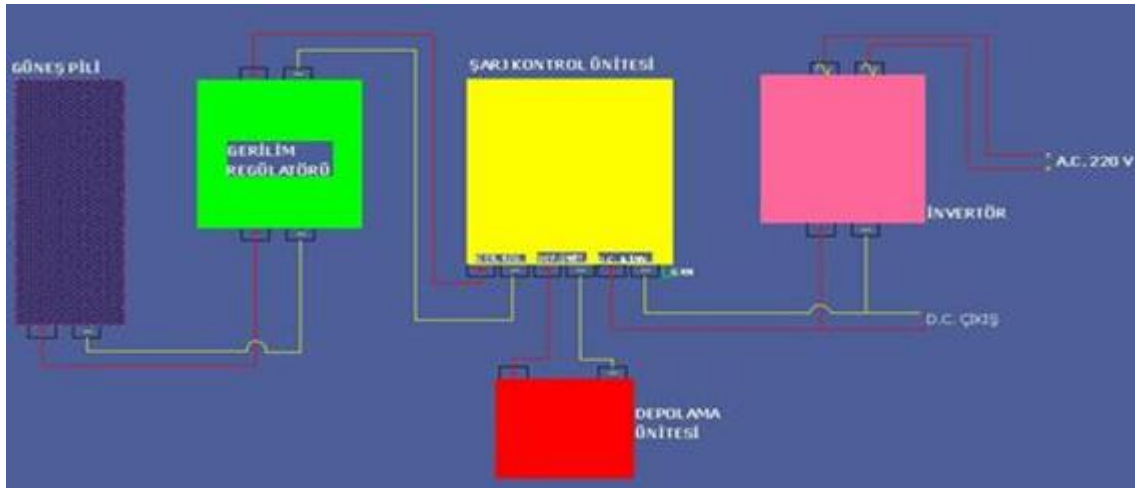


Şekil 3.32. Güneş pili çevre aydınlatma sisteminden görünüm.

Bu tip uygulamalar özellikle doğal afet sonrası yaşanan enerji kesintilerinde son derece önemli bir rol kazanmaktadır. Bu tip aydınlatmalara örnek olarak; ANDREW kasırgasının yaşandığı Miami’de PV sistemli çevre aydınlatma sistemleri fırtına sonrası 33 saat süre ile enerji sağlamıştır. Ayrıca buradaki güvenlik istasyonlarının, tıbbi kliniklerin ve sığınakların da bu uygulamalar sayesinde enerji ihtiyacı karşılanmıştır.

Bu tür sistemler aşağıdaki bileşenler ile ihtiyaca göre dizayn edilmektedirler :

- 1 adet güneş pili (32- 60- 80- 100- 120Wp)
- 1 adet akü (30- 60- 100Ah)
- 1 adet şarj regülatörü (4-6-8 A)
- 1 adet inverter (50- 150- 200- 300W)
- Lamba (1 – 4 adet , 10- 15- 20- 30W)



Şekil 3.33. Sisteme ait bileşenlerin bağlantısını gösteren blok diyagram.

### 3.3.9.2. Güneş Pilleri İle Güvenlik Aydınlatma Sistemleri



Şekil 3.34. Güvenlik aydınlatma sistemleri.

Sığınak ve tıbbi klinikler çevresi, bu türden aydınlatma sistemleri sayesinde daha güvenilir bir hal almaktadır. Erin kasırgası sonrası halen fonksiyonelliğini koruyan



küçük bir ünite aşağıdaki şekilde görülmektedir. Herhangi bir enerji kesintisinde dahi bu sistemler 3 - 6 gün süre ile gerekli enerji ihtiyacını karşılayabilmekte olup güvenlik ve izleme işlemleri sorunsuz bir şekilde yerine getirilmiş olacaktır (Young, 1995).

### 3.3.9.3. Güneş Pilleri İle Kişisel Aydınlatma

Portatif kişisel aydınlatma sistemi, fenerlere flaş lamba ile karşılanabilir.



Şekil 3.35. Kişisel aydınlatma sistemleri.

### 3.3.9.4. Güneş Pilleri İle Ulaşım Güvenliğinin Sağlanması

Bir doğal afet sonrası, trafik işaretlerinin çalışmadığı, cadde işaretlerinin ve yolların enkazla kaplandığı yollarda seyahat etmek çok tehlikeli bir hal almaktadır. Bu şekildeki yollarda trafik tıkanık bir hale gelir. Buralarda trafik kontrolü, değiştirilebilen mesajlı işaret levhaları, yanıp sönen oklu boardlar, sinyalizasyon cihazları ve anayol yardımcısı olan radyolardaki gibi kullanılabilen PV destekli portatif trafik kontrol cihazları kullanılabilir.



Şekil 3.36. Trafikte ulaşım güvenliğini sağlamakta kullanılan güneş pilli ışıklı ikaz sistemlerinden görünüm.

Bu uygulamalar pek çok durumda insanların hayatını kolaylaştıran uygulamalar

olarak karşımıza çıkmaktadır. Örneğin anayol radyo uygulaması; bir doğal afet sonrası insanları yönlendirip gidecekleri istikamet hakkında sağlıklı bilgiler vererek insanların hayatını kolaylaştıran bir uygulamadır.



Şekil 3.37. Otoyollarda kullanılan radyo bilgilendirme sistemine ait aktarım istasyonu.

### 3.3.9.5. İletişim Alanında Güneş Pillerinin Kullanımı

#### 3.3.9.5.1. Telefon Kulübeleri

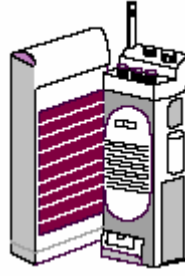
Bu telefonlar otobanlarda seyahat eden insanların en yakın karakol istasyonlarıyla iletişim kurmalarını sağlar. Bu ünitelerde 2 aküyü şarj etmekte kullanılan bir PV modülü bir radyo alıcı/verici sistemini çalıştırır.



Şekil 3.38. Güneş pilli telefon kulubeleri.

#### 3.3.9.5.2. Portatif AM/FM Radyolar

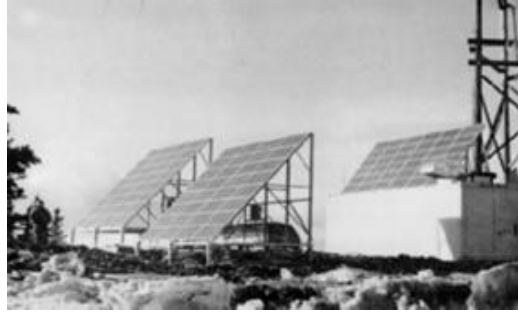
Portatif AM/FM radyo sistemi geniş ölçekli kullanılan bir tüketici uygulamasıdır. PV destekli bu radyoların çok farklı tip ve boyutları vardır. Bunları klasik AM/FM radyolarla kıyaslırsak her şeyden önce pil değiştirmekten kurtulduğu görülmektedir. Birkaç saat güneş ışınımı sonrası PV destekli radyo zaten kullanım hazır hale gelmiştir.



Şekil 3.39. Güneş pili ile çalışan portatif am/fm radyolar.

### 3.3.9.5.3. Radyo Baz İstasyonları

Bir doğal afet sonrası haberleşme kabiliyeti oldukça önemlidir. Aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi PV güç destekli bir radyo baz istasyonu görülmektedir. Bu istasyonlar modüler olup bir yerden başka bir yere taşınabilirler. Daha düşük güç gerektiren daha küçük radyolar için de bu sistem uygulanabilir.



Şekil 3.40. Güneş pili ile çalışan radyo baz istasyonları.

### 3.3.9.6. Küçük Jeneratörler

Jeneratörlerin benzinle yada güneşle çalışan pek çok modeli vardır. Aşağıdaki şekilde, 2 adet 10w'lık PV modülden oluşan küçük portatif bir jeneratör görülmektedir.



Şekil 3.41. Güneş pili ile çalışan jeneratörler.

### 3.3.9.7. Küçük Pil Şarj Cihazları

Çeşitli tip ve ebattaki pilleri şarj etmek için kullanılan,pek çok tipte ve ebatta küçük pil şarj cihazları mevcuttur. Aşağıdaki şekilde PV destekli küçük pil şarj etme cihazı görülmektedir.



Şekil 3.42. Güneş pili ile çalışan küçük pil şarj cihazları.

### 3.3.9.8. Ups / Yedek Güç Sistemleri

Elektrik enerjisi kesildiği zaman kesintisiz güç kaynakları (UPS) yada yedek güç üniteleri devreye girer. Güneş enerjisi ile çalışan yedek güç üniteleri iki farklı modda çalışabilir,ihtiyaç anına kadar bekleme konumunda çalışma veya ihtiyaç anına kadar şarj konumunda çalışma.



Şekil 3.43. Güneş pilli ups / yedek güç sistemleri.

Bu PV güç üniteleri farklı boyutlarda yapılabilirler ve 100W'tan 1000W'a kadar değişik güç akışı sağlarlar. Farklı gerilim çıkışları elde etmek (12V-24V DC, 120V AC veya daha yüksek AC) mümkündür.

### 3.3.9.9. Katlanabilir Çantalar

Askeri uygulamalarda, PV'den elektrik üretiminin oldukça kullanışlı olduğu görülmektedir. Askeri amaçlar için geliştirilen bu çantalar katlanarak askerlerin sırt çantalarında kolaylıkla taşınabilmektedir. Bu çantalar; radyoların, ışıkların, gözetleme ve arama cihazlarının enerji ihtiyaçlarını karşılayabilmektedir.



Şekil 3.44. Güneş pilli katlanabilir çantalar (Young, 1995).

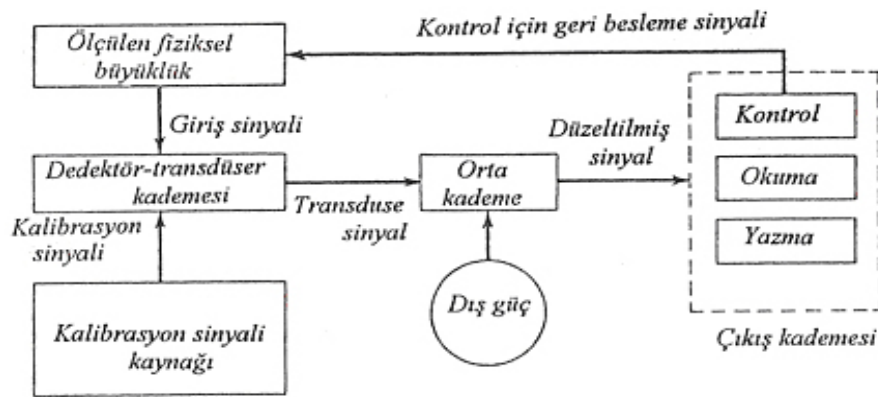
### 3.4. GÜNEŞ İZLEME VE KONTROL SİSTEMİ

Genel olarak her türlü ölçme sistemlerini üç kademeye ayırmak mümkündür.

1) Fiziksel değişkenlerin mekanik veya elektriksel formda sezildiği, *dedektör-transdüser* kademesi. Çoğunlukla transdüser eleman bir fiziksel etkiyi diğerine çeviren bir cihazdır. Ölçmesinin ve iletilmesinin kolay olması nedeniyle, bu elemanlarda, elektrik sinyalleri diğer etkilere göre her zaman tercih edilir. Bu elemanlarda elde edilen sinyaller dijital veya analog şekilde olabilir.

2) Elde edilen mekanik veya elektriksel sinyallerin kuvvetlendirildiği, filtrelendiği veya istenen diğer çıkışlara döndürüldüğü *orta kademe*.

3) Değerlendirme, ölçme, işleminin yapıldığı *son kademe*. (kayıt veya istenirse kontrol.)



Şekil 3.45. Ölçme sistemlerinin geliştirilmesine ait şema.

Ölçme sistemlerinin geliştirilmesine ait şematik bir diyagram Şekil 3.45'de görülmektedir. Eğer sistemin son ölçme kademesinde bir kontrol işlemi de

düşünüyor ise devreye geri besleme (feedback) sinyali ilave edilmelidir. Bu durumda ölçülen sinyal, set edilen (veya istenilen) değer ile uyum içinde ise kontrol mekanizması devreye girmeyecektir. Fakat buna karşılık ölçülen sinyal set edilen değer ile uyum içinde değilse kontrol mekanizmasını devreye sokacaktır. Herhangi bir kontrol mekanizmasında, bir vanaya kumanda eden akışkan debisinin değerinin değişmesi veya elektrik ile ısıtılan bir ısıtıcının devreye girip çıkması, bu sistemlere örnekler olarak verilebilir (Genceli, 2000).

### **3.4.1. Motorlar**

Günümüzde çoğu pozisyon kontrol uygulamaları motor kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Pozisyon kontrol çıkışları genellikle motor şaftından alınır.

#### **3.4.1.1. Elektrik Motorları İle Tahrik**

Elektrik motorunun milinden sağlanan dönme hareketi doğrudan veya hızı değiştirilerek dolaylı yoldan sistemde kullanılabilir. Bunların otomatik olarak açılıp - kapanması ve devirlerinin değiştirilmesi, elektronik kontrol devrelerinin yardımı ile mümkündür. Güneş takip sisteminin gerektirdiği döndürme momentini sağlayacak doğru akım motorları, alternatif akım motorları ve step motorlar (adım motorları) mevcuttur. Sistemde doğru akım motorları kullanıldığından burada sadece bu tip motorlara değinilecek ve motor seçimindeki kriterler ele alınacaktır.

#### **3.4.1.2. Doğru Akım Motorları**

Doğru akım motorları kontrol amaçlı bir çok uygulamada halen çok kullanılan motorlardır. Özellikle gerilimle devir sayılarının düzgün olarak değişmesi, basit yön değiştirme kabiliyetleri ve nispeten ucuz olmaları bu tip motorları hız ve pozisyon kontrollerinde rakipsiz hale getirmiştir.

Nümerik kontrollü tezgahlar gibi, kalkış ve duruş işlemlerinin hızlı ve doğru bir şekilde yapılması gereken uygulamalarda doğru akım servomotorlar yüksek performansla kullanılabilir. Düşük atalet ve voltaj değişimlerine karşı hızlı cevap vermesi bu motorun özelliklerindedir. Buna ilave olarak çok düşük armatür indüktansı sayesinde düşük elektrik-zaman sabitine sahiptir (tipik olarak 0.05-1.5

ms). Bu özelliğin bir sonucu olarak, motorun giriş sinyaline cevabı oldukça hızlıdır. Doğru akım servomotorlar permanent-magnet, baskı devre ve hareketli çekirdek tiplerinde imal edilirler (Özkan, 1999). Bir çok doğru akım motorunda halen fırça ve komütatör kullanmasına karşılık fırçasız doğru akım motorları da imal edilmiştir. Bunların iki büyük özelliği (Ünsaçar, 1990) :

1. Ters yönde dönebilme. Uygulanan gücün kutupları değiştirildiğinde motor ters yönde dönebilir.
2. Dönüş hızları değişkendir. Uygulanan gerilim değiştikçe motorun hızı da değişir.

#### **3.4.1.3. Fırçasız Doğru Akım Servomotorlar**

Fırçasız doğru akım motorların iç yapısı, terslenmiş doğru akım şönt motorların yapısına benzerler. Rotorla yerleştirilmiş permanent-magnet yada DC bir gerilimle enerjilendirilmesi gereken sargılı rotorlar, stator sargıları tarafından oluşturulan bir akıya ihtiyaç duyarlar. Döner alan stator bölgesine yerleştirilen sargı tarafından oluşturulur. Bu sargılar 120°'lik açı farklarıyla yerleştirilmiştir ve enerji verilmesi durumunda döner bir manyetik alan oluştururlar. Bu konstrüksiyon sayesinde, rotorun ataleti azaltılmıştır. Rotor üzerindeki sabit kutuplar statorda oluşturulan döner zıt kutuplar tarafından çekilirler ve böylelikle rotor döner. Doğru akım şönt motorlarda üretilen tork, permanent-magnet alanın şiddeti ve sargıların oluşturulan iletkenler üzerindeki akım şiddeti ile doğru orantılıdır.

#### **3.4.1.4 Alternatif ve Doğru Akım Motorların Seçimi**

*Maliyet :*

Genelde alternatif akım sürücüler, doğru akım sürücülerinden daha pahalıdır. Çünkü doğru akım sürücülerde kullanılan malzemeler daha az karmaşıktır. Alternatif akım sürücülerde hattan alınan alternatif akım önce doğru akıma daha sonra güç transistörleri ile tekrar alternatif akıma çevrilir. Halbuki doğru akım sürücülerde SCR'li doğrultucu ile güç doğrudan kontrol edilir.

*Devreye Alma :*

Alternatif akım sürücüler genellikle dijital devre elemanlarıyla gerçekleştirilirler.

Alternatif akım sürücü üzerinde bir mikroişlemci vardır. Dizayncı uygulamanın durumuna göre sürücü parametrelerini değiştirerek sürücüyü programlar ve dizaynını gerçekleştirir.

#### *Hız Sahası :*

Genellikle düşük hızlı uygulamalarda doğru akım motorlar seçilir. Çünkü alternatif akım motorlar düşük hızlarda çok ısınır. Hız oranının 6:1 gibi düşük olduğu uygulamalarda alternatif akım motorlar, hız oranının 20:1 gibi yüksek olduğu uygulamalarda ise doğru akım motorlar kullanılır. Bu, maksimum hızın minimum hıza olan oranıdır.

#### *Güç Faktörü :*

Düşük hızlarda ve yükte doğru akım sürücüler güç faktörünün düşmesine sebep olurlar. Bunun ölçülen değeri 20% ile 95% arasındadır. Alternatif akım sürücünün güç faktörüne etkisi yük ve hızdan bağımsız olup 95% civarındadır.

#### *Hızın Artırılması :*

Doğru akım motorların hızı, motorun armatürüne uygulanan voltaj ile doğru orantılıdır. Alternatif akım motorlarda ise hız, voltaj ve frekansın bir fonksiyonudur.

#### *Birden Fazla Motorun Çalıştırılması :*

Doğru akım sürücülerde, bir sürücü ile ancak bir motor kontrol edilebilir. Fakat alternatif akım sürücülerde bir sürücü ile birden fazla motoru çalıştırmak mümkündür. Ancak burada motorlar aynı hızda dönmek zorundadırlar.

#### *Hızlı Durdurma :*

Hızlı durma anında motorlar jeneratör gibi çalışırlar. Oluşan rejeneratif enerjiyi dinamik - fren direnci gibi bir söndürücü üzerinde harcamak yada AC hatta tekrar vermek gerekir. Doğru akım sürücüler rejeneratif enerjiyi besleme hattına geri verirler. Alternatif akım sürücülerde ise bu enerjiyi dinamik-fren direnci üzerinde harcamak için ilave lojik devre ve güç transistör ü gerekir. Lojik devre frenleme anında dinamik-fren transistörünü tetikleyerek rejeneratif enerjinin dinamik-fren



direnci üzerinde harcanmasını sağlar (Özkan, 1999).

### **3.4.2 Güneşin Konumunu Belirleyici Ünite**

#### **3.4.2.1 Optik Algılayıcılar**

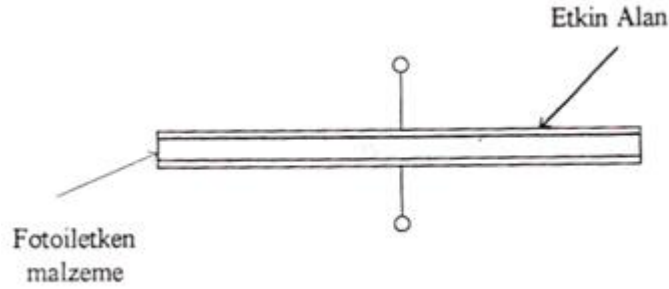
Işık, sıcaklık, nem, basınç manyetik alan, konum gibi fiziksel bir büyüklüğü algılayan ve bunu elektriksel işarete dönüştüren elemanlara “algılayıcılar” adı verilir. Sıcaklık ve ışık en çok ölçülen fiziksel parametrelerdir. Bütün algılayıcıların, girişi ve çıkışı arasında doğrusal bir bağlantı olması istenir. Böyle bir doğrusal özellik hem analiz hem de sinyali kullanma işlemlerini basitleştirir. EM (elektromanyetik) ışınım kavramı, endüstriyel kontrolde görülebilir veya kızıl ötesi dalga boylarındaki ölçme, yani algılama işlemlerinde kullanılır. Uygulama teknikleri “optik” olarak adlandırılır (Yeşilkaya, 1998).

#### **3.4.2.2. Fotodirençler**

En bilinen fotoalgılayıcılardan biri olan fotodirenç, bir yarı iletken maddenin ışık şiddeti ile iletkenliğindeki değişim temeline dayanmaktadır. İletkenlikteki değişim aynı zamanda direnç değerinde de değişim anlamına geldiği için bu adı almıştır. İletkenlik değişimi açısından da analizler yapıldığından fotoiletken algılayıcı olarak ta adlandırılırlar.

Yarı iletken maddelerde valans elektronları ile iletkenlik elektronları arasında bir enerji farkı vardır ve yarı iletken tarafından bir foton soğurulduğu zaman bir elektron, valans bandından iletkenlik bandına çıkar. Bu şekilde bir çok elektronun iletkenlik bandına geçmesi yarı iletkenin direncinde azalmaya neden olur. Bu da ışık şiddeti ile yarı iletkenin direncinin ters orantılı olarak değişmekte olduğu anlamına gelir. Fotodirençler film şeklinde imal edilirler. Filmin şekli ve boyutları, dedektörün karanlıktaki direncini ve duyarlılığını belirler. Spektrumun görünür bölgesi dikkate alındığında yapım maddeleri olarak genelde Kadmiyum Sülfid (CdS) ve Kadmiyum Selenit (CdSe) kullanılmaktadır. Enerji band aralıkları CdS ve CdSe için sırasıyla 2,42 eV ve 1,74 eV'tur. Bu maddelerin öz dirençleri oda sıcaklığında aşırı yüksek olduğu için pratikte kullanılmayacak kadar yüksek direnç değerleri ortaya çıkmaktadır. Direnci azaltmak için dedektörün yüzey alanını

maksimum seviyede tutmak gerekmektedir. Bu amaçla kullanılan temel bir yapı Şekil 3.46'da verilmiştir (Yeşilkaya, 1998).



Şekil 3.46. Uzun , ince ve dar bir düzeneğe tepki ve direnç optimizasyonu.

Fotodirençler pek fazla tercih edilmezler. Tipik maksimum güç harcamaları, boyutları ve üretim şekillerine bağlı olarak 50mW ile 500mW arasında değişmektedir. Fotodirençler genel olarak yavaş tepki gösterirler. Duyarlılıkları her bölgede aynı değildir. Bu nedenle hızlı sayısal bilgi aktarım sistemlerinde kullanılmazlar. Mevcut literatür incelendiğinde fotodiyotların kullanıldığı görülmüştür (Yeşilkaya, 1998).

### 3.4.3 Şarj Kontrol Cihazları Ve PV Güç Sistemlerinde Aküler İçin Sistem İzlemesi

Aküler, Güneş pilleriyle karşılaştırıldığı zaman ömürleri maksimum 8-10 yıl olup çoğu zaman 3 ila 6 yıl arasındadır. Oysaki güneş pilleri 25 yıl boyunca üretici firma garantisine sahiptir. Görüldüğü üzere Akülerin ömrü Güneş pillerine nazaran oldukça düşüktür. Pv sistemlerinde tatmin edici bir işletim ve minimum ömür maliyetinin eldesinde şarj kontrol cihazı, inverter gibi donanımlarla donatılmış aküler önemli bir yer tutar.

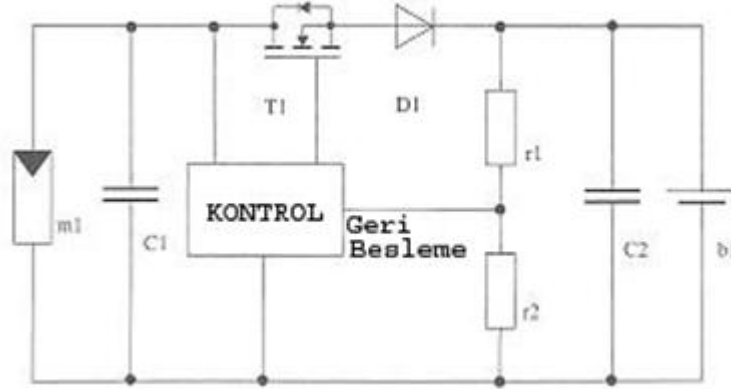
#### 3.4.3.1 Şarj Kontrol Cihazları

Bir şarj kontrol cihazının temel görevi depolama elemanının güvenli şartlar altında (akünün aşırı doldurulmasının ve aşırı deşarj edilmesinin önlenmesi) çalışmasını sağlamaktır. PV sistemlerde şarj gücü ve enerjisi değişen güneş ışınımı ve yük talebiyle sınırlı olup bu faktörlere bağlıdır. Sabit akım-Sabit gerilimde şarj (cc/cv) gibi bilinen şarj teknikleri ya da daha karmaşık şarj teknikleri bilinmektedir. Ancak

bu teknikler Pv sistemlere birebir uygulanamaz. Örneğin Pv sistemlerinde şarj akımı ışınımına göre değişmektedir. Bununla birlikte, sabit akımla şarj terimi kullanılmaktadır. Hatta akü ömrü bakımından çok önemli olan, bataryanın düzenli tam şarjı da garanti edilememektedir. Ayrıca çok yüksek enerji verimi, PV sistemlerindeki sistem bileşenlerinin bütün dengesi için oldukça önemlidir.

#### 3.4.3.1.1 Lineer Şarj Kontrol Cihazları

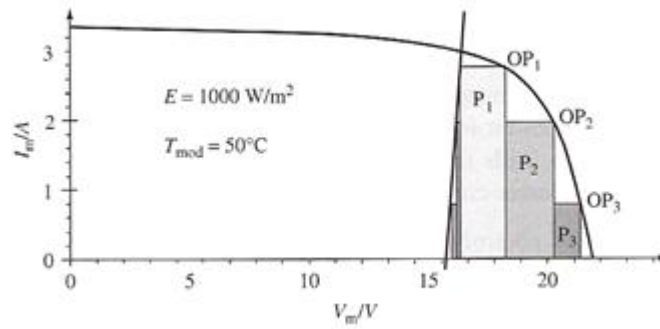
Pv uygulamaları başladığında bilinen prensiplerle çalışan klasik lineer şarj kontrol cihazları fotovoltaiklere uyarlanmıştır. Bu prensipler güneş pillerinin kendine has özelliklerinden faydalanamamıştır. Örneğin, bunlar kısa devrelere son derece yatkındırlar. Lineer bir şarj kontrol cihazında, şarj akımı sürekli denetimde olan ve güneş jeneratörüne seri yada paralel olarak bağlanmış olan son bir kontrol elemanı tarafından ayarlanır.



Şekil 3.47. Voltaj kontrolü (MIC 5158 ) Entegre edilmiş lineer şarj kontrol cihazı.

Kontrol elemanının uygun bir şekilde sürülmesiyle, batarya geriliminin şarj sonu limit değerini aşması engellenmiş olur (Luques vd. 2002). Şekil3.47’de lineer bir seri şarj kontrol cihazının blok devre diyagramı (Sabit akımlı durum) görülmektedir. Güneş jeneratörünün işletim (çalışma) noktası, batarya gerilimi ve anlık ışınım ile belirlenir. Kontrol elemanındaki güç kayıpları bu bağlantı durumunda çoğunlukla ihmal edilir. Çoğu durumda çok düşük bir ileri voltaj düşmesine sahip shottky diyot olan D1 blok diyotu boyunca meydana gelen voltaj düşüşünden dolayı ilave bir güç kaybı meydana gelmektedir. Güç kayıplarını minimize etmek için, blok diyodu

yerine T1'e arka arkaya seri bağlanmış bir mosfet daha kullanılabilir. Bu tür dizayn edilmiş bir sistemde ise gece periyodu boyunca her iki mosfette kapalı konumda olacağından güneş jeneratörüne ters bir akımın akması engellenmiş olur. Şarj sonu gerilime ulaşıldığı zaman T1 mosfeti için kapı (gate) gerilim kontrol elemanı tarafından azaltılır, çıkış gerilimi, şarj akımı bataryanın artan şarj durumuna göre yavaş bir şekilde azalırken sabit tutulur. Şekil 3.48'de üç farklı şarj akımı için işletim noktalarının gösterildiği bir örnek görülmektedir. Koyu gösterilmiş olanlar, kontrol elemanındaki güç kayıplarına orantılıdır.

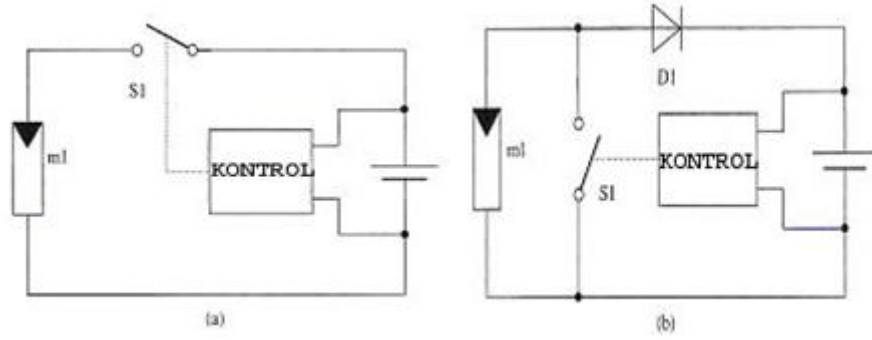


Şekil 3.48 36 Hücreli bir PV modülü için I-V eğrisi ve 12 voltluk Kurşun-Asit bir Akünün üç farklı şarj akımı için karakteristik eğrisi (Luques vd. 2002).

### 3.4.3.1.2 Anahtarlamalı Kontrol Elemanları

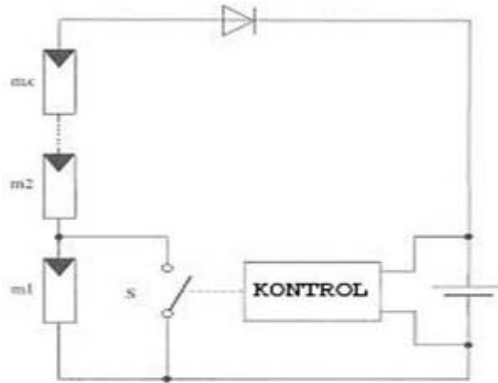
Lineer şarj kontrol elemanlarında oluşan ısı kayıpları anahtarlamalı kontrol elemanlarının kullanılması ile ortadan kaldırılabilir. Bu sistemlerde, Kontrol elemanı ya tamamen açıktır (blok engel durumu) ya da tamamen kapalıdır (iletim durumu). İdeal şartlar altında, her iki durumda da güç kaybı sıfırdır. Çünkü kontrol elemanında ki voltaj yada akımdan birisi sıfırdır ( $Güç = Gerilim \times Akım$ ). Önceki sistemde olduğu gibi, bu sistemde de ilave bir enerji kazancının PV sisteminin bir fonksiyonuyla ilişkisinin olmadığına dikkat edilmelidir. Ancak, ısı üretimindeki azalma eleman maliyetlerinde (soğutucu plaka) bir tasarruf sağlar ve daha düşük eleman sıcaklıklarından dolayı sistemin güvenilirliğini artırır.

Şekil 3.49.a'da görüldüğü gibi (Luques vd. 2002) seri bir kontrol elemanında, şarj akımı, güneş jeneratörü ile seri bağlanmış bir anahtarlama elemanı olarak röleler



Şekil 3.49. (a)Seri ve (b)Paralel Kontrol Elemanlarının Prensibi.

kullanılmakta idi fakat bugün pek çok uygulamada yarı iletken teknolojisi ile üretilmekte olan mosfetler kullanılmaktadır. Seri kontrol elemanlarının ilave bir avantajı da diğer enerji kaynakları içinde uygulanabilir olmasıdır. Bunun nedeni de kısa devre toleranslarının olmamasıdır. Örneğin rüzgar jeneratörü uygulamaları içinde oldukça uygundur. Ayrıca, paralel kontrol elemanları ile kıyaslandığında, anahtar için gerilim dalgalanması daha düşüktür. Tam dolu bir aküde, Güneş jeneratörü açık devre modunda çalışır.



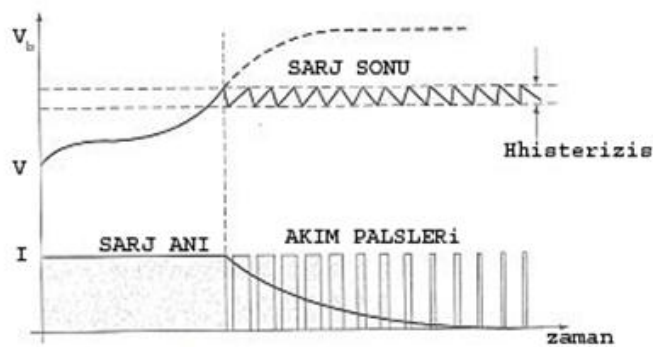
Şekil 3.50. Yüksek gerilim sistemleri için kısmi şönt kontrol sistemi (Luques vd. 2002).

Şekil 3.49.b' de şönt de denilen paralel bir kontrol cihazı görülmektedir. Sabit akımlı şarj modunda, modül akımı D1 diyodu üzerinden aküye akar, şarj sonu gerilimine ulaşıldığında, PV modülü S1 anahtarı ile kısa devre edilir. Bu durumda blok diyodu panele akacak ters bir akımı engellemektedir. Ayrıca, gece boyunca PV ye doğru oluşabilecek deşarj akımını bastırmaktadır. Seri kontrol devrelerine karşın, bu tür devreler tamamen boşalmış bir aküde şarja başlarken güvenli olacaktır. Çünkü,

anahtar akü tamamen dolduğunda enerjilenebilecektir. Hibrid şarj kontrol cihazları, aslında engelleme diyodunun şarj modunda ikinci bir transistorle bypass edilmesiyle modifiye edilmiş bir şönt kontrol devresidir. Bu durum kontrol elemanındaki güç kayıplarını azaltır dolayısıyla soğutucu plaka daha küçük seçilir ve ısıl gerilmeler daha düşük seviyede gerçekleşir. Diğer bir şönt kontrol tipi de, yüksek voltajlı sistemler için geliştirilmiş olan kısmi şönt kontrol sistemi olup şekil 3.50'de görülmektedir.

### 3.4.3.2 Şarj Kontrol Teknikleri

Şarj sonu gerilimine ulaşıldığı ilk anda aslında batarya tam olarak dolmamıştır. Akünün şarj sonu geriliminde tutulması sağlanarak %5-%10 luk şarj kaybının telafisi sağlanabilir. Bu sabit voltaj durumunda, şarj akımı yavaşça azaltılır. İki pozisyonlu kontrolde, şarj akımı, şarj sonu gerilimine ulaşır ulaşmaz seri anahtar açılarak yada şönt anahtar kapatılarak sıfıra indirilir. Bunun sonucu, batarya terminal gerilimi azalır. Şarj akımı, şarj sonu gerilimden 5-50mv/cell daha düşük bir eşik geriliminin altına düştüğünde yeniden uygulanır. Bu işlem seri olarak periyodik biçimde tekrarlanır ve şarj palsleri daha kısa bir hale gelir. Kutup gerilimleri sabit iken, ortalama şarj akımı azalır. Yukarıda tanımlanan çevrimin periyodu sabit değildir ve akü kapasitesine, şarj durumuna, şarj yada deşarj akımına bağlıdır, bu periyot mili saniye ile dakika arasında değişir.



Şekil 3.51. Şarj süresince Akü gerilimi ve Akımı (Luques vd. 2002).

Pratikteki ikinci kontrol rejimi ise darbe genişlik modülasyonu (Pulse-width modulation) denilen iki adımlı kontrol elemanı gibi çalışır. Fakat kontrol elemanının anahtarlama frekansı sabittir. Genellikle frekans 100 Hz dir. Sabit akımla şarj durumunda, anahtar sürekli olarak kapalıdır ve aküye tam şarj akımı akar, şarj sonu

gerilime ulaşıldığı zaman şarj zamanı ve çevrimin periyodu arasındaki oran pwm ile sifıra doğru azalacaktır. Yukarıda anlatıldığı üzere ortalama şarj akımı düşecek ve akü gerilimi sabit kalacaktır. PWM kontrolün bir avantajı anahtarlama frekansının bilinmesi ve sabit olmasıdır. Elektromanyetik uyumluluk problemi daha kolay çözülebilir ve ayrıca ortalama şarj akımının izlenmesi daha kolay bir hal alır.

Batarya geriliminin ve pv üreticinin gerilimi, şarj durumunun değişmesinden ve sıcaklık, ışınım gibi sınır şartlarından dolayı çalıştırılma süreci esnasında geniş bir aralıkta değişir. Direkt bağlantı yapıldığı zaman, güneş jeneratörünün gerçek ve optimum işletme voltajı (mpp voltajı) arasında bir uyumsuzluğa yol açar. Bu da enerji kayıplarına yol açar. Bu dönüştürücülerin güç durumları, buck tipi, boost tipi yada ters dönüştürücüler gibi bilinen topolojilere karşılık gelir. Kontrol bölümü özellikle pv şartlarına uygun hale getirilmiş olup iki kontrol döngüsünden oluşmaktadır. Bunların biri giriş için diğeri ise çıkış içindir. Şarj sonu gerilimine ulaşılmadığı müddetçe, giriş gerilim kontrolü pv jeneratör gerilimini dc/dc dönüştürücünün anahtarlama rejiminin (pwm) uygun olarak ayarlanması ile sabit bir seviyede tutulur. Şarj sonu gerilimine ulaşıldığı zaman, çıkış gerilim kontrolü sistemi denetim altına alınarak batarya voltajını sabit bir seviyede tutar. Bir güneş jeneratörünün maksimum güç noktasının bulunması ve izlenmesi için algoritim geliştirilmiştir. Bunları iki katagoride gruplandırmak mümkündür:

*a- Endirekt maksimum güç noktası izleyiciler :*

Bu tip mpp izleyiciler, mpp gerilimini basit kabullerle ve ölçümlerle tahmin ederler. Bazı örnekler;

Güneş jeneratörünün işletme gerilimi mevsimsel olarak ayarlanabilir. Kış aylarında, hücre sıcaklığının düşüklüğünden dolayı daha yüksek bir mpp gerilimi beklenebilir, işletme gerilimi, modül sıcaklığına uygun olarak ayarlanabilir. İşletme gerilimi, sabit bir faktörle(örneğin silikon kristalli güneş pilleri için 0,8 ) çarpılarak anlık açık devre geriliminden elde edilebilir. Açık devre gerilimi yükün 1 mili saniye için ayrılmasıyla periyodik olarak (2 saniyede bir ) ölçülür. Yukarıda bahsedilen prosedürün avantajı basit olmasıdır. Ancak onlar sadece optimum işletme noktasının bir tahminini verir.

Bunlar, güneş jeneratörünün kirlenme ve eskimeden dolayı değişen karakteristiklerine adapte olamazlar.

*b- Direkt mpp izleyiciler:*

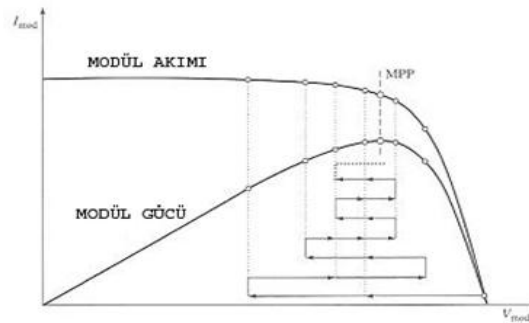
Bu sistemlerde, optimum işletme gerilimi pv jeneratörün ölçülen akım, gerilim yada güç değerinden elde edilir. Bu yüzden, bunlar jeneratörün performansındaki değişimlere tepki gösterirler,

Bazı örnekler;

-I-V eğrisinin bir bölümünün periyodik olarak taranması. Burada, modülün işletme gerilimi, DC/DC dönüştürücü vasıtasıyla, verilmiş bir gerilim aralığında değişmektedir. Maksimum modül gücü belirlenir ve sonra işletme gerilimi, voltaj seviyesi karşılığına ayarlanır. Pratikte bu işlem, DC/DC dönüştürücünün çıkış akımını ölçmekten ve onu maksimize etmekten daha kolaydır.

*'Dağ tırmanışı algoritması' :*

Burada işletme gerilimi periyodik olarak küçük adımlarla değişir. Bu artış sabit bir biçimde yada şekil 3.52'de görüldüğü gibi anlık işletme noktasına adapte edilmek şeklinde olabilir. Eğer modülün gücü (ve dolayısıyla şarj akımı) bir adımdan diğerine artarken, arama yönü sabit tutulur aksi halde adım ters döner. Bu yolla, mpp bulunur ve işletme noktası gerçek mpp civarında dengede kalır.



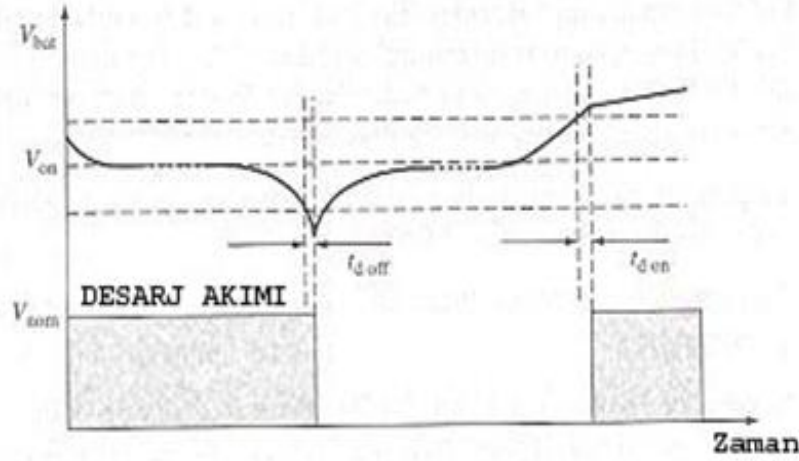
Şekil 3.52. MPP 'dağ tırmanışı' izleme algoritmasının çalışma prensibi (Luques vd. 2002).

*Derin deşarjdan koruma:*

Maksimum bir işletim ömrünün eldesinde bataryanın derin deşarjının önlenmesi önemlidir. Bu yüzden akünün şarj durumunun belirli bir seviyesinin altına düştüğü



zaman yük otomatik olarak aküden ayrılmalıdır. Yükün tekrar bağlanabilmesi için akünün şarj durumunun elverişli bir seviyeye gelmiş olması gerekecektir. Daha karmaşık ve teknolojik şarj kontrol cihazlarında derin deşarja ulaşıldığı zaman bir uyarı sinyali devresi bulunur. Hatta, farklı yükler öncelik sırasına göre devreden ayrılmaktadır. Burada, deşarj sonu seviyesinin altında 10-60 s arasında uygun bir  $t_{doff}$  gecikme zamanı olmalıdır ve bu durum şekil 3.53’de görülmektedir.



Şekil 3.53. Deşarj süresi boyunca batarya gerilimindeki ve yük akımındaki değişiklikler (Luques vd. 2002).

Bu yükün şebekeden büyük başlangıç akımlarıyla ayrılması sakıncalarını önler. Örneğin, motorlar, buzdolapları, çamaşır makinaları. Güvenlik nedenlerinden dolayı, Algoritma tabanlı derin deşarj koruma sistemleri basit eşik gerilimi tabanlı kontrol sistemi ile birlikte çalışmalıdır. Yükün yeniden bağlanabilmesi için eşik gerilimi doğru ayarlanmalıdır. Eğer bu oldukça düşük ise, bataryanın açık devre gerilimi eşiği geçecektir ve yük periyodik olarak yeniden bağlanacaktır. Koruma sistemine rağmen, akü derin deşarj olacak ve hasar görecektir.  $t_{don}$  gibi bir zaman gecikmesi, yükün yeniden bağlanmasından önce minimum bir şarj durumunu garanti etmek için uygun bir yöntemdir.

### 3.4.3.3 Şarj Kontrol Cihazları İçin Dizayn Kriterleri

#### a- Şarj hali:

Şarj sonu eşik voltajı kullanılan aküye (2,3-2,5 V/hücre-25 C) uygun olmalıdır. Aşırı hatalı ayarlamayı önlemede, ayar aralığı bu limitlerin ötesine uzamamalıdır. Şarj sonu voltajı sistem voltajına (12-24 V) otomatik olarak uyarlanabilmelidir. Eğer

batarya sıcaklığı, işletim anında ortalama sıcaklıktan  $\pm 10^{\circ}\text{C}$  daha fazla sapsması bekleniyorsa, şarj sonu gerilimi bir sıcaklık kompozisyonuna sahip olmalıdır (yaklaşık olarak hücre cell başına 4-6mv/k). Eğer sıcaklık sapsması daha küçükse, sıcaklık kompanzasyonu zorunlu değildir ve eşik ortalama batarya sıcaklığına göre ayarlanır. Eşik değeri sıcaklık ve zamana göre kararlı olmalıdır. Eğer kontrol elemanı olarak röle kullanılıyorsa, minimum anahtarlama periyodu 1 ila 5 dk olmalıdır. Şarj kontrol cihazı tüm flat aküleri şarj etmeye uygun olmalıdır. Şarj 1,5 v olan hücre voltajından başlamalıdır. Batarya gerilimi ayrılmış sensör kabloları yardımıyla kontrol edilebilir, bu durum batarya kablo sisteminin uzun mesafeli olduğu ve dar kesitli olduğu durumlarda tavsiye edilmektedir. Şarj kontrol cihazı, üreticinin tavsiyelerine göre dengeli şarj ya da gazlı şarja otomatik olarak adapte olabilmelidir. Bunlar subap korumalı akülerde gazlanmayı önleyebilmelidir. Çıkış gerilimi, bataryasız bir sistemde güvenli bir değerde sınırlandırılabilir olmalıdır.

*b- Derin deşarj koruma :*

Derin deşarj koruması uzun ve güvenilir bir servis ömrü için zorunludur. Eşik gerilim değeri hücre başına 1,5 ila 2 V arası ayarlanabilir olmalıdır. Ayarlama aralığı, aşırı derecede yanlış ayarların önlenmesi için bu oranın ötesine geçmemelidir. Eşik değeri sıcaklık ve zamana göre kararlı olmalıdır. Eşik değeri, anlık batarya akımına otomatik olarak adapte olabilmelidir. Yetersiz eşik modülasyonunda ve yükün sistemden ayrılması arasında 10 ila 60 saniyelik bir gecikme zamanı uygulanmalıdır. Derin deşarj durumuna yaklaşıldığında bir uyarı sinyali verilebilir. Yükün sistemden ayrılması, yüklerin öncelik durumlarına göre yapılmalıdır. Yük sistemden ayrıldıktan sonra aküden çekilen akım sadece sızıntı akımı olmalıdır. Yükün sisteme yeniden bağlanabilmesi için eşik değeri rölatif olarak yüksek olmalıdır. Örneğin hücre başına 2,1 volt.

*c- Verim :*

Şarj kontrolün parazitlik tüketimi, PV üreteç gücünün %0,2'sinden daha az olmalıdır. Örneğin 12V/50W lık bir kontrol cihazında 8mA den daha küçük olmalıdır. PV giriş uçları ve akü uçları arasında ölçülen gerilim düşümü tam şarj akımının %4'ten daha az olmalıdır. Örneğin, 12 V luk bir sistemde yaklaşık 0,5 V civarındadır. Yük uçları ve

akü uçları arasında ölçülen gerilim düşümü tam şarj akımının %4 ten daha az olmalıdır.Örneğin, 12V luk bir sistemde yaklaşık 0,5V civarındır.

*d- Güvenlik durumu ve kodlara uyumluluk :*

Şarj kontrol cihazının giriş voltajı ve akü voltajı sigorta ve diyotlar yardımıyla ters polarizasyona karşı korunmalıdır. Şarj kontrol cihazı PV üreticinin olası maksimum açık devre gerilimine devamlı bir surette dayanmalıdır. Bu hal, maksimum ısınım ve minimum modül sıcaklığında gerçekleşir. Giriş ve çıkışlar geçici yüksek voltajlara karşı uygun voltaj tutucularla örneğin varistörlerle, korunmuş olmalıdır. Şarj kontrol cihazı çalıştırılacağı bölgenin ortam sıcaklığına uygun olarak dizayn edilmiş olmalıdır. Şarj kontrol cihazının muhafaza kutusu kullanılacağı yere uygun olarak çevresel etkilere dayanmalıdır. Elektronik elemanlar vernikle ya da kapsülle korunmuş olmalıdır. Şarj kontrol cihazı elektrik güvenliği ve elektromanyetik uyumluluk (EMC) ile ilgili kodlara ve yönetmeliklere uygun olmalıdır. Bu cihazlar CE (communautes europeenes) etiketine sahip olmalıdır.

### **3.4.4 İnverterler**

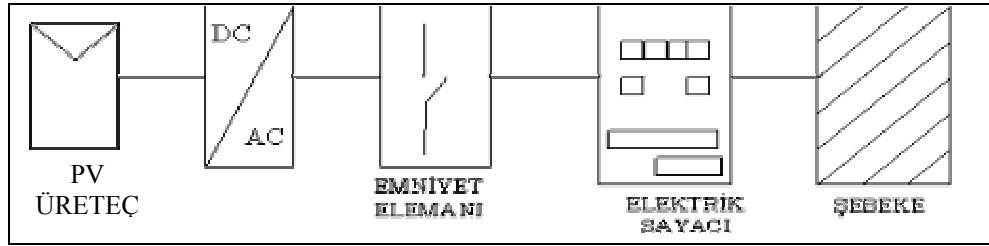
#### **3.4.4.1 PV İnverterlerinin Genel Karakteristikleri**

PV elektrik üretim maliyeti çeşitli zamanlarda, klasik elektrik üretim tekniklerinden daha pahalı olmuştur.Çevirme verimi tüm pv sistemin ekonomik yapısında daha ön plana çıkmıştır. Şebekeye enterkonnekte bağlı sistemlerde olduğu kadar şebekeden bağımsız çalışan sistemlerde de inverter önemli bir yere sahiptir.

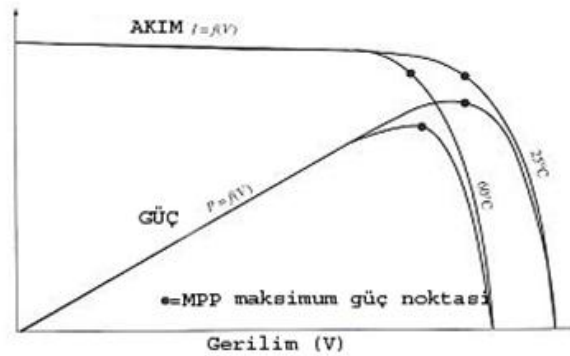
#### **3.4.4.2 Şebekeye Bağlı Sistemler İçin İnverterler**

Bu konfigürasyon esas olarak şekil 3.54'de de görüldüğü gibi; PV üreteç, inverter, emniyet elemanları ve bazı durumlarda da sayaçdan oluşmaktadır. Eğer emniyet elemanlarındaki ve sayaçtaki kayıplar ihmal edilirse; PV üreticinin reel gücü ile inverterin veriminin çarpımı bize şebekeye aktarabileceğimiz güç miktarını verir. Önemli olan belli bir periyot sonunda sistem tarafından üretilen enerjidir (örneğin işletmeye alındıktan bir yıl sonra). Bu durumda inverterin bir yıl boyunca tüm yük durumlarını içine alan esas verimi önemli bir hal alır. İnverterde ilk adım, PV

üretcin (MPP) maksimum güç noktasına karşılık gelen çalışma gerilimine ayarlanabilmeye olanak tanımaktadır (Şekil 3.55). Çoğu inverter bu işletme gerilimini sürekli olarak gerçek MPP'ye ayarlar. Bu işlem maksimum güç noktasını izleme (MPPT) olarak adlandırılır. Bu metotta çoğunlukla, maksimum güç eldesi için giriş gerilimi değiştirilerek MPPT düzenlenmesi kullanılır. Simülasyon sonucunda şebekeye bağlı PV sistemlerinde CV işlemi düzgün ayarlama yapıldığı zaman sadece %1 ila %2 arası bir kayba yol açmaktadır. PV enerjisinin optimum kullanılmasında MPPT ve CV işlemi eşit gibi görünmektedir. Bunların çalışma prensiblerinden birisi, çoğunlukla küçük ölçekli PV sistemlerde ( $P \leq 5\text{KWp}$ ) kullanılan tek fazlı inverterler MPP'den DC dalgalanmalar sebebiyle sapmalar gösterirler. Bunu şöyle açıklayabiliriz; AC güç şebekeye verilirken, besleme akımı şebeke voltajı ile aynı fazda olmalıdır yani güç faktörü ( $\cos\phi$ ) 1'e eşit olmalıdır.(Şekil 3.56)



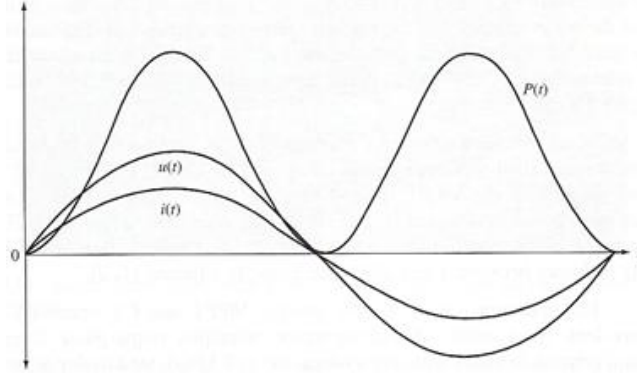
Şekil 3.54. Şebekeye bağlı bir PV sistemin genel yapısı (Luques vd. 2002).



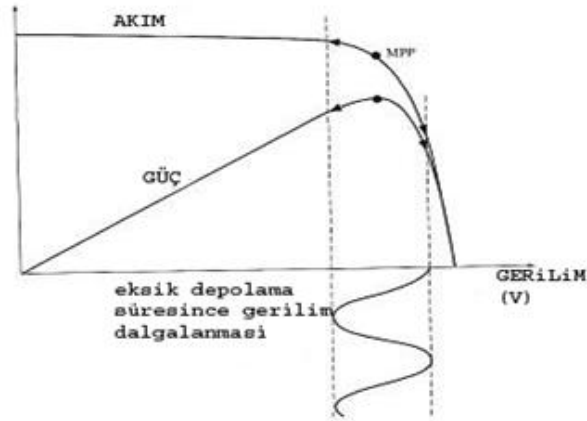
Şekil 3.55. Farklı modül sıcaklıkları için maksimum güç noktası (MPP) (Luques vd. 2002).

PV üreteç sürekli ve hemen hemen sabit güç sağladığından ve şebekeye güç enjektisinde, her bir tek fazlı inverter bir depolama elemanına ihtiyaç duyar. Depolama elemanı olarak bir kondansatör ya da bobin kullanılabilir. Ekonomik sebeplerden dolayı bu depolama elemanları sınırlı olmalıdır. Gerilim dalgalanması

tüm tek fazlı inverterlerin DC bölümünde olabilir. Bu dalgalanmalar PV üreticinin MPP'den sapmasına yol açar. Bu durum şekil 3.57'de görülmektedir.



Şekil 3.56. Tek Fazlı şebekeye güç enjektisinde depolama elemanına ihtiyaç vardır(Luques vd. 2002).



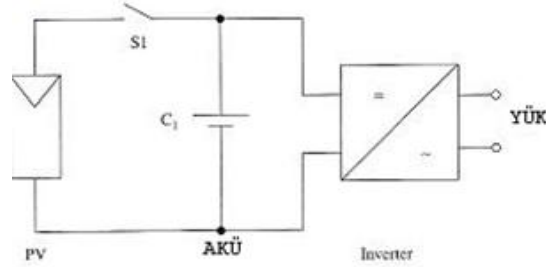
Şekil 3.57. Tek fazlı inverterlerin çalışma prensibinde DC gerilimin MPP noktasından sapması (Luques vd. 2002).

### 3.4.4.3 Bağımsız (Tek Başına) Çalışma Durumu İçin İnverterler

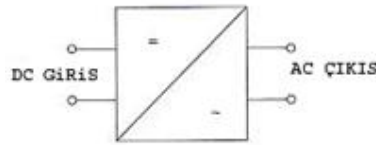
Bu tip inverterler genellikle aküleri besleme de kullanılır. Bunlar yükün durumu ne olursa olsun sabit gerilim ve frekans sağlamak zorundadırlar. Hibrid PV sistemlerinde, çift yönlü modda çalışabilir olmalıdır. Bunun anlamı AC modda çalışırken üretilen güç miktarında fazlalık var ise bu fazla güç miktarı ile de akü şarj edilmelidir. Temelde, şebekeye bağlı ve bağımsız tip çalışan inverterlerin her ikisi de güç elektroniğine uygun olan benzer donanım elemanlarından oluşurlar. Farklılıklar ise inverterlerin kontrolünde ortaya çıkmaktadır.

### 3.4.4.3.1 Genel Bakış

Temelde inverterler doğru akımı (DC), istenen bir AC frekansa doğru akım polaritesinin ritmik olarak ters çevrilmesiyle, alternatif akıma (AC) çevirirler. Şekil 3.58'de görülen inverter, Şekil 3.59'da görüldüğü gibi sembolize edilir.



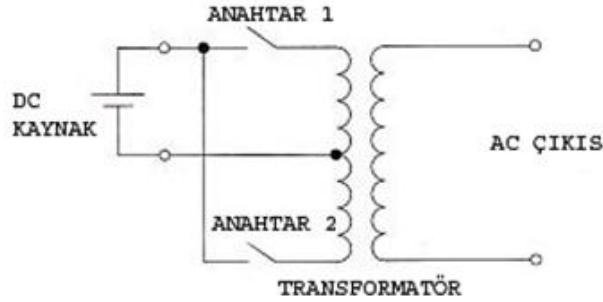
Şekil 3.58. Bağımsız bir inverterin dizaynı (Luques vd. 2002).



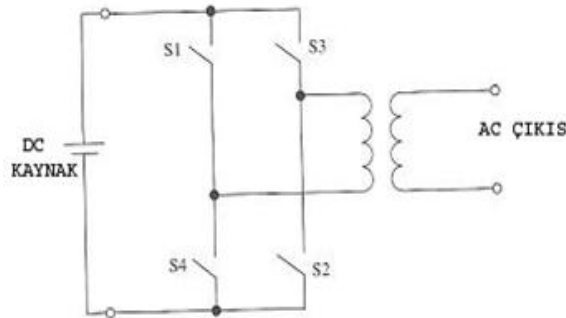
Şekil 3.59. İnverterin sembolize edilmesi.

### 3.4.4.3.2 Kare Dalga İnverterler

Şekil 3.60'da basit bir uygulama tipi görülmektedir.



Şekil 3.60. Basit bir inverterin Kare dalga AC çıkış örneği (Luques vd. 2002).



Şekil 3.61. H köprü tipi inverter (Luques vd. 2002).

Trafonun Primer sargısındaki AC, 1 ve 2 anahtarlarının kurallı bir şekilde kapatılmasıyla elde edilir. Eğer 1 nolu anahtar kapalı ise 2 nolu anahtar bunun tersine açık konumdadır. AC çıkıştaki gerilim, kare dalga olduğundan dolayı omik yüklerde (Akkor Flamanlı lambalar,vb.) kullanılabilir. Şekil 3.61’de de görüldüğü gibi ikiden fazla anahtar kullanılırsa iki bölümden oluşan Primer sargı tek bölüme indirgenebilir.

Bu tip dizaynda, anahtarlar ikili çiftler halinde kurallı bir biçimde açılır ya da kapanır. Örneğin  $S_1$  ve  $S_2$  ile  $S_3$  ve  $S_4$  birer grup oluştururlar. Bu dönüşüm sadece gerilim dönüşümünde gereklidir.

#### **3.4.4.3.3 Sinüsoidal AC Çıkışlı İnverterler**

Pek çok tüketici ve elektrik şebekesi temelde sinüs dalga geriliminde çalıştığından, daha kaliteli olan inverterler bu tipte bir AC çıkış verebilmektedir. Bu gerilim formu gerilim dönüşümü prensipleriyle elde edilebilir.en çok bilinen dönüşümlerin isimleri step-down ve step-up dönüştürücü ve bu iki tipin kombinasyonu olan dijital sentezdir.

#### **3.4.5 Güneş İzleme Sisteminde Kullanılan Teknoloji**

##### **3.4.5.1. PIC Çeşitleri**

Microchip ürettiği mikrodenetleyicileri 4 farklı gruba (genellikle aile diye adlandırılır) ayırarak isimlendirilmiştir. PIC ailelerine isim verilirken kelime boyu ( word length ) göz önüne alınmıştır. Microprocessor veya mikrodenetleyiciler kendi içlerindeki dahili veri saklama alanları olan registerleri arasındaki veri alış verişini farklı sayıdaki bit’lerle yaparlar. Örneğin 8088 micro işlemci çip içerisindeki veri alış-verişini 16-bit ile yaparken, Pentium işlemcileri 32-bit’lik verilerle iletişim kurarlar. Bir CPU veya MCU’nun dahili veri yolu uzunluğuna *kelime boyu* denir.

Microchip PIC’leri 12/14/16 bit’lik kelime boylarında üretmektedir ve buna göre aşağıdaki aile isimleri verilmektedir.

PIC16C5XX ailesi 12-bit kelime boyu,

PIC16CXXX ailesi 14-bit kelime boyu,

PIC17CXXX ailesi 16-bit kelime boyu,

PIC12CXXX ailesi 12-bit/14-bit kelime boyuna sahiptir.

Bir CPU veya MCU'nun chip dışındaki harici ünitelerle veri alışverişini kaç bit ile yapıyorsa buna *veri yolu* bit sayısı denir. PIC'ler farklı kelime boylarında üretilmelerine rağmen harici veri yolu tüm PIC ailesinde 8-bit'tir. Yani bir PIC, I/O portu aracılığı ile çevresel ünitelerle veri alışverişini yaparken 8-bit'lik veri yolu kullanır. PIC programlayıcıları program kodlarını yazarken bir komutun kaç bit'lik bir kelime boyundan oluştuğuyla pek fazla ilgilenmezler. Seçilen bir chip'i programlarken uyulması gereken kuralların ve o chip'le ilgili özelliklerin bilinmesi yeterlidir. Bu özellikler PIC'in bellek miktarı, I/O portu sayısı, A/D dönüştürücüye sahip olup olmadığı, kesme ( interrupt ) fonksiyonlarının bulunup bulunmadığı, bellek tipinin ne olduğu ( Flash, EPROM, EEPROM, vs) gibi bilgilerdir. Bu özelliklerin en son değişikliklerini içeren güncel ve tam bir listesine microchip'in kataloglarından ulaşmak mümkündür.

### 3.4.5.2 PIC Bellek Çeşitleri

Farklı özellikte program belleği bulunan PIC'ler microchip firması tarafından piyasaya sürülmektedir. Bunlar :

- Silinebilir ve programlanabilir bellek ( Erasable PROgrammable Memory – EPROM)
- Elektriksel olarak silinebilir ve programlanabilir bellek ( Electriclly Erasable PROgrammable Memory – EEPROM). FLASH bellek olarak da adlandırılır.
- Sadece okunabilir bellek. ( Read – Only Memory – ROM )

Her bellek tipinin kullanılacağı uygulamaya göre avantajları ve dezavantajları vardır. Bu avantajlar; fiyat, hız, defalarca kullanmaya yatkınlık gibi faktörlerdir.

EPROM bellek hücrelerine elektrik sinyali uygulayarak kayıt yapılır. EPROM üzerindeki enerji kesilse bile bu program bellekte kalır. Ancak silip yeniden başka bir program yazmak için ultra-viole ışını altında belli bir süre tutmak gerekir. Bu işlemler EPROM silici denilen özel aygıtlarla yapılır. EPROM bellekli PIC'ler iki



farklı ambalajlı olarak bulunmaktadır.

- Seramik ambalajlı ve cam pencereyi olan tip, silinebilir olan tiptir.
- Plastik ambalajlı ve penceresiz olan tipler ise silinemez OTP tiptir.

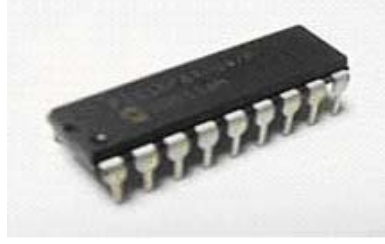
Seramik ambalajlı ve pencereyi olan bellek içerisindeki programın silinmemesi için pencere üzerine ışık geçirmeyen bir bant yapıştırılır. Ultra-viole ışığı ile silinmesi istenildiğinde bu pencere açılır ve silici yığıt içerisinde belirli bir süre bekletilir. Plastik ambalajlı EPROM'lar ise programlandıktan sonra silinmesi mümkün değildir ve fiyatı silinebirelere göre oldukça ucuzdur. Silinemeyen tipe OTP ( One Time Programmable – Bir defa programlanabilir ) olarak adlandırılır.



Şekil 3.62. Seramik ambalajlı cam pencereyi PIC16C57.

EEPROM belleği bulunan bir PIC içerisinde program yazmak için PIC programlayıcı vasıtasıyla elektriksel sinyal gönderilir. EEPROM üzerindeki enerji kesilse bile bu program bellekte kalır. Programı silmek veya farklı yeni bir program yazmak istenildiğinde PIC programlayıcıdan elektriksel sinyal gönderilir. Bu tip belleğe sahip olan PIC'ler genellikle uygulamalı geliştirme amacıyla kullanılırlar. Microchip bu tip belleğe çoğu zaman FLASH bellek olarak da adlandırılır. Fiyatı silinemeyen tiplere göre biraz daha pahalıdır. Bellek erişim hızları ise EPROM ve ROM'lara göre daha yavaştır. PIC 16C84 ve PIC 16F84'ler bu tip program belleğine sahiptir.

ROM program belleğine sahip PIC'ler programları fabrikasyon olarak yazılırlar. EPROM ve EEPROM eşdeğerine nazaran fiyatları oldukça düşüktür. Ancak fiyatının düşüklüğünden dolayı gelen avantaj bazen çok pahalıya mal olabilir. ROM bellekli PIC programının fabrikasyon olarak yazılması nedeniyle PIC'in elde edilme süresi uzundur. Programda oluşabilecek bir hatanın PIC'e yazdıktan sonra tespit edilmesi, eldeki tüm PIC'lerin atılmasına da neden olabilir. Bu tip PIC'ler çok miktarda üretilecek bir ürünün maliyetini düşürmek amacıyla seçilir. Program hataları



Şekil 3.63. Flash program belleğine sahip PIC16F84.

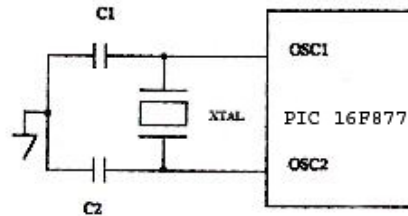
giderilemediği için uygulama geliştirmek için uygun değildirler. Microchip, ROM program bellekli PIC'lere parça numarası verirken "CR" ( PIC16CR62, PIC16CR84 gibi ) harfler kullanılır (Altınbaşak, 2004).

### 3.4.5.3 Osilatör Devresi

PIC16F877'nin değişik osilatör imkanları ile zamanlaması yapılabilir. Kullanıcı FOSC 1 ve FOSC 2 hazırlama bitleri ile aşağıdaki dört seçenektan birini tercih eder.

- LP Düşük güçlü osilatör
- XT Kristal / Rezonatör
- HS Yüksek hızlı kristal / rezonatör
- RC Direnç – Kapasitör

XT, LP, HS seçimlerinde kristal veya seramik rezonatör, tümleşik devrenin 13 numaralı bacağı OSC 1 / CLKIN ile 14 numaralı bacağı OSC 2 / CLKOUT'a bağlanabilir. Bağlantı biçimi Şekil 3.64'deki gibidir.



Şekil 3.64. Kristal veya seramik rezonatör bağlantı biçimi.

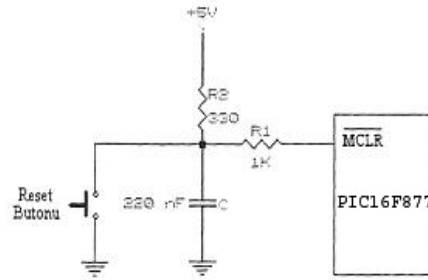
Tasarımda 4 MHz'lik kristal osilatör (XT) kullanıldı, C1 ve C2 kapasitörleride Tablo 3.6 aracılığıyla 15 pF seçildi ve Şekil 3.64'deki bağlantı biçimi uygulanabilir.

Tablo 3.6. Kristal osilatör için kapasitör seçimi.

Osilatör Tipi	Kristal Frekansı	C 1 Değeri	C 2 Değeri
LP	32 kHz	33 pF	33 pF
	200 KHz	15 pF	15 pF
XT	200 kHz	47 – 68 pF	47 – 68 pF
	1 MHz	15 pF	15 pF
	4 MHz	15 pF	15 pF
HS	4 MHz	15 pF	15 pF
	8 MHz	15 – 33 pF	15 – 33 pF
	20 MHz	15 – 33 pf	15 – 33 pF

#### 3.4.5.4. Reset Devresi

Herhangi bir ihtiyaç durumunda yazılımı tekrar baştan çalıştırmak için, tüm devreyi beslemeye yarayan anahtarı kullanmamak amacıyla butonlu bir reset devresi eklenebilir. Buna ait devre aşağıdaki gibidir.



Şekil 3.65. Reset devresi.

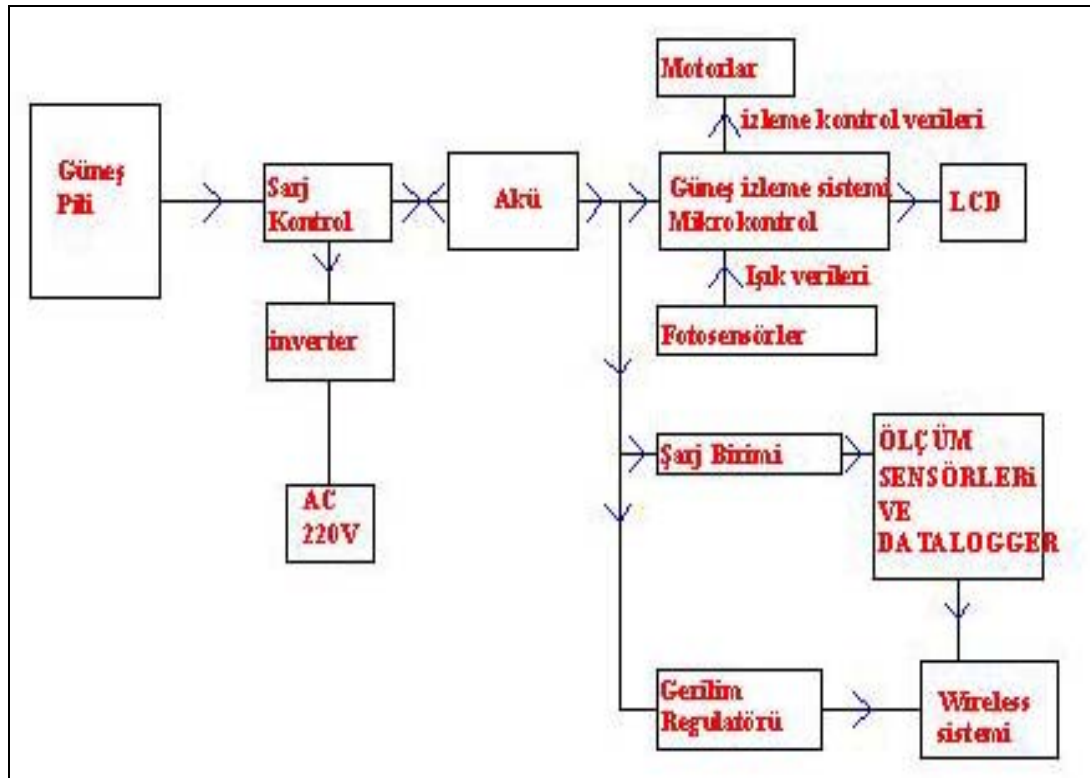
### 3.5. MATERYAL

#### 3.5.1. Çalışmada İncelenen Parametreler ve İzlenen Yöntem

Sistem düşey ekseninde izlemede  $+70^{\circ}$  ve  $-70^{\circ}$ , yatay ekseninde ise  $360^{\circ}$ 'lik bir hareket (izleme) kabiliyetine sahiptir. Kullanılan güneş pili solar panel #686- SP250-12V olup  $V_{oc} = 18V$ ,  $I_{max} = 250 \text{ mA}$ ,  $P_{max} = 4,5 \text{ W}$  gücündedir. Sistem, tüm enerjisini güneş pillerinden almaktadır. Sistem çıkış gerilimleri DC (+12 V, +5 V, +9 V, +24 V) ve AC (220 V 50Hz 300 W) dır. Tasarımı ve imalatı yapılan sistemin blok diyagramı şekil 3.66'daki gibidir.

Güneşin izlenmesi konusunda modülün x ve y eksenlerindeki hareketinin sağlanması için gerekli güneş açılarının değişiminin ölçülerek değerlendirilmesi, modülün izleme konum parametrelerinin belirlenmesi, meteorolojik verilerden bulutlu gün sayısına bağlı olarak akü depolama kapasitesinin belirlenmesi, güneş ışınımını tespit

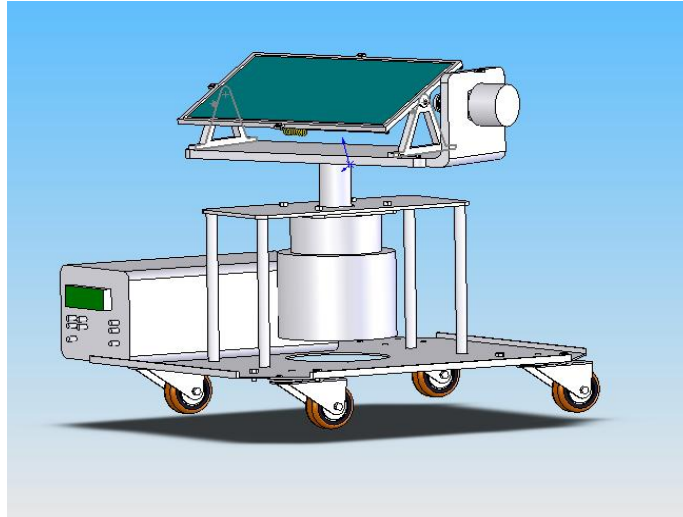
ve takip edecek elektronik devredeki fotooptik algılayıcıların seçimi ve izleme mekanizmasına komuta edecek elektronik devre parametrelerinin tespit edilerek gerçekleştirilmesi, mekanizmaya optimum hareket kabiliyeti kazandıracak makine elemanları ve mekanizmaların seçimi ve konum parametrelerinin belirlenerek imalatın gerçekleştirilmesi, sisteme uygun pv, inverter, şarj kontrol cihazı ve depolama elemanının seçilmesi ve buna uygun inverter ve şarj kontrol cihazının imalat parametrelerinin belirlenerek imal edilmesi, sisteme uygun ölçü sistemleri uyum parametrelerinin belirlenerek uygun ölçü sistemlerinin seçiminin yapılması ve buna bağlı olarak kablosuz veri aktarımı (wireless) sisteminin tasarlanması sırasıyla incelenmiş parametrelerdir.



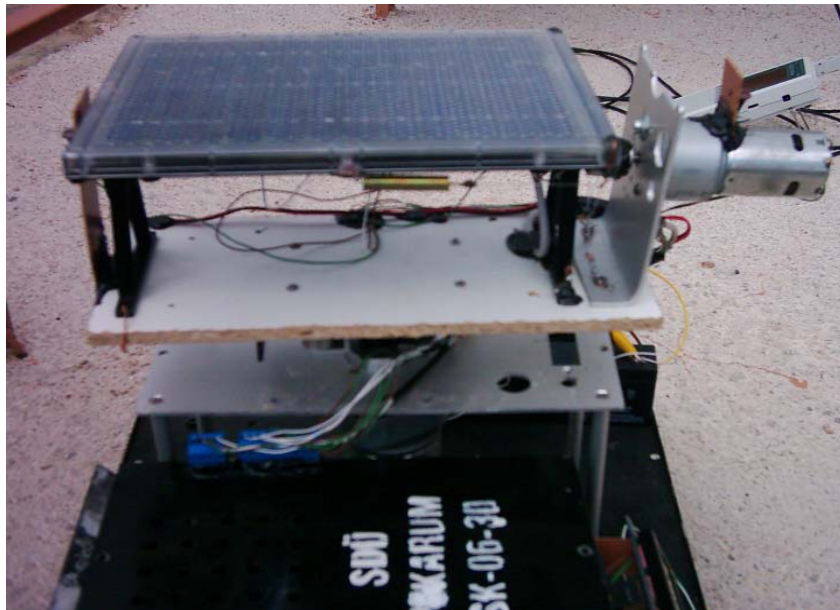
Şekil 3.66. Sistemin blok diyagramı.

Sistemin tasarımında ayrıca kullanılacak olan bütün elektronik ekipmanlar belirlenmiş ve güneş izleme sistemi için gerekli yazılımlar gerçekleştirilmiştir. Ayrıca sistemin tasarımı tamamlandıktan sonra imalatına geçilmiştir. Öncelikle mobil ölçüm istasyonunun araç metal alt kaidesinin imalatında 4 adet teker kullanılarak hareketli hale getirilmiştir (Daha sonraki çalışmalarda bu sistemin tamamen motorlu bir hareketle tasarımı gerçekleştirilmesi düşünülmektedir.). Daha

sonra sisteme güneş pilinin ve güneş pilini taşıyan mekanizmanın montajı gerçekleştirilerek motor bağlantısı yapılmıştır. Tasarımı ve imalatı gerçekleştirilen inverter, şarj regülatörü, güneş izleme sistemini gerçekleştiren mikrokontrol devreleri tek bir kutu içine montajlanarak sisteme bağlantısı gerçekleştirilmiştir. Foto sensörler panellerin köşelerine yerleştirilmiş olup Sisteme bir LCD ekran bağlanılarak fotosensörlerden ölçülen değerler ve motorun hareket yönleri ekrandan takip edilebilmektedir. Sistemde kullanılan mikrokontrolde PIC16F877 kullanılmış ve bunun için bir yazılım gerçekleştirilmiştir. Sistemdeki şarj kontrol cihazları 12 V , 8 Amperlik invertörler ise 12V DC / 220 V AC , 50 Hz 300 W lık bir çıkışa sahiptir.

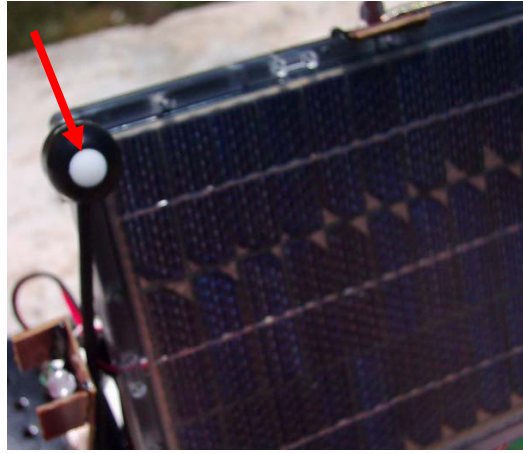


Şekil 3.67. Tasarlanan sistem.

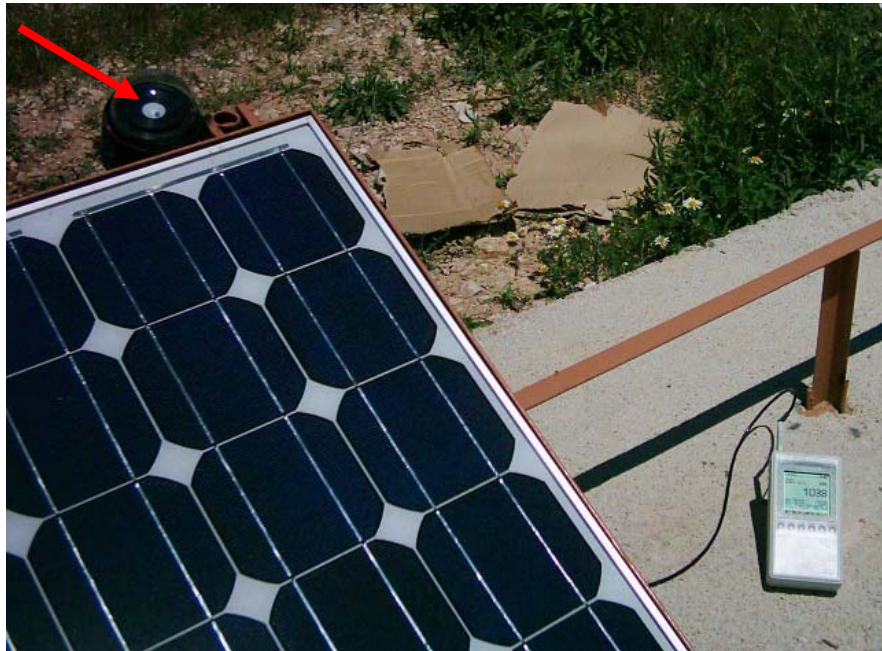


Şekil 3.68. Gerçekleştirilen sistem.

Bu çalışmada, bir güneş pili ile güneşin gün boyu izlenerek maksimum enerjinin akülerde depolanması sağlanmış, deney düzeneğinin bulunduğu bölgenin ortam sıcaklığı beşer dakika aralıklarla ölçülerek kablosuz iletişim yöntemiyle merkezdeki bir bilgisayara aktarılmıştır. Sistemin tüm bileşenlerinin verimleri hesaplanarak toplam sistem verimi elde edilmiştir. Ayrıca gün boyu güneşin izlenmesi esnasında iki ayrı toplam ışınım ölçer cihazı kullanılmıştır. Bu cihazlar S.D.Ü. YEKARUM tarafından deneyler boyunca deney düzeneklerine kurulum ve ölçüm için tahsis edilmiştir.



Şekil 3.69. Güneşi izleyen düzenekteki ışınım ölçer.



Şekil 3.70. Sabit eğimli güneşe yönlendirilmiş bir PV'ye monte edilmiş ışınım ölçer.

### 3.6. METOT

#### 3.6.1. Deney Düzeneği

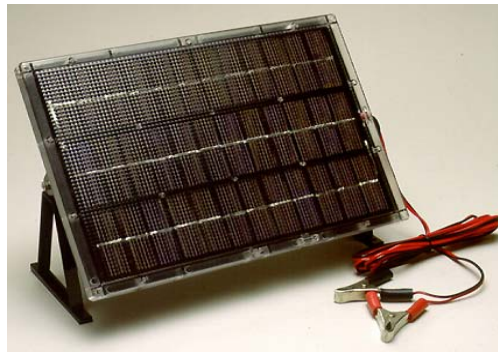
Deneyleer sırasında ölçüm cihazı olarak ; 1 adet Almemo marka 2590-9 datalogger, 1 adet Almemo marka global güneş radyasyon sensörü, 1 adet Almemo marka sıcaklık ölçüm (Cu-Ni) probu, 1 adet Hobo marka global güneş radyasyon sensörü, 1 adet Fluke (189) marka dijital multimetre, 1 adet Protek (506) marka dijital multimetre, ve tasarımları yapılan 1 adet LM35DZ içeren sıcaklık sensörü, 1 adet şarj kontrol cihazı, 1 adet inverter, bir adet güneşin konumunu belirleyen ve buna göre kontrol yapan güneş izleme kartı kullanılmıştır. Ayrıca deney düzeneğinde bir adet güneş pili, iki adet DC motor, bir adet lcd ekran, bir adet kablosuz veri aktarım modülü (alıcı, verici, anten) ve iki adet akü kullanılmıştır.

#### 3.6.2. Fotovoltaik Güneş Pili

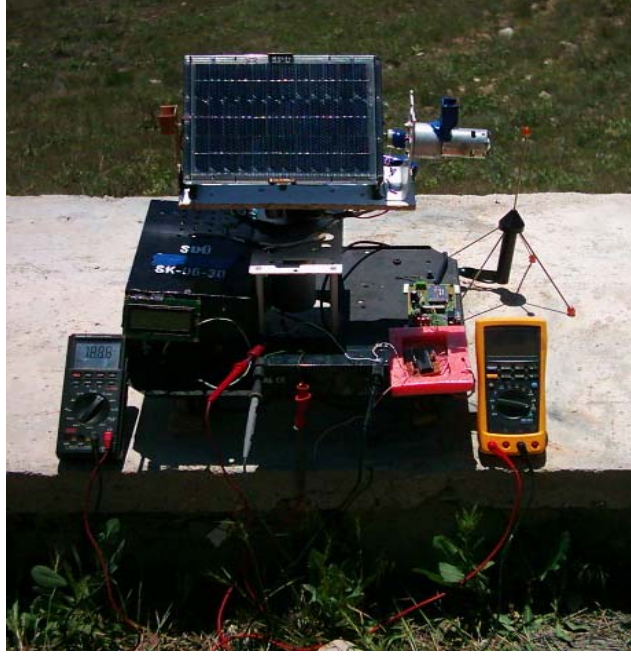
Güneş pili SOLAR PANEL marka tipinde ve 352 cm<sup>2</sup> yüzey alanına sahiptir. Tablo 3.7'de güneş pilinin standart şartlarda (1000 W/m<sup>2</sup> ışınım ve 25°C pil sıcaklığında) elektriksel ve fiziksel özellikleri verilmiştir. Sistemde kullanılan panel resim 3.71'de verilmiştir.

Tablo 3.7. Güneş pilinin özellikleri.

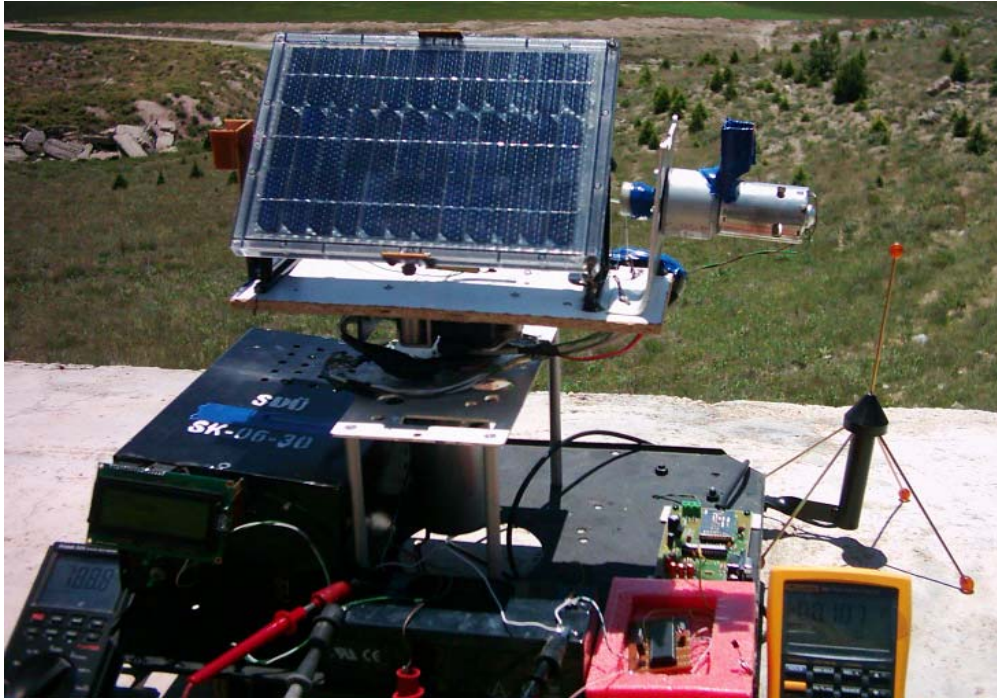
Elektriksel Özellikler	
Gerilim (Voc)	18V (max.)
Güç	4.5W
Akım (Isc)	250mA (max.)
Fiziksel Özellikler	
Hücre sayısı	Bir seride 36 adet
Birim ölçüleri (mm)	187 x 255 x 17
Birim ağırlık	450 gr



Şekil 3.71. Sistemde kullanılan güneş pili.



Şekil 3.72. Deney düzeneğinin genel görünümü.

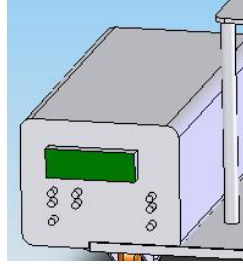


Şekil 3.73. Deney düzeneğinin yakından görünümü.

### 3.6.3. Sistem İçin Tasarlanan Kontrol Üniteleri

Bu sistem için şarj kontrol devresi, inverter, güneş izleme sistemi gibi amaca uygun ekipmanlar geliştirilerek bunlar tek bir kutu içerisine montajlanmıştır. Şekil 3.74'de tasarlanan kontrol ünitesi ve şekil 3.75'de gerçekleştirilen kontrol ünitesi görülmektedir.





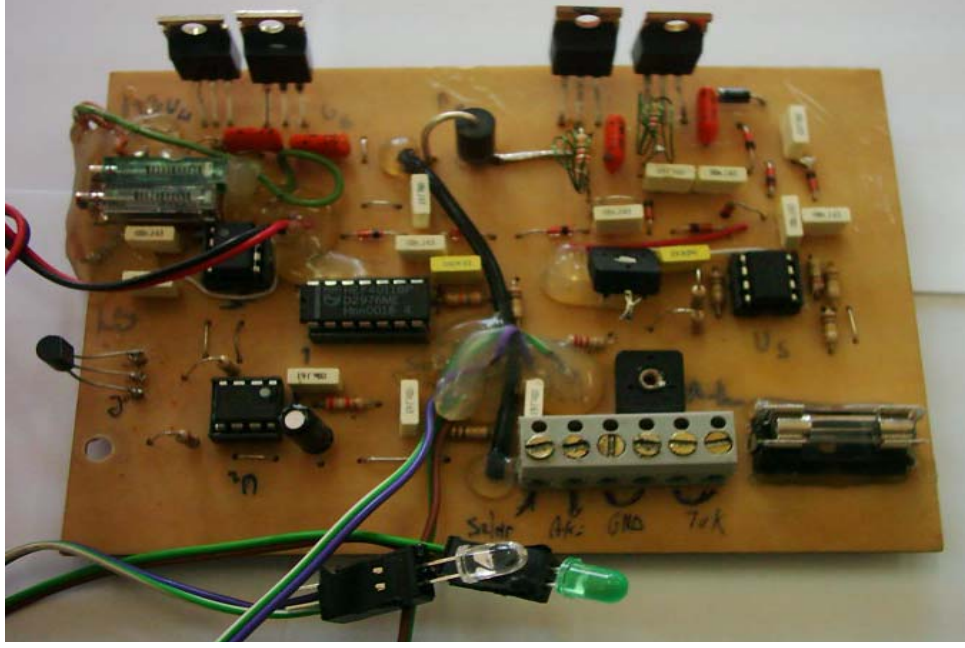
Şekil 3.74. Tasarlanan kontrol ünitesi.



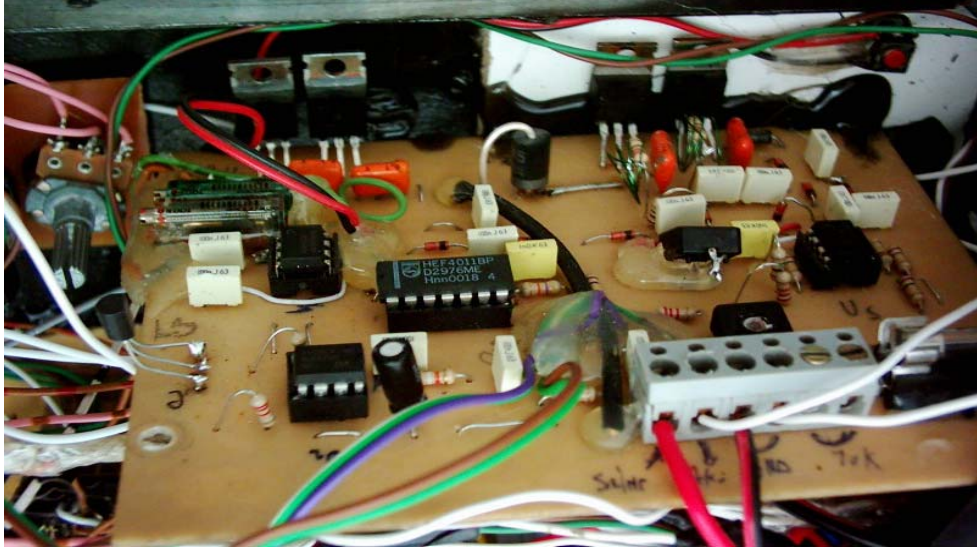
Şekil 3.75. a) Gerçekleştirilen kontrol ünitesi. b) kontrol ünitesi LCD ekranı

#### 3.6.4. Şarj Kontrol Devresi

Güneş pilinden alınan gerilim, gelen güneş ışınımına bağlı olarak 0-18 Volt arasında sürekli değişmektedir. Ancak akümülatör en fazla 14 V gibi bir gerilimle şarj edilebilir. Şarj gerilimindeki yüksek değerler aküye zarar verecektir. Ayrıca aküden çekilen akım sonucu akü kapasitesinin belirli bir değerin altına inmesi de akünün tekrar şarjını zorlaştırmakta ve akünün ömrünü azaltmaktadır. Bu sebeple şarj kontrol devresinin çıkışındaki gerilim 14 V'a ayarlanmış ve düşük voltaj durumunda akünün sistemden ayrılması (LVD) için bir koruma devresi eklenmiştir. Bu sayede akünün hem fazla şarjı hem de aşırı deşarjı engellenmiş olur. Tasarımı gerçekleştirilen kart maksimum 8 A akım taşıma kapasitesine sahiptir. Güneş izlemeli mobil ölçüm istasyonu prototipinde kullanılan güneş pili için bu değer fazla gibi görünse de mobil ölçüm istasyonunun günlük hayatta kullanılabilecek boyutlarda imali söz konusu olduğunda rahatlıkla kullanılabilecek durumdadır. Bu şartlar altında bu kart 12V, 6-7A, 120 W'lık bir güneş pili ile rahatlıkla kullanılabilir.



Şekil 3.76. Şarj kontrol kartından görünüm.



Şekil 3.77. Şarj kontrol kartının kontrol ünitesi içine yerleşiminden bir görünüm.



### 3.6.5. Akümülatör

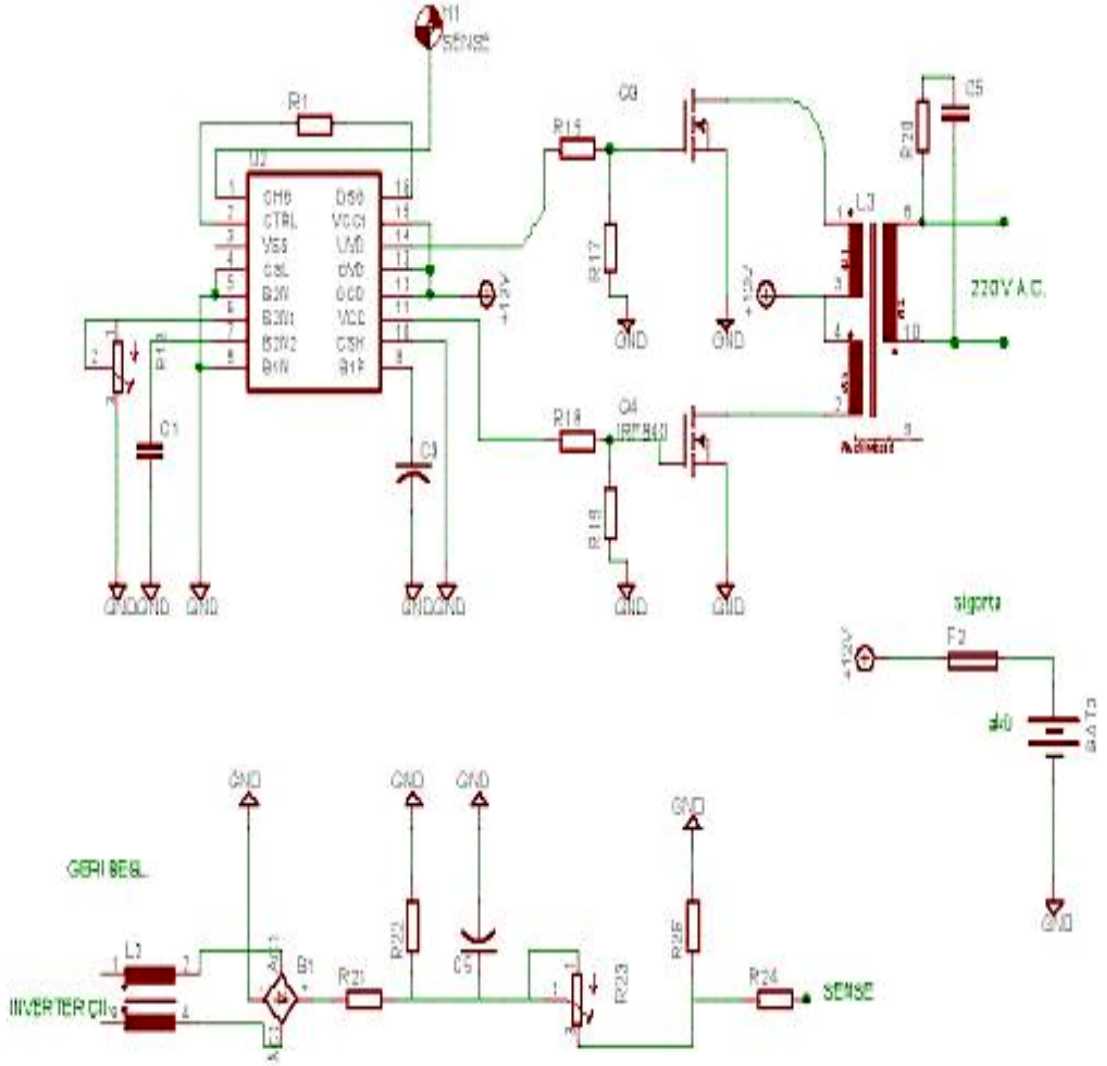
Deneyleerde HUANYU (HYS1223) marka kuru tip kurşun-asit akümülatörler kullanılmıştır. Teknik ve fiziksel özellikleri tablo 3.8’de verilen akümülatörler yapıları gereği doğru akımla şarj ve deşarj edilirler.

Tablo 3.8. Huanyu HYS1223 marka kuru tip akümülatörün teknik ve fiziksel özellikleri (20 °C).

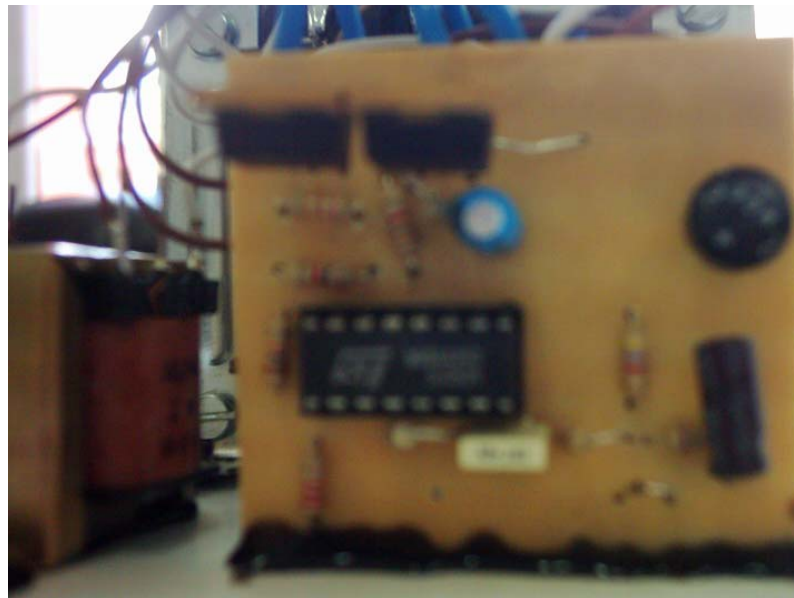
Elektriksel Özellikler	
Nominal gerilim	12 V
Nominal Kapasite	2.3 Ah
0.05C <sub>20</sub> (0.115A)	2.3 Ah
0.5C <sub>20</sub> (1.15A)	1.73 Ah
1C <sub>20</sub> (2.3A)	1.27 Ah
3C <sub>20</sub> (6.9A)	0.86 Ah
İç direnci (25 °C)	50 mΩ
Self deşarj (20 °C)	<0.8% hafta başına
Ömrü (20 °C)	3-5 yıl
İşletme şartları	-20 °C .....+45 °C
Fiziksel Özellikler	
Uzunluk	178 mm
Genişlik	34 mm
Yükseklik	60 mm

### 3.6.6. İnvörtör (DC/AC Çevirici) Devresi

Şebeke gerilimi ile çalışan cihazları 12 V’luk akü sistemi ile çalıştırmaya yarayan 300 Watt’lık bir invertör devresi kullanılmıştır. Darbe genişlik modülasyonu (PWM) entegresi çıkışlarına bağlı olan güç mosfetleri ile akü gerilimi, transformatörün primer sargıları üzerinde anahtarlandığında transformatör çıkışında 220V AC gerilim elde edilir. Elde edilen çıkış geriliminin dalga şekli sinüs dalga şekline yakın olup, çıkışta kullanılan direnç ve kondansatör sayesinde çıkış dalga şekli daha da düzeltilmiş olur.



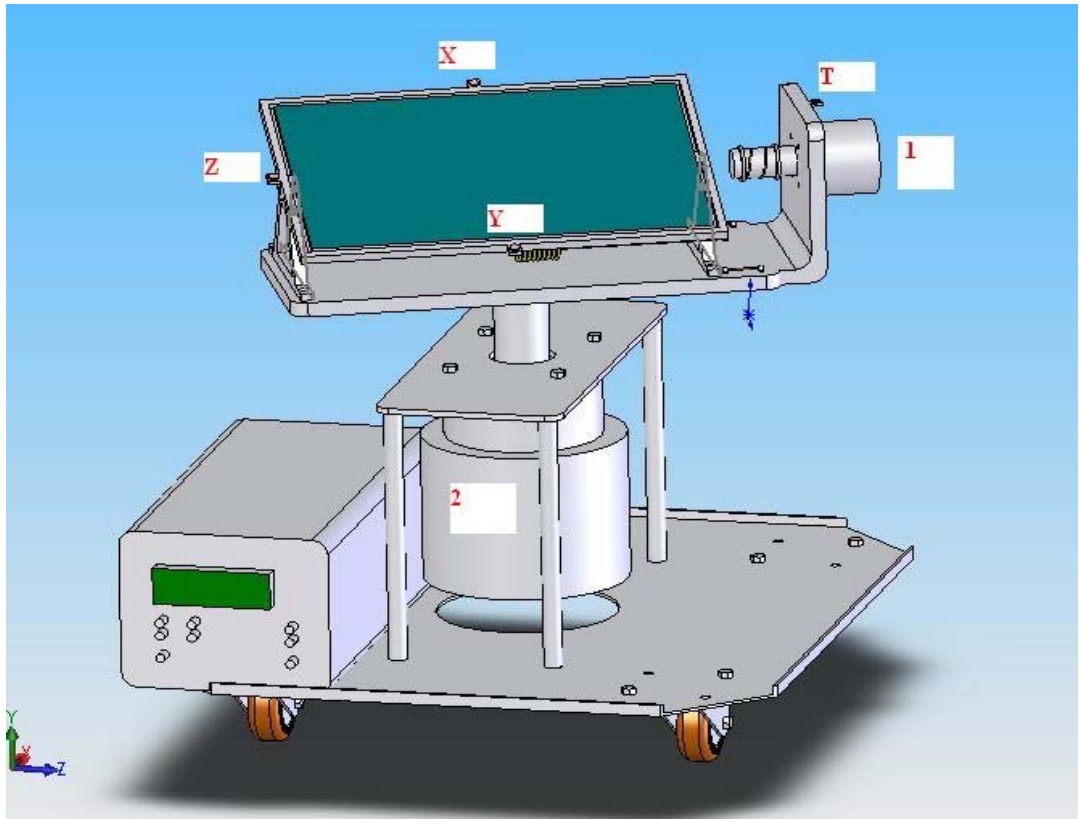
Şekil 3.79. Sistemde kullanılan inverterin devre şeması.



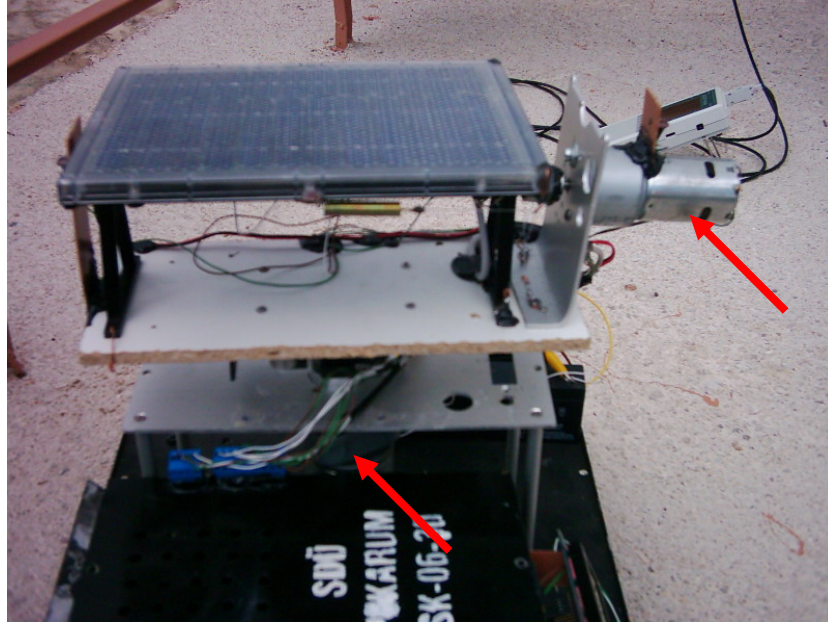
Şekil 3.80. Sistemde kullanılan inverterden görünüm (kontrol kartı).

### 3.6.7. Motorlar

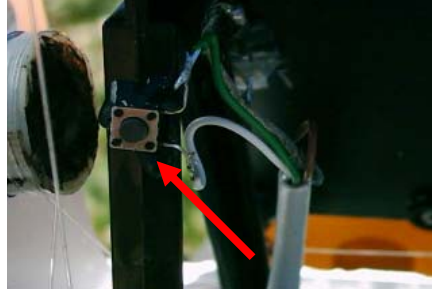
Sistemde kullanılan motorlar, panele ve panel altındaki düzleme birer mekanizma yardımı ile tutturulmuştur. 1 numaralı motor X ve Y'den aldığı ışık değerlerine göre panele, 2 numaralı motor ise Z ve T den aldığı ışık değerlerine göre panele hareket vermektedir (Şekil 3.81). 1 nolu motorun hareket kabiliyeti her iki yönde de iki adet sınır anahtarı kullanılarak sınırlandırılmıştır. Motorların devir yönlerinin değişimi güneş izleme kartındaki verilere göre röleler ile yapılmıştır. Bu sistemde röle kullanımının amacı motorların devir yönü değişimlerinde yüksek akım çekmesi durumunda arıza yapma olasılığı düşünülerek kullanılmış bir yöntemdir. Aynı işlemi transistörler ile yapmak da mümkündür ancak sistemin ileride daha büyük boyut ve güçlerde yapılabileceği de düşünülerek yüksek akımlardan dolayı oluşabilecek arızalar sonucu transistörlerin yanma olasılığı oldukça yüksektir. Röleler hem ucuz hem de piyasada kolaylıkla bulunabilmektedir. Bu sayede sistemin büyük güçlü olması durumunda daha uzun ömürlü ve güvenilir çalışması sağlanmış olur. Röle sistemine ait bağlantı şekli güneş izleme kartı şekliyle birlikte ileride verilmiştir.



Şekil 3.81. Tasarlanan motorların yerleşim planı ve hareket doğrultuları.



Şekil 3.82. Gerçekleştirilen sistemdeki motorların yerleşimleri.



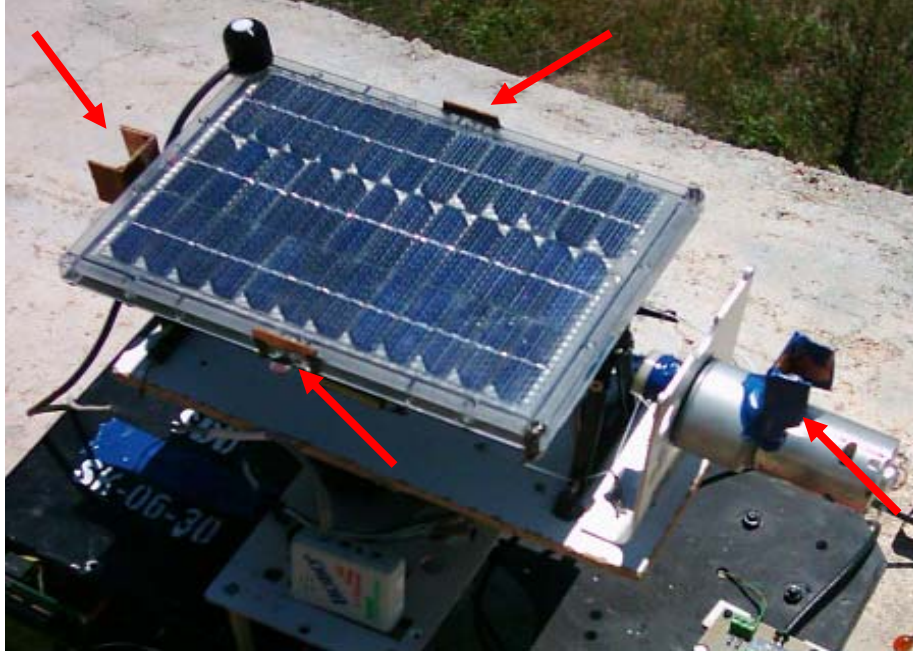
Şekil 3.83. Sistemdeki sınır anahtarlarından görünüm.

### 3.6.8. Güneş İzleme ve Kontrol Üniteleri

Geliştirilen sistem ve yazılım sayesinde güneşin gün boyunca hareketi izlenmiş ve güneş pilinden maksimum güç eldesi sağlanmıştır. Güneş izleme sisteminde kullanılan microchip 16F877 dir. Burada 16F877 nin 4 analog girişi fotodirençlerden gelen verileri analiz etmek için kullanılmıştır.

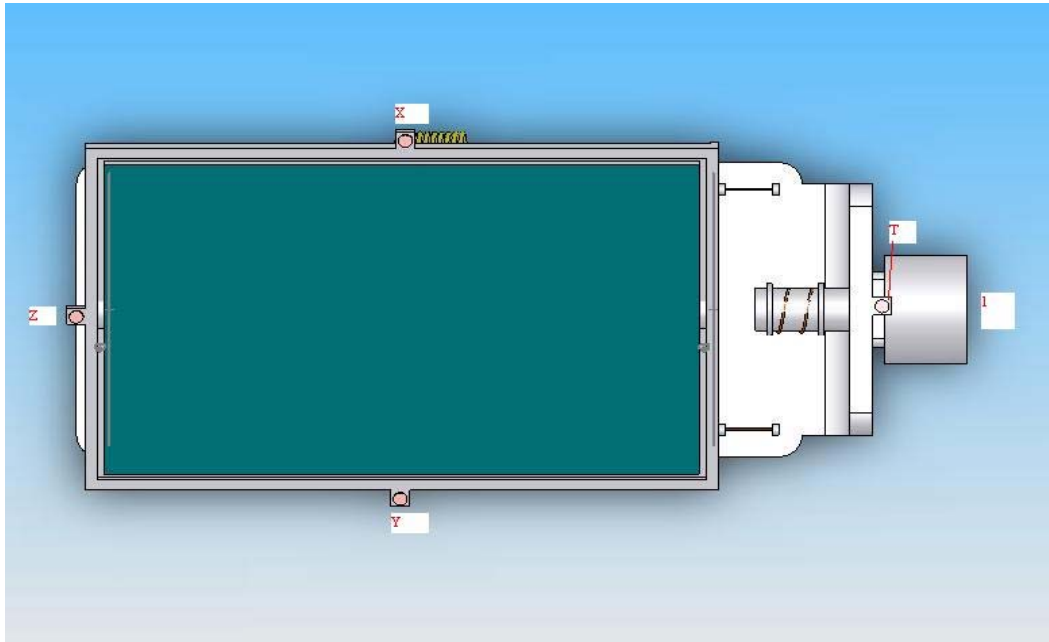
Bu çalışmada, fotodiyotların yerine fotodirençler kullanılarak sistemin nasıl bir tepki vereceği araştırılmıştır. Geliştirilen yazılım sayesinde sistem bulutlu havalarda bile oldukça kararlı çalışmaktadır. Bu tip uygulamalarda fotodirençlerin kullanımı sayesinde fotodiyotlar için gerekli olan ilave yükseltme devrelerine gerek kalmamaktadır. Sonuçta LCD ekran üzerinde okunan değerler yardımıyla sisteme

ilave edilen manuel kontrol butonları vasıtasıyla istenilen hassasiyete göre sistemin çalışması sağlanabilmektedir (Şekil 3.75).



Şekil 3.84. Gerçekleştirilen sistemdeki algılayıcıların yerleşimi.

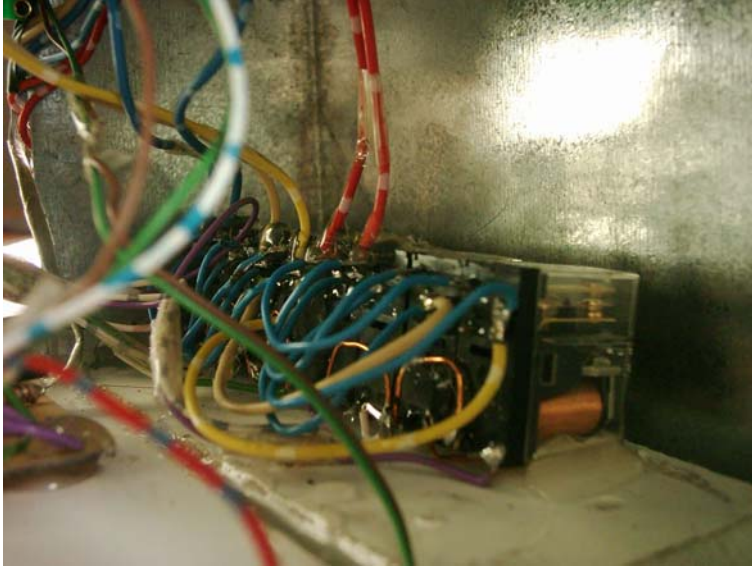
Ayrıca fotodirençler fiyatları ve bulunabilirlikleri açısından da oldukça avantajlıdır. Güneş izleme sistemleri için fotodirençlerin ilave bir yazılım sayesinde rahatlıkla kullanılacağı ortaya çıkmaktadır. Fotosensörlerin yerleşimi şekil 3.84’de görülmektedir.



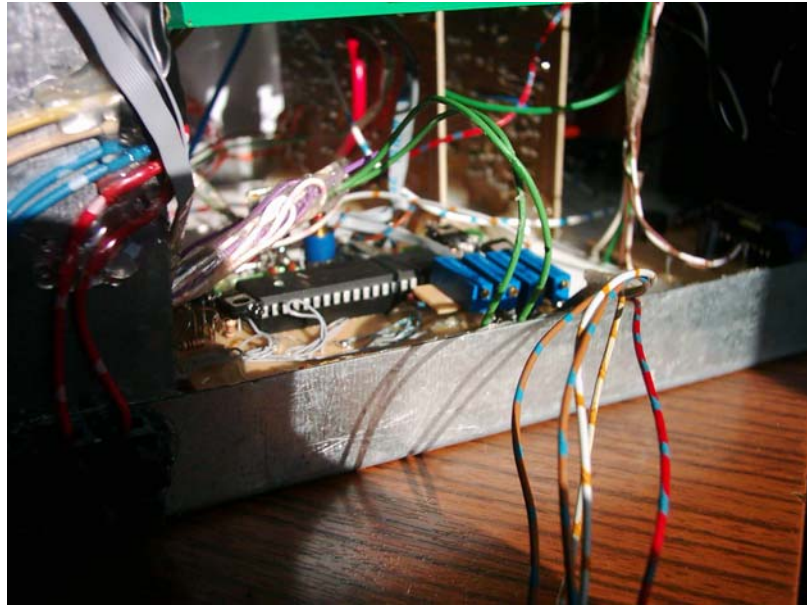
Şekil 3.85. Algılayıcıların yerleşimi.



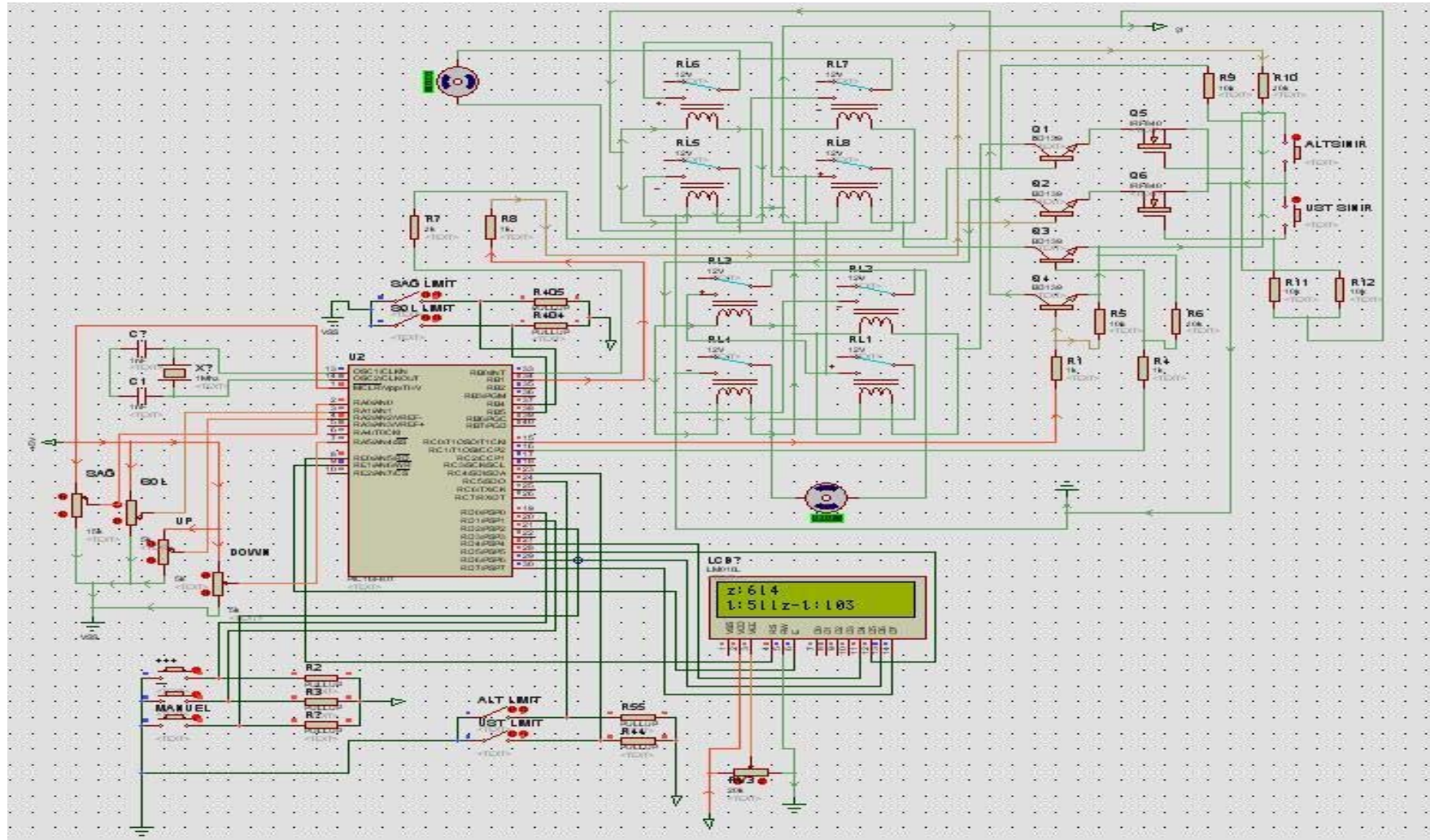
Şekil 3.85'de X, Y, Z, T harfleri ile temsil edilen 4 fotosel modülün güneşe dik olmadığı konumlarda herbiri farklı ışık alır. Böylece bunların ürettiği akımlar arasında farklılık meydana gelir. Geliştirilen yazılım ile sisteme ilave edilen butonlar yardımıyla istenilen hassasiyete göre bu fark ayarlanabilmektedir. Fotosellerden alınan değerler, mikroişlemcide değerlendirilerek röleler yardımıyla motorlara hareket verilmektedir.



Şekil 3.86. Sistemde kullanılan Röleler.

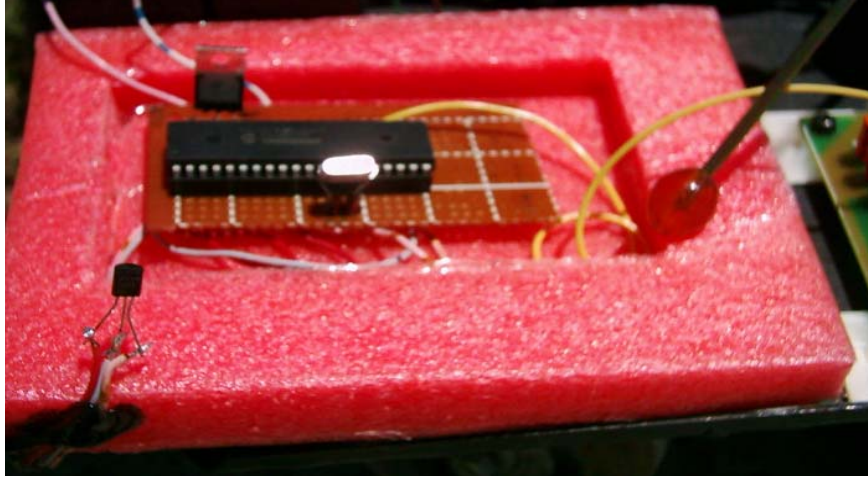


Şekil 3.87. Gerçekleştirilen güneş izleme kartı.



Şekil 3.87. Tasarlanan güneş izleme kartı devre şeması.





Şekil 3.90. Gerçekleştirilen sıcaklık ölçüm sistemi.



Şekil 3.91. Kablosuz veri aktarımı için kullanılan modem.



Şekil 3.92. Sisteme sıcaklık ve kablosuz veri aktarımının ilave edilmiş görünümü.

## 4. BULGULAR

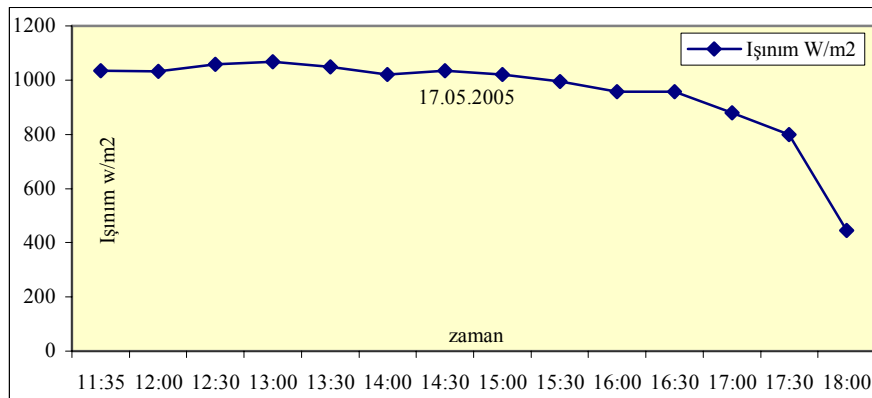
### 4.1 Deneyin Yapılışı, Elde Edilen Veriler ve Yapılan Analizler

Deneyler Mayıs ve Haziran aylarında toplam 7 ayrı gün için 9 ayrı ölçüm şeklinde yapılmıştır.

17.05.2005 tarihinde yapılan deneyde S.D.Ü. lojman bölgesindeki iki eksenli izleme sistemine sahip PV düzlemine ve yatay yüzeye gelen toplam ışınım miktarları ölçülmüştür. Saat 11:35 için izlemeli yüzeye  $1036 \text{ W/m}^2$  ışınım gelirken yataya gelen toplam ışınım  $894 \text{ W/m}^2$  ölçülmüştür. Şekil 4.1 ve şekil 4.2'den de görülebileceği gibi izlemeli sisteme gelen ışınım değeri saat 17:30'a kadar  $800 \text{ W/m}^2$ 'nin üzerinde iken yatay düzleme gelen toplam ışınım değeri saat 11:00 ve saat 15:00 arası  $800 \text{ W/m}^2$  değerine yakın değerler almaktadır. Şekil 4.1 ve şekil 4.2 kıyaslandığında izlemeli sistemin yüzeyine gün boyu daha fazla enerji geldiği görülmektedir.

Tablo 4.1. 17.05.2005 tarihinde izleme sisteminde PV düzlemine gelen toplam ışınım miktarları.

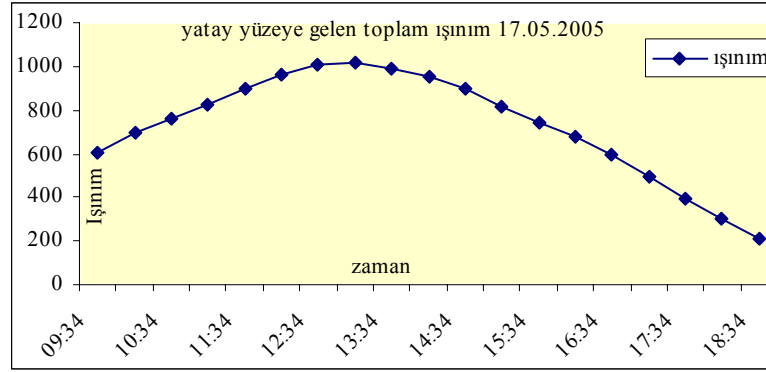
Saat	Işınım $\text{W/m}^2$	Saat	Işınım $\text{W/m}^2$
11:35	1036	15:00	1022
12:00	1033	15:30	996
12:30	1059	16:00	956
13:00	1069	16:30	956
13:30	1048	17:00	880
14:00	1020	17:30	800
14:30	1034	18:00	445



Şekil 4.1. 17/05/2005 izleme sisteminde PV düzlemine gelen toplam ışınım miktarları.

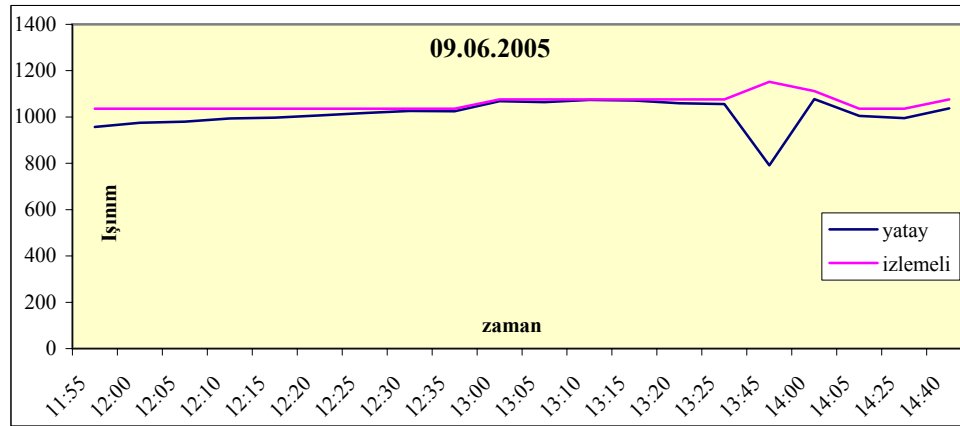
Tablo 4.2. 17.05.2005 tarihinde yatay yüzeye gelen toplam ışınım miktarı.

Saat	Işınım W/m <sup>2</sup>	Saat	Işınım W/m <sup>2</sup>
09:34	608,5	14:34	896
10:04	698	15:04	816,5
10:34	760	15:34	744,5
11:04	821,5	16:04	678
11:34	894	16:34	598
12:04	963	17:04	498
12:34	1006	17:34	398
13:04	1015,5	18:04	302
13:34	991,5	18:34	214,5
14:04	956,5		



Şekil 4.2. 17.05.2005 tarihinde yatay yüzeye gelen toplam ışınım miktarı.

09.06.2005 ve 10.06.2005 tarihinde yapılan deneyde S.D.Ü. lojman bölgesindeki iki eksenli izleme sistemine sahip PV düzlemine ve yatay yüzeye gelen toplam ışınım miktarları ölçülmüştür. Saat 11:55’de başlanan deneye saat 14:40’da son verilmiştir. Yaklaşık üç saatlik zaman aralığında izlemeli sisteme gelen ışınım 1036 W/m<sup>2</sup>’nin altına düşmemiştir. Yataya gelen ışınım ise yalnızca 25 dakikalık bir zaman diliminde 1036 W/m<sup>2</sup> değerine ulaşabilmiştir. Bu durum şekil 4.3’te görülmektedir.



Şekil 4.3. 09.06.2005 tarihinde yatay düzleme ve izlemeli sisteme gelen ışınım miktarları.

Tablo 4.3. 09–10.06.2005 tarihlerinde yatay düzleme ve izlemeli sisteme gelen ışınım miktarları.

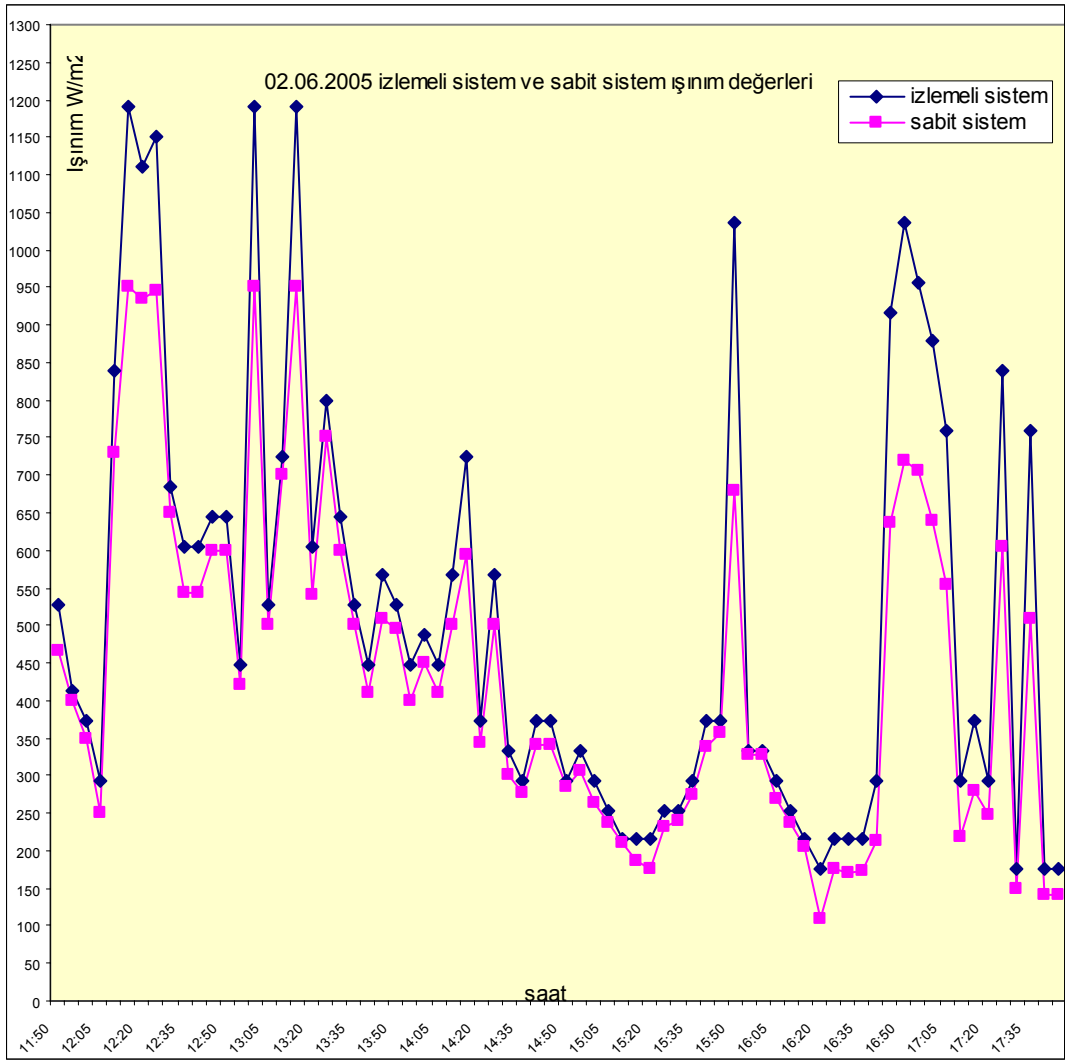
Zaman 09.06.2005	İzleme Sistemine Gelen	Yataya Gelen	Zaman 10.06.2005	İzleme Sistemine Gelen	Yataya Gelen
11:55	1036	957	14:01	1036	1027
12:00	1036	975	14:11	1036	991
12:05	1036	980	14:16	1076	970
12:10	1036	994	14:21	1036	930
12:15	1036	997	14:31	1076	933
12:20	1036	1007			
12:25	1036	1017			
12:30	1036	1026			
12:35	1036	1025			
13:00	1076	1068			
13:05	1076	1064			
13:10	1076	1074			
13:15	1076	1071			
13:20	1076	1059			
13:25	1076	1056			
13:45	1152	791			
14:00	1112	1077			
14:05	1036	1005			
14:25	1036	995			
14:40	1076	1037			

02.06.2005 tarihinde yapılan deneyde S.D.Ü. lojman bölgesindeki iki eksenli izleme sistemine sahip PV düzlemine ve 37° eğimle güneye yönlendirilmiş eğik yüzeye gelen toplam ışınım miktarları ölçülmüştür. Gün boyu havanın parçalı bulutlu olması deneyde elde edilen ölçüm verilerinin değişken olmasına sebep olmuştur. Örneğin saat 12:15'de izlemeli sistem yüzeyine 1192 W/m<sup>2</sup>, sabit sistem yüzeyine ise 950 W/m<sup>2</sup> toplam ışınım gelirken, saat 12:30'da izlemeli sistem yüzeyine 684 W/m<sup>2</sup>, sabit sistem yüzeyine ise 650 W/m<sup>2</sup> toplam ışınım gelmektedir. Saat 16:50'de izlemeli sistem yüzeyine 1036 W/m<sup>2</sup>, sabit sistem yüzeyine ise 720 W/m<sup>2</sup> toplam ışınım gelirken, saat 17:10'da izlemeli sistem yüzeyine 292 W/m<sup>2</sup>, sabit sistem yüzeyine ise 218 W/m<sup>2</sup> toplam ışınım gelmektedir. Saat 17:25'te ise izlemeli sistem yüzeyine 840 W/m<sup>2</sup>, sabit sistem yüzeyine ise 606 W/m<sup>2</sup> toplam ışınım geldiği ölçülmüştür. Bu durum şekil 4.4'te gösterilmiştir.

Tablo 4.4. İzleme sisteminde PV düzlemine gelen toplam ışınım miktarları ve 37° eğimle güneye yönlendirilmiş düzleme gelen toplam ışınım miktarları.

Saat	Işınım W/m <sup>2</sup> İzlemeli	Işınım W/m <sup>2</sup> Sabit	Saat	Işınım W/m <sup>2</sup> İzlemeli	Işınım W/m <sup>2</sup> Sabit
11:50	528	465	14:50	292	285
11:55	412	400	14:55	332	307
12:00	372	350	15:00	292	263
12:05	292	250	15:05	252	238
12:10	840	731	15:10	216	210
12:15	1192	950	15:15	216	187
12:20	1112	935	15:20	216	175
12:25	1152	946	15:25	252	233
12:30	684	650	15:30	252	240
12:35	604	544	15:35	292	275
12:40	604	544	15:40	372	338
12:45	644	600	15:45	372	356
12:50	644	600	15:50	1036	679
12:55	448	420	15:55	332	328
13:00	1192	950	16:00	332	328
13:05	528	500	16:05	292	270
13:10	724	700	16:10	252	237
13:15	1192	950	16:15	216	205
13:20	604	540	16:20	176	110
13:25	800	750	16:25	216	175
13:30	644	600	16:30	216	170
13:35	528	500	16:35	216	174
13:40	448	410	16:40	292	214
13:45	568	510	16:45	916	637
13:50	528	495	16:50	1036	720
13:55	448	400	16:55	956	706
14:00	488	450	17:00	880	640
14:05	448	410	17:05	760	554
14:10	568	500	17:10	292	218
14:15	724	594	17:15	372	279
14:20	372	343	17:20	292	248
14:25	568	502	17:25	840	606
14:30	332	300	17:30	176	149
14:35	292	277	17:35	760	510
14:40	372	342	17:40	176	140
14:45	372	342	17:45	176	142



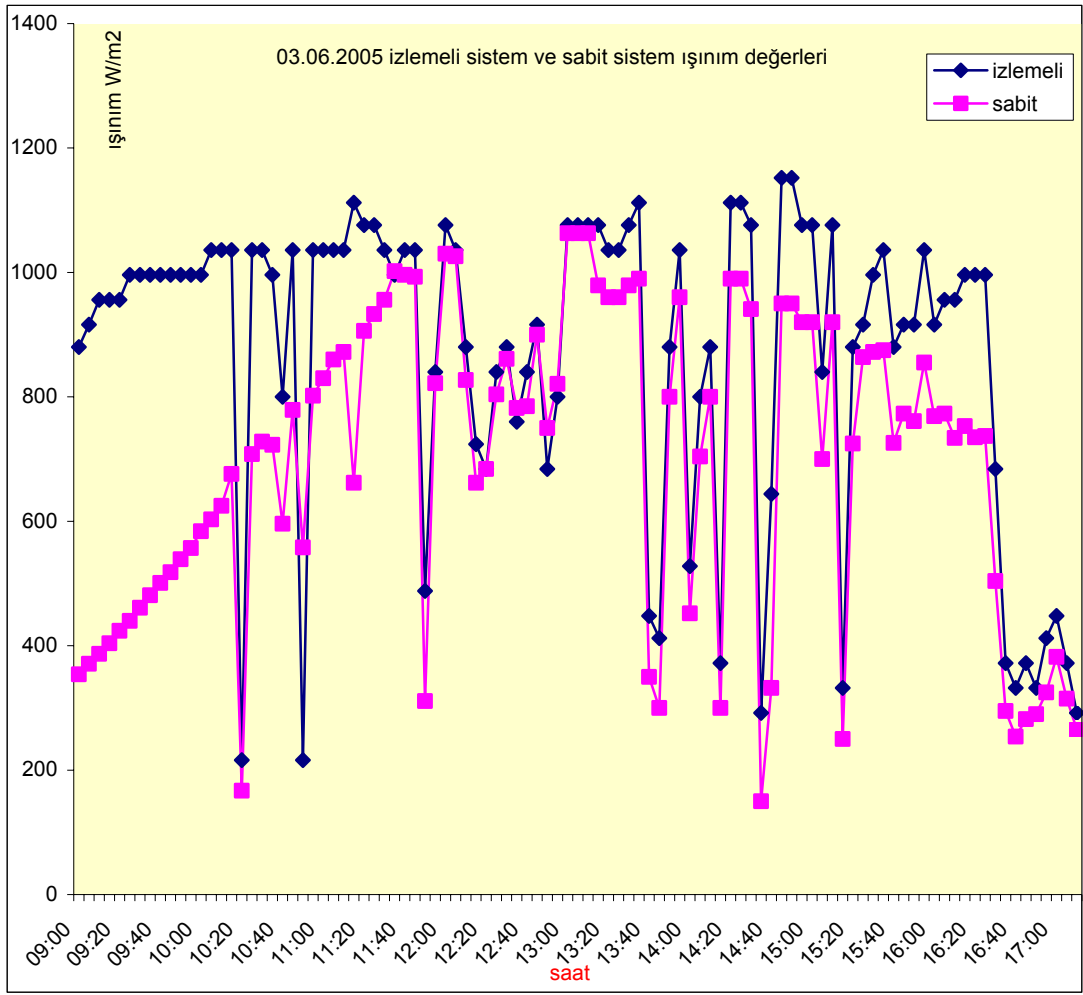


Şekil 4 4. İzleme sisteminde PV düzlemine gelen toplam ışınım miktarları ve 37° eğimle güneye yönlendirilmiş düzleme gelen toplam ışınım miktarları .

03.06.2005 tarihinde yapılan deneyde S.D.Ü. lojman bölgesindeki iki eksenli izleme sistemine sahip PV düzlemine ve 37° eğimle güneye yönlendirilmiş eğik yüzeye gelen toplam ışınım miktarları ölçülmüştür. Yapılan deneyde ölçümler beşer dakikalık aralıklarla saat 09:00 ve saat 17:10 arası yapılmıştır. Şekil 4.5'te görülebileceği gibi bulut geçişleri dışında izlemeli sistemin yüzeyine gelen ışınım miktarı genelde maksimuma yakın değerler alırken, sabit sistemin yüzeyine gelen ışınım miktarları yine bulut geçişleri dışında saat 09:00 ve saat 11:30 arasında yükselen değerler göstermekte ( $354 \text{ W/m}^2 - 956 \text{ W/m}^2$ ), saat 11:30'dan saat 16:25'e kadar olan zaman aralığında ise ışınım değerleri  $1000 \text{ W/m}^2$  ila  $700 \text{ W/m}^2$  arası değişmektedir. Aynı zaman aralığında izlemeli sistem için ışınım değerleri bulut geçişleri dışında  $1036 \text{ W/m}^2$  ila  $996 \text{ W/m}^2$  arası değişmektedir.

Tablo 4.5. İzleme sisteminde PV düzlemine gelen toplam ışınım miktarları ve 37° eğimle güneye yönlendirilmiş düzleme gelen toplam ışınım miktarları .

Saat	Işınım W/m <sup>2</sup> İzlemeli	Işınım W/m <sup>2</sup> Sabit	Saat	Işınım W/m <sup>2</sup> İzlemeli	Işınım W/m <sup>2</sup> Sabit
09:00	880	354	13:10	1076	1063
09:05	916	371	13:15	1076	979
09:10	956	387	13:20	1036	960
09:15	956	404	13:25	1036	960
09:20	956	424	13:30	1076	979
09:25	996	440	13:35	1112	990
09:30	996	461	13:40	448	350
09:35	996	481	13:45	412	300
09:40	996	501	13:50	880	800
09:45	996	518	13:55	1036	960
09:50	996	539	14:00	528	452
09:55	996	557	14:05	800	704
10:00	996	584	14:10	880	800
10:05	1036	603	14:15	372	300
10:10	1036	625	14:20	1112	990
10:15	1036	676	14:25	1112	990
10:20	216	167	14:30	1076	941
10:25	1036	708	14:35	292	150
10:30	1036	728	14:40	644	332
10:35	996	723	14:45	1152	950
10:40	800	596	14:50	1152	950
10:45	1036	779	14:55	1076	920
10:50	216	558	15:00	1076	920
10:55	1036	802	15:05	840	700
11:00	1036	830	15:10	1076	920
11:05	1036	860	15:15	332	250
11:10	1036	872	15:20	880	725
11:15	1112	662	15:25	916	864
11:20	1076	906	15:30	996	872
11:25	1076	933	15:35	1036	875
11:30	1036	956	15:40	880	726
11:35	996	1002	15:45	916	773
11:40	1036	996	15:50	916	761
11:45	1036	993	15:55	1036	855
11:50	488	311	16:00	916	769
11:55	840	822	16:05	956	773
12:00	1076	1030	16:10	956	734
12:05	1036	1026	16:15	996	753
12:10	880	827	16:20	996	735
12:15	724	662	16:25	996	737
12:20	684	684	16:30	684	504
12:25	840	804	16:35	372	295
12:30	880	861	16:40	332	254
12:35	760	782	16:45	372	282
12:40	840	785	16:50	332	290
12:45	916	900	16:55	412	325
12:50	684	750	17:00	448	382
12:55	800	821	17:05	372	315
13:00	1076	1063	17:10	292	265
13:05	1076	1063			



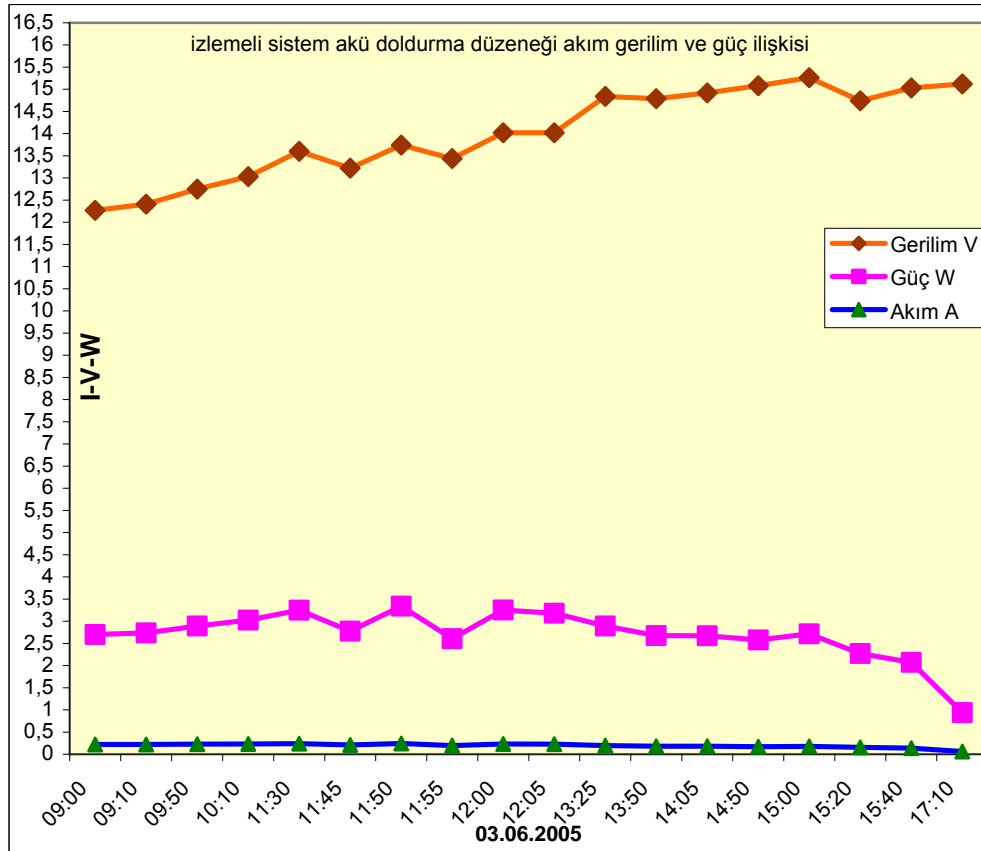
Şekil 4.5. İzleme sisteminde PV düzlemine gelen toplam ışınım miktarları ve 37° eğimle güneye yönlendirilmiş düzleme gelen toplam ışınım miktarları .

03.06.2005 tarihinde yapılan deneyde S.D.Ü. lojman bölgesindeki iki eksenli izleme sistemine sahip PV ile yapılan bir akü doldurma düzeneği ele alınmıştır. Bu düzenekte, ışınım miktarı, modül akımı, modül gerilimi, modül gücü gibi parametreler incelenmiştir. Deney esnasında ışınım değerlerinin değişimleri pilin akım ve güç değerlerini de etkilemiştir. Deneyde elde edilen sonuçlar şekil 4.6’da pilden çekilen akım, pilin verdiği güç ve pil uçlarından ölçülen gerilim değerleri olarak aynı eksende gösterilmiştir. Şekil 4.7’de pilin gerilim ve güç değerleri, şekil 4.8’de pilin akım ve güç değerleri, şekil 4.9’da değişen ışınım değerleri ile pilden alınan güç, şekil 4.10’da ise değişen ışınım değerleri ile pilin uçlarındaki gerilim değerleri aynı eksende gösterilmiştir.

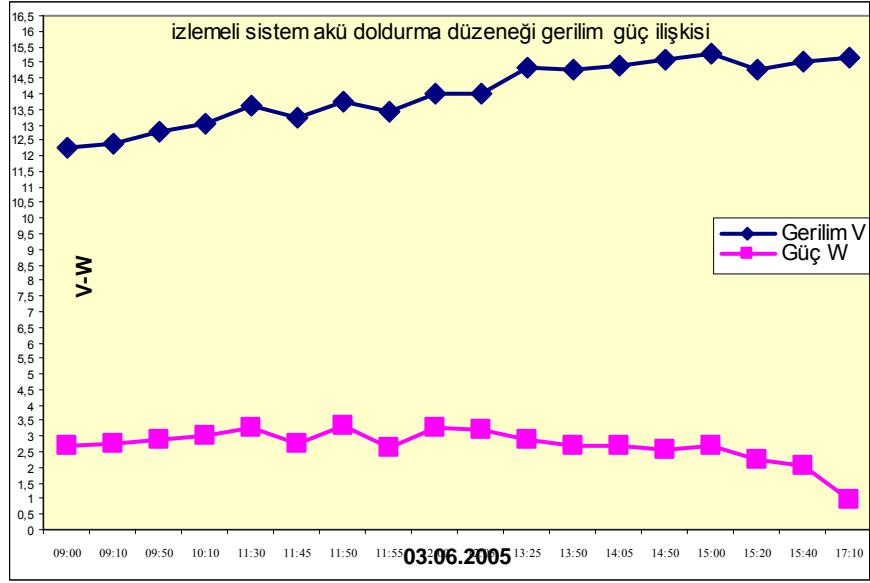
*Kurulmuş olan akü doldurma düzeneği için 03.06.2005 tarihinde yapılan iki eksende izleme sonucunda elde edilen veriler:*

Tablo 4.6. Akü doldurma düzeneği için akım, gerilim ve güç değerleri.

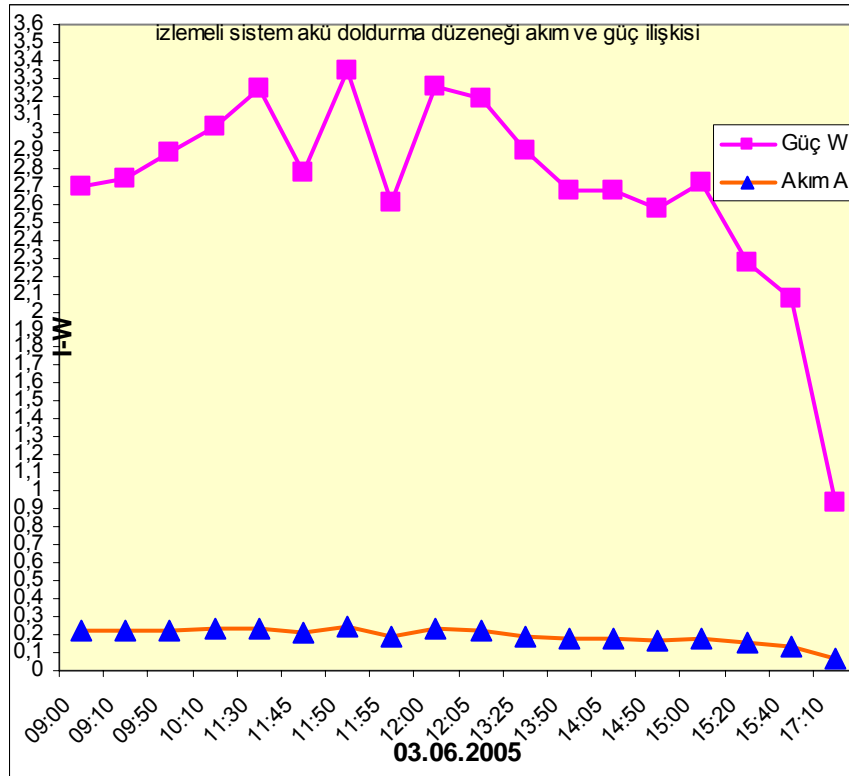
Saat	Akım A	Gerilim V	Güç W
09:00	0,22	12,27	2,6994
09:10	0,2205	12,41	2,736405
09:50	0,2268	12,75	2,8917
10:10	0,2323	13,03	3,026869
11:30	0,2388	13,6	3,24768
11:45	0,21	13,22	2,7762
11:50	0,243	13,74	3,33882
11:55	0,194	13,44	2,60736
12:00	0,232	14,02	3,25264
12:05	0,227	14,02	3,18254
13:25	0,195	14,84	2,8938
13:50	0,181	14,79	2,67699
14:05	0,179	14,92	2,67068
14:50	0,171	15,08	2,57868
15:00	0,178	15,26	2,71628
15:20	0,154	14,74	2,26996
15:40	0,138	15,03	2,07414
17:10	0,0621	15,12	0,938952



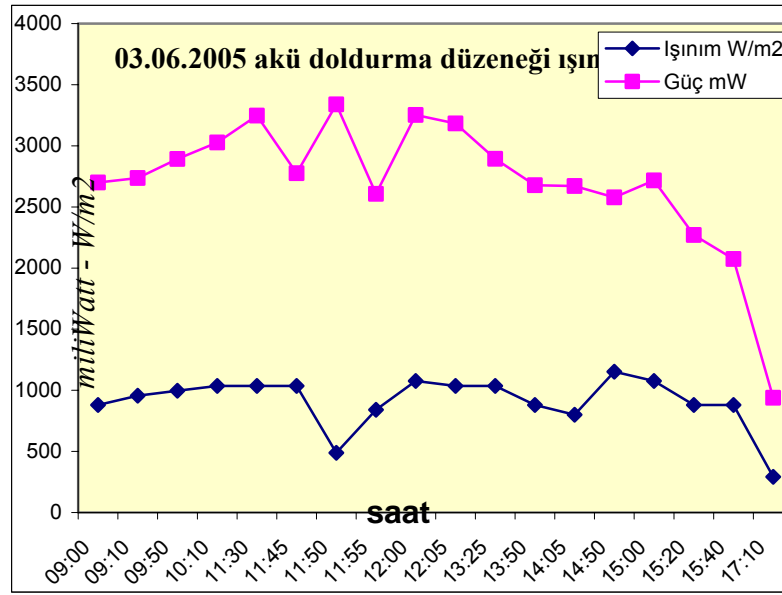
Şekil 4.6. Akü doldurma düzeneği için akım, gerilim ve güç değerleri.



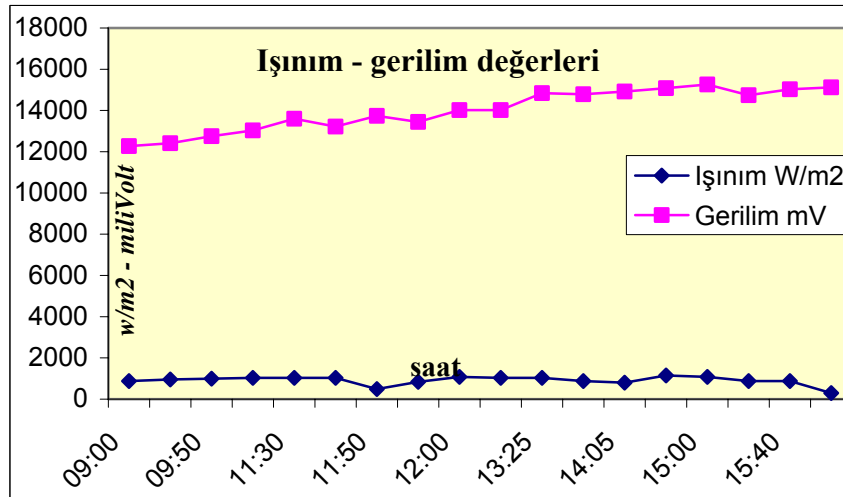
Şekil 4.7. Akü doldurma düzeneği için gerilim ve güç değerleri.



Şekil 4.8. Akü doldurma düzeneği için akım ve güç değerleri.



Şekil 4.9. Akü doldurma düzeneği için PV düzlemine gelen ışınım ve pilin ürettiği güç değerleri.



Şekil 4.10. Akü doldurma düzeneği için PV düzlemine gelen ışınım ve pilin ürettiği gerilim değerleri.

06.06.2005 tarihinde yapılan deneyde S.D.Ü. lojman bölgesindeki iki eksenli izleme sistemine sahip PV düzlemine ve 37° eğimle güneye yönlendirilmiş eğik yüzeye gelen toplam ışınım miktarları ölçülmüştür. Deneye saat 11:27'de başlanmış olup saat 18:38'de son verilmiştir. Ölçümler birer dakikalık aralıklarla yapılmıştır. Saat 17:35E kadar geçen sürede izlemeli sistemin yüzeyine gelen ışınım değerleri 800 W/m<sup>2</sup>'nin hep üzerinde olmuş ve çoğunlukla 1036 W/m<sup>2</sup> ölçülmüştür(bulut geçişleri ihmal edilerek). Sabit sistemde ise saat 16:20'den sonra ışınım değerleri 800 W/m<sup>2</sup>'nin altına inmiştir. Bu durum şekil 4.11'te gösterilmiştir.

*06.06.2005 tarihinde yapılan deneyler :*

Tablo 4.7. 06.06.2005 tarihinde 1 dakika aralıklarla iki eksenli izleme yapan PV düzlemine gelen ve 37° eğimle güneye yönlendirilmiş düzleme gelen ışınım miktarları.

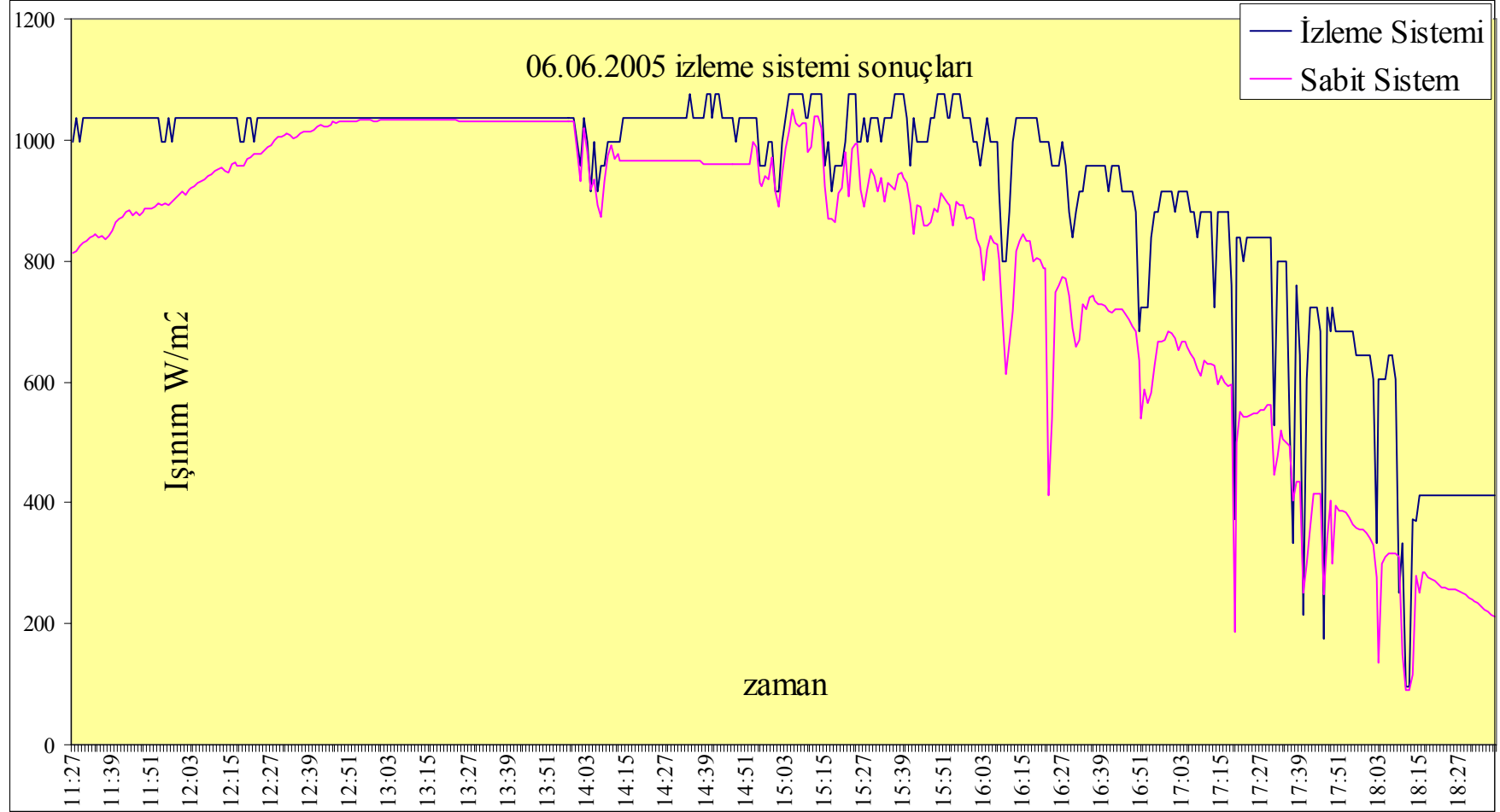
Tarih - Saat	İzlemeli Sistem	Sabit Sistem	Tarih - Saat	İzlemeli Sistem	Sabit Sistem
06.06.2005 11:27	996	812	06.06.2005 12:24	1036	978
06.06.2005 11:28	1036	817	06.06.2005 12:25	1036	984
06.06.2005 11:29	996	824	06.06.2005 12:26	1036	989
06.06.2005 11:30	1036	830	06.06.2005 12:27	1036	992
06.06.2005 11:31	1036	833	06.06.2005 12:28	1036	999
06.06.2005 11:32	1036	840	06.06.2005 12:29	1036	1004
06.06.2005 11:33	1036	841	06.06.2005 12:30	1036	1005
06.06.2005 11:34	1036	843	06.06.2005 12:31	1036	1008
06.06.2005 11:35	1036	838	06.06.2005 12:32	1036	1010
06.06.2005 11:36	1036	841	06.06.2005 12:33	1036	1008
06.06.2005 11:37	1036	836	06.06.2005 12:34	1036	1003
06.06.2005 11:38	1036	842	06.06.2005 12:35	1036	1006
06.06.2005 11:39	1036	851	06.06.2005 12:36	1036	1010
06.06.2005 11:40	1036	865	06.06.2005 12:37	1036	1014
06.06.2005 11:41	1036	871	06.06.2005 12:38	1036	1013
06.06.2005 11:42	1036	873	06.06.2005 12:39	1036	1014
06.06.2005 11:43	1036	880	06.06.2005 12:40	1036	1016
06.06.2005 11:44	1036	885	06.06.2005 12:41	1036	1022
06.06.2005 11:45	1036	876	06.06.2005 12:42	1036	1024
06.06.2005 11:46	1036	881	06.06.2005 12:43	1036	1023
06.06.2005 11:47	1036	875	06.06.2005 12:44	1036	1022
06.06.2005 11:48	1036	881	06.06.2005 12:45	1036	1026
06.06.2005 11:49	1036	886	06.06.2005 12:46	1036	1031
06.06.2005 11:50	1036	887	06.06.2005 12:47	1036	1028
06.06.2005 11:51	1036	886	06.06.2005 12:48	1036	1032
06.06.2005 11:52	1036	889	06.06.2005 12:49	1036	1032
06.06.2005 11:53	1036	895	06.06.2005 12:50	1036	1032
06.06.2005 11:54	996	891	06.06.2005 12:51	1036	1032
06.06.2005 11:55	996	895	06.06.2005 12:52	1036	1032
06.06.2005 11:56	1036	893	06.06.2005 12:53	1036	1032
06.06.2005 11:57	996	897	06.06.2005 12:54	1036	1034
06.06.2005 11:58	1036	904	06.06.2005 12:55	1036	1033
06.06.2005 11:59	1036	909	06.06.2005 12:56	1036	1033
06.06.2005 12:00	1036	914	06.06.2005 12:57	1036	1034
06.06.2005 12:01	1036	910	06.06.2005 12:58	1036	1030
06.06.2005 12:02	1036	917	06.06.2005 12:59	1036	1032
06.06.2005 12:03	1036	920	06.06.2005 13:00	1036	1033
06.06.2005 12:04	1036	924	06.06.2005 13:01	1036	1033
06.06.2005 12:05	1036	928	06.06.2005 13:02	1036	1033
06.06.2005 12:06	1036	931	06.06.2005 13:03	1036	1033
06.06.2005 12:07	1036	935	06.06.2005 13:04	1036	1033
06.06.2005 12:08	1036	939	06.06.2005 13:05	1036	1033
06.06.2005 12:09	1036	943	06.06.2005 13:06	1036	1033
06.06.2005 12:10	1036	949	06.06.2005 13:07	1036	1033
06.06.2005 12:11	1036	952	06.06.2005 13:08	1036	1033
06.06.2005 12:12	1036	953	06.06.2005 13:09	1036	1033
06.06.2005 12:13	1036	949	06.06.2005 13:10	1036	1033
06.06.2005 12:14	1036	946	06.06.2005 13:11	1036	1033
06.06.2005 12:15	1036	960	06.06.2005 13:12	1036	1033
06.06.2005 12:16	1036	964	06.06.2005 13:13	1036	1033
06.06.2005 12:17	1036	957	06.06.2005 13:14	1036	1033
06.06.2005 12:18	996	957	06.06.2005 13:15	1036	1033
06.06.2005 12:19	996	956	06.06.2005 13:16	1036	1033
06.06.2005 12:20	1036	968	06.06.2005 13:17	1036	1033
06.06.2005 12:21	1036	971	06.06.2005 13:18	1036	1033
06.06.2005 12:22	996	977	06.06.2005 13:19	1036	1033
06.06.2005 12:23	1036	978	06.06.2005 13:20	1036	1033

Tablo 4.7'nin devamı .....					
Tarih - Saat	İzlemeli Sistem	Sabit Sistem	Tarih - Saat	İzlemeli Sistem	Sabit Sistem
06.06.2005 13:21	1036	1033	06.06.2005 14:18	1036	967
06.06.2005 13:22	1036	1033	06.06.2005 14:19	1036	967
06.06.2005 13:23	1036	1033	06.06.2005 14:20	1036	967
06.06.2005 13:24	1036	1032	06.06.2005 14:21	1036	967
06.06.2005 13:25	1036	1032	06.06.2005 14:22	1036	967
06.06.2005 13:26	1036	1032	06.06.2005 14:23	1036	967
06.06.2005 13:27	1036	1032	06.06.2005 14:24	1036	967
06.06.2005 13:28	1036	1032	06.06.2005 14:25	1036	967
06.06.2005 13:29	1036	1032	06.06.2005 14:26	1036	967
06.06.2005 13:30	1036	1032	06.06.2005 14:27	1036	967
06.06.2005 13:31	1036	1032	06.06.2005 14:28	1036	967
06.06.2005 13:32	1036	1032	06.06.2005 14:29	1036	967
06.06.2005 13:33	1036	1032	06.06.2005 14:30	1036	967
06.06.2005 13:34	1036	1032	06.06.2005 14:31	1036	967
06.06.2005 13:35	1036	1032	06.06.2005 14:32	1036	967
06.06.2005 13:36	1036	1032	06.06.2005 14:33	1036	967
06.06.2005 13:37	1036	1032	06.06.2005 14:34	1076	967
06.06.2005 13:38	1036	1032	06.06.2005 14:35	1036	967
06.06.2005 13:39	1036	1032	06.06.2005 14:36	1036	967
06.06.2005 13:40	1036	1032	06.06.2005 14:37	1036	967
06.06.2005 13:41	1036	1032	06.06.2005 14:38	1036	960
06.06.2005 13:42	1036	1032	06.06.2005 14:39	1076	960
06.06.2005 13:43	1036	1032	06.06.2005 14:40	1076	960
06.06.2005 13:44	1036	1032	06.06.2005 14:41	1036	960
06.06.2005 13:45	1036	1032	06.06.2005 14:42	1076	960
06.06.2005 13:46	1036	1032	06.06.2005 14:43	1076	960
06.06.2005 13:47	1036	1032	06.06.2005 14:44	1036	960
06.06.2005 13:48	1036	1032	06.06.2005 14:45	1036	960
06.06.2005 13:49	1036	1032	06.06.2005 14:46	1036	960
06.06.2005 13:50	1036	1032	06.06.2005 14:47	1036	960
06.06.2005 13:51	1036	1032	06.06.2005 14:48	996	960
06.06.2005 13:52	1036	1032	06.06.2005 14:49	1036	960
06.06.2005 13:53	1036	1032	06.06.2005 14:50	1036	960
06.06.2005 13:54	1036	1032	06.06.2005 14:51	1036	960
06.06.2005 13:55	1036	1032	06.06.2005 14:52	1036	960
06.06.2005 13:56	1036	1032	06.06.2005 14:53	1036	996
06.06.2005 13:57	1036	1032	06.06.2005 14:54	1036	989
06.06.2005 13:58	1036	1032	06.06.2005 14:55	956	930
06.06.2005 13:59	1036	1032	06.06.2005 14:56	956	923
06.06.2005 14:00	996	984	06.06.2005 14:57	956	940
06.06.2005 14:01	956	931	06.06.2005 14:58	996	936
06.06.2005 14:02	1036	1019	06.06.2005 14:59	996	970
06.06.2005 14:03	996	980	06.06.2005 15:00	916	916
06.06.2005 14:04	916	918	06.06.2005 15:01	916	889
06.06.2005 14:05	996	936	06.06.2005 15:02	996	943
06.06.2005 14:06	916	891	06.06.2005 15:03	1036	985
06.06.2005 14:07	956	872	06.06.2005 15:04	1076	1014
06.06.2005 14:08	956	932	06.06.2005 15:05	1076	1051
06.06.2005 14:09	996	975	06.06.2005 15:06	1076	1029
06.06.2005 14:10	996	991	06.06.2005 15:07	1076	1021
06.06.2005 14:11	996	969	06.06.2005 15:08	1076	1029
06.06.2005 14:12	996	976	06.06.2005 15:09	1036	1028
06.06.2005 14:13	996	967	06.06.2005 15:10	1036	981
06.06.2005 14:14	1036	967	06.06.2005 15:11	1076	988
06.06.2005 14:15	1036	967	06.06.2005 15:12	1076	1038
06.06.2005 14:16	1036	967	06.06.2005 15:13	1076	1038
06.06.2005 14:17	1036	967	06.06.2005 15:14	1076	1018



Tablo 4.7'nin devamı .....					
Tarih - Saat	İzlemeli Sistem	Sabit Sistem	Tarih - Saat	İzlemeli Sistem	Sabit Sistem
06.06.2005 15:15	956	923	06.06.2005 16:12	996	717
06.06.2005 15:16	996	871	06.06.2005 16:13	1036	816
06.06.2005 15:17	916	871	06.06.2005 16:14	1036	833
06.06.2005 15:18	956	863	06.06.2005 16:15	1036	843
06.06.2005 15:19	956	911	06.06.2005 16:16	1036	833
06.06.2005 15:20	956	920	06.06.2005 16:17	1036	832
06.06.2005 15:21	996	980	06.06.2005 16:18	1036	799
06.06.2005 15:22	1076	905	06.06.2005 16:19	1036	805
06.06.2005 15:23	1076	986	06.06.2005 16:20	996	803
06.06.2005 15:24	1076	994	06.06.2005 16:21	996	788
06.06.2005 15:25	996	994	06.06.2005 16:22	996	789
06.06.2005 15:26	996	917	06.06.2005 16:23	996	411
06.06.2005 15:27	1036	890	06.06.2005 16:24	956	539
06.06.2005 15:28	996	920	06.06.2005 16:25	956	748
06.06.2005 15:29	1036	952	06.06.2005 16:26	956	759
06.06.2005 15:30	1036	941	06.06.2005 16:27	996	773
06.06.2005 15:31	1036	915	06.06.2005 16:28	956	772
06.06.2005 15:32	996	937	06.06.2005 16:29	880	744
06.06.2005 15:33	1036	899	06.06.2005 16:30	840	690
06.06.2005 15:34	1036	929	06.06.2005 16:31	880	659
06.06.2005 15:35	1036	924	06.06.2005 16:32	916	668
06.06.2005 15:36	1076	917	06.06.2005 16:33	916	728
06.06.2005 15:37	1076	944	06.06.2005 16:34	956	721
06.06.2005 15:38	1076	945	06.06.2005 16:35	956	741
06.06.2005 15:39	1076	937	06.06.2005 16:36	956	742
06.06.2005 15:40	1036	930	06.06.2005 16:37	956	734
06.06.2005 15:41	956	894	06.06.2005 16:38	956	729
06.06.2005 15:42	1036	843	06.06.2005 16:39	956	728
06.06.2005 15:43	996	892	06.06.2005 16:40	956	726
06.06.2005 15:44	996	889	06.06.2005 16:41	916	718
06.06.2005 15:45	996	858	06.06.2005 16:42	956	715
06.06.2005 15:46	996	858	06.06.2005 16:43	956	721
06.06.2005 15:47	1036	865	06.06.2005 16:44	956	719
06.06.2005 15:48	1036	888	06.06.2005 16:45	916	719
06.06.2005 15:49	1076	880	06.06.2005 16:46	916	712
06.06.2005 15:50	1076	911	06.06.2005 16:47	916	704
06.06.2005 15:51	1076	904	06.06.2005 16:48	916	691
06.06.2005 15:52	1036	895	06.06.2005 16:49	880	682
06.06.2005 15:53	1036	891	06.06.2005 16:50	684	635
06.06.2005 15:54	1076	857	06.06.2005 16:51	724	538
06.06.2005 15:55	1076	898	06.06.2005 16:52	724	588
06.06.2005 15:56	1076	892	06.06.2005 16:53	724	565
06.06.2005 15:57	1036	892	06.06.2005 16:54	840	582
06.06.2005 15:58	1036	871	06.06.2005 16:55	880	628
06.06.2005 15:59	1036	873	06.06.2005 16:56	880	667
06.06.2005 16:00	996	871	06.06.2005 16:57	916	667
06.06.2005 16:01	996	836	06.06.2005 16:58	916	668
06.06.2005 16:02	956	822	06.06.2005 16:59	916	682
06.06.2005 16:03	996	767	06.06.2005 17:00	916	681
06.06.2005 16:04	1036	820	06.06.2005 17:01	880	671
06.06.2005 16:05	996	841	06.06.2005 17:02	916	653
06.06.2005 16:06	996	830	06.06.2005 17:03	916	667
06.06.2005 16:07	996	827	06.06.2005 17:04	916	666
06.06.2005 16:08	916	802	06.06.2005 17:05	916	658
06.06.2005 16:09	800	704	06.06.2005 17:06	880	647
06.06.2005 16:10	800	613	06.06.2005 17:07	880	639
06.06.2005 16:11	880	663	06.06.2005 17:08	840	621

Tablo 4.7'nin devamı .....					
Tarih - Saat	İzlemeli Sistem	Sabit Sistem	Tarih - Saat	İzlemeli Sistem	Sabit Sistem
06.06.2005 17:09	880	611	06.06.2005 18:06	644	317
06.06.2005 17:10	880	635	06.06.2005 18:07	644	317
06.06.2005 17:11	880	631	06.06.2005 18:08	604	315
06.06.2005 17:12	880	630	06.06.2005 18:09	252	310
06.06.2005 17:13	724	628	06.06.2005 18:10	332	149
06.06.2005 17:14	880	596	06.06.2005 18:11	96	90
06.06.2005 17:15	880	609	06.06.2005 18:12	96	89
06.06.2005 17:16	880	600	06.06.2005 18:13	372	116
06.06.2005 17:17	880	593	06.06.2005 18:14	370	280
06.06.2005 17:18	760	595	06.06.2005 18:15	412	251
06.06.2005 17:19	372	186	06.06.2005 18:16	412	284
06.06.2005 17:20	840	499	06.06.2005 18:17	412	284
06.06.2005 17:21	840	550	06.06.2005 18:18	412	278
06.06.2005 17:22	800	541	06.06.2005 18:19	412	274
06.06.2005 17:23	840	542	06.06.2005 18:20	412	271
06.06.2005 17:24	840	544	06.06.2005 18:21	412	266
06.06.2005 17:25	840	548	06.06.2005 18:22	412	260
06.06.2005 17:26	840	549	06.06.2005 18:23	412	261
06.06.2005 17:27	840	554	06.06.2005 18:24	412	258
06.06.2005 17:28	840	553	06.06.2005 18:25	412	258
06.06.2005 17:29	840	561	06.06.2005 18:26	412	256
06.06.2005 17:30	840	563	06.06.2005 18:27	412	253
06.06.2005 17:31	528	447	06.06.2005 18:28	412	250
06.06.2005 17:32	800	476	06.06.2005 18:29	412	248
06.06.2005 17:33	800	519	06.06.2005 18:30	412	244
06.06.2005 17:34	800	506	06.06.2005 18:31	412	241
06.06.2005 17:35	800	499	06.06.2005 18:32	412	238
06.06.2005 17:36	528	493	06.06.2005 18:33	412	234
06.06.2005 17:37	332	404	06.06.2005 18:34	412	228
06.06.2005 17:38	760	434	06.06.2005 18:35	412	222
06.06.2005 17:39	644	434	06.06.2005 18:36	412	219
06.06.2005 17:40	216	252	06.06.2005 18:37	412	216
06.06.2005 17:41	604	298	06.06.2005 18:38	412	212
06.06.2005 17:42	724	360			
06.06.2005 17:43	724	416			
06.06.2005 17:44	724	416			
06.06.2005 17:45	684	416			
06.06.2005 17:46	176	248			
06.06.2005 17:47	724	343			
06.06.2005 17:48	684	403			
06.06.2005 17:49	724	300			
06.06.2005 17:50	684	394			
06.06.2005 17:51	684	387			
06.06.2005 17:52	684	387			
06.06.2005 17:53	684	384			
06.06.2005 17:54	684	376			
06.06.2005 17:55	684	365			
06.06.2005 17:56	644	359			
06.06.2005 17:57	644	356			
06.06.2005 17:58	644	355			
06.06.2005 17:59	644	351			
06.06.2005 18:00	644	341			
06.06.2005 18:01	604	330			
06.06.2005 18:02	332	277			
06.06.2005 18:03	604	136			
06.06.2005 18:04	604	298			
06.06.2005 18:05	604	312			

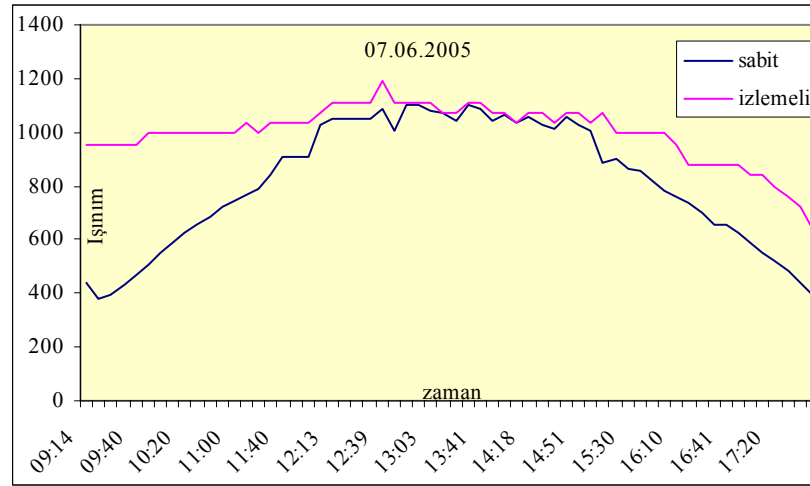


Şekil 4.11. 06.06.2005 tarihinde 1 dakika aralıklarla iki eksenli izleme yapan PV düzlemine gelen ve 37o eğimle güneye yönlendirilmiş düzleme gelen ışınım miktarları.

07.06.2005 tarihinde yapılan deneyde S.D.Ü. lojman bölgesindeki iki eksenli izleme sistemine sahip PV düzlemine ve  $37^\circ$  eğimle güneye yönlendirilmiş eğik yüzeye gelen toplam ışınlam miktarları ölçülmüştür. Deneye saat 09:14'te başlanmış ve 17:50'de son verilmiştir. Ölçümler yine birer dakikalık aralıklarla yapılmış ancak tablo ve grafik dökümleri 10'ar dakikalık aralıklarla verilmiştir. İzlemeli istem yüzeyine gelen ışınlam değerleri şekil 4.12'den de görülebileceği gibi gün boyunca (saat 17:20'ye kadar)  $1112 \text{ W/m}^2$  ve  $800 \text{ W/m}^2$  arasında yani maksimum ışınlam değerlerine yakın olduğu görülmektedir. Sabit sistemde ise saat 09:14 ve saat 12:09 arası ışınlam değerlerinin maksimuma doğru zamanla arttığını saat 12:09 ve saat 15:10 arası maksimuma yakın değerler aldığı görülmekte ve saat 15:10'dan sonra ise ışınlam değerlerinin zamanla azaldığı görülmektedir. Örneğin saat 09:14'te izlemeli yüzeye  $956 \text{ W/m}^2$  sabit yüzeye  $443 \text{ W/m}^2$  ışınlam miktarı geldiği ölçülmüştür.

Tablo 4.8. 07.06.2005 tarihinde 1 dakika aralıklarla iki eksenli izleme yapan PV düzlemine gelen ve  $37^\circ$  eğimle güneye yönlendirilmiş düzleme gelen ışınlam miktarlarının 10'ar dakikalık değerleri.

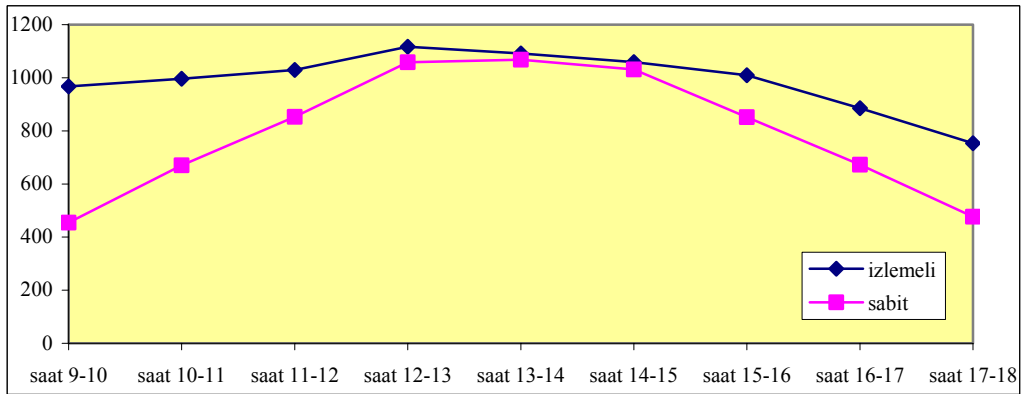
Zaman	Sabit Sis. $\text{W/m}^2$	İzlemeli Sis. $\text{W/m}^2$	Zaman	Sabit Sis. $\text{W/m}^2$	İzlemeli Sis. $\text{W/m}^2$
09:14	443	956	13:19	1039	1076
09:15	380	956	13:30	1102	1112
09:20	396	956	13:41	1084	1112
09:30	432	956	13:50	1043	1076
09:40	469	956	14:00	1062	1076
09:50	510	996	14:08	1036	1036
10:00	550	996	14:18	1055	1076
10:10	590	996	14:26	1024	1076
10:20	623	996	14:30	1015	1036
10:30	658	996	14:41	1056	1076
10:40	688	996	14:51	1028	1076
10:50	720	996	15:01	1005	1036
11:00	743	996	15:10	889	1076
11:10	766	1036	15:20	900	996
11:20	788	996	15:30	863	996
11:30	839	1036	15:40	855	996
11:40	911	1036	15:50	820	996
11:49	907	1036	16:00	784	996
12:00	907	1036	16:10	756	956
12:09	1029	1076	16:21	734	880
12:13	1049	1112	16:30	703	880
12:18	1049	1112	16:40	652	880
12:26	1049	1112	16:41	653	880
12:30	1049	1112	16:50	622	880
12:39	1089	1192	17:00	587	840
12:40	1005	1112	17:10	550	840
12:50	1102	1112	17:20	521	800
12:58	1102	1112	17:30	481	760
13:03	1077	1112	17:40	436	724
13:10	1070	1076	17:50	395	644



Şekil 4.12. 07.06.2005 tarihinde 1 dakika aralıklarla iki eksenli izleme yapan PV düzlemine gelen ve  $37^\circ$  eğimle güneye yönlendirilmiş düzleme gelen ışınım miktarlarının 10'ar dakikalık değerleri.

Tablo 4.9 07.06.2005 tarihinde Ölçüm süresince izlemeli ve sabit yüzeye gelen saatlik ortalama ışınım miktarları ( $W/m^2$ )

Zaman	İzlemeli $W/m^2$	Sabit $W/m^2$
saat 9-10	967,43	454,2857143
saat 10-11	996	670,3333333
saat 11-12	1029,3	853
saat 12-13	1116,9	1058,111111
saat 13-14	1091,4	1068,142857
saat 14-15	1058,9	1031,285714
saat 15-16	1009,3	851,8333333
saat 16-17	885,14	672,4285714
saat 17-18	753,6	476,6
Toplam	8908	7136,020635

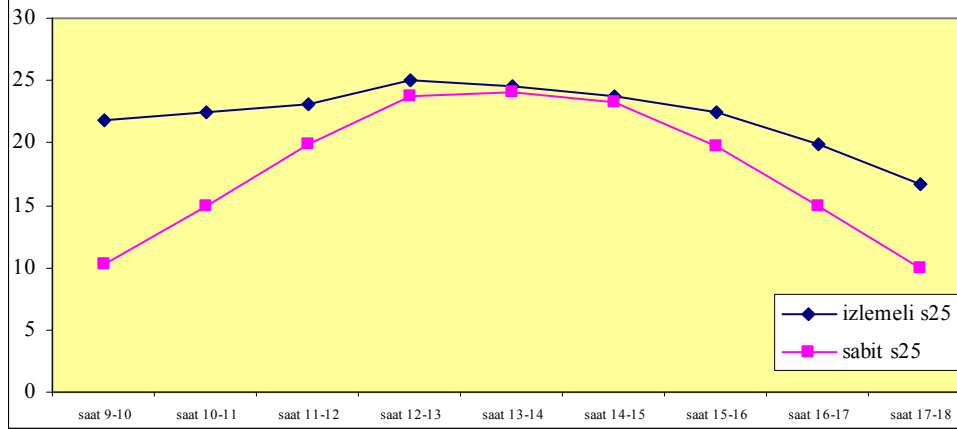


Şekil 4.13. 07.06.2005 tarihinde Ölçüm süresince izlemeli ve sabit yüzeye gelen saatlik ortalama ışınım miktarları ( $W/m^2$ )

Tablo 4.9’da 07.06.2005 tarihinde günboyu metrekareye gelen toplam ışınım miktarlarının saatlik ortalamaları verilmiştir. Bu değerlerin toplamı alındığında izlemeli sistemin sabit sisteme göre %24 daha fazla ışınım miktarına maruz kaldığı görülmektedir. Pilin ürettiği güç değerleri ışınım değerleriyle değişmektedir. Deneyde kullanılan güneş pilinin (akım-gerilim) karakteristik eğrileri mevcut olmadığı için bu karşılaştırma şekil 3.15’de verilen farklı ışınım değerlerinde modülün akım-gerilim karakteristiği göre Shell S25 ürünü için yapılacaktır.

Tablo 4.10 07.06.2005 tarihinde Ölçüm süresince shell s25 pil kullanılırsa üretilebilecek güç değerleri (W)

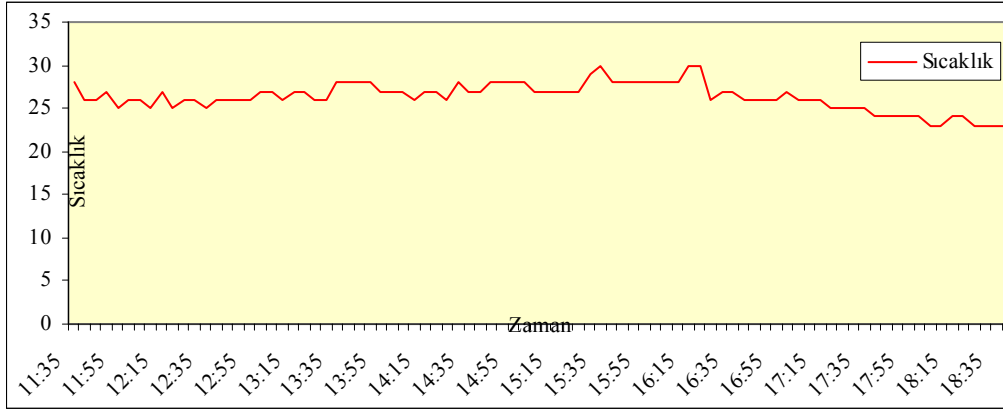
Zaman	İzlemeli W	Sabit W
saat 9-10	21,75	10,215
saat 10-11	22,419	14,955
saat 11-12	23,145	19,8525
saat 12-13	25,05	23,805
saat 13-14	24,555	24,03
saat 14-15	23,805	23,202
saat 15-16	22,5	19,8
saat 16-17	19,905	14,97
saat 17-18	16,68	10,02
Toplam	199,809	160,85



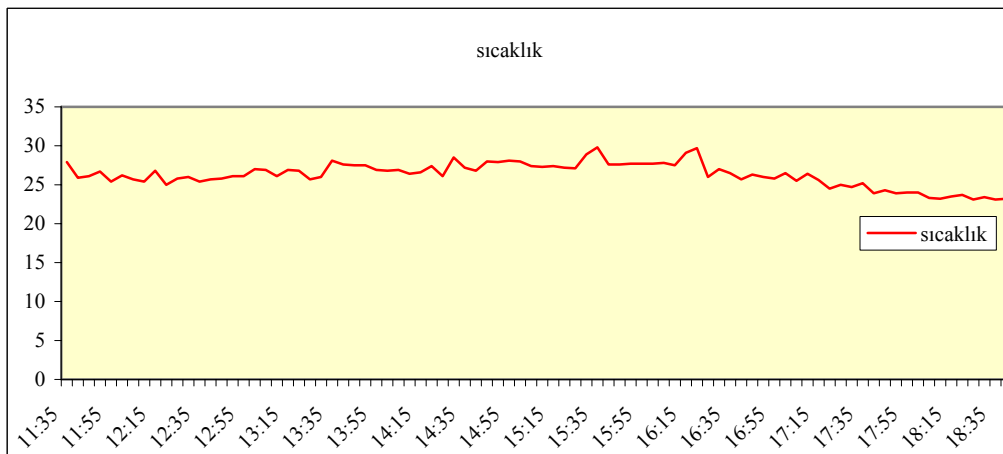
Şekil 4.14. 07.06.2005 tarihinde Ölçüm süresince shell s25 pil kullanılırsa üretilebilecek güç değerleri (W)

Tablo 4.10 incelendiğinde Shell s25 güneş pili için yapılan hesaplamalar sonucu izlemeli sistemin günlük ortalama %24 daha fazla güç üretimi sağladığı görülmektedir.

06.06.2005 tarihinde yapılan deneyde S.D.Ü. lojman bölgesindeki sıcaklık değerleri iki ayrı sistem ile ölçülmüştür. Deneye saat 11:35'te başlanmış ve saat 18:40'ta son verilmiştir. Ölçümler 5'er dakikalık aralıklarla yapılmıştır. Eş zamanlı olarak gerçekleştirilen ölçümler için birinci sistemde Almemo marka Cu-Ni sıcaklık sensörü kullanılarak almemo marka datalogger'e veriler kaydedilmiş ve daha sonra bilgisayarda işlenmiştir. İkinci sistemde ise yine aynı bölgede ve eşzamanlı olarak geliştirilen LM35DZ ile oluşturulan sıcaklık ölçüm sensörü kullanılmış ölçülen veriler merkezdeki bir bilgisayara kablosuz veri aktarım sistemi ile aktarılmıştır. Bu iki eşzamanlı ölçüm sonuçları karşılaştırılmıştır. Şekil 4.15 incelendiğinde bu değerlerin birbirine oldukça yakın oldukları görülmektedir. Bütün bu ölçüm sonuçları değerlendirilerek aşağıda tablolar ve grafikler halinde sunulmuştur.



Şekil 4.15. 06.06.2005 tarihinde LM35DZ sıcaklık sensörü ile yapılan ve aktarılan ölçümler.



Şekil 4.16. 06.06.2005 tarihinde Almemo Marka Cu-Ni sıcaklık probu ile yapılan ölçümler.

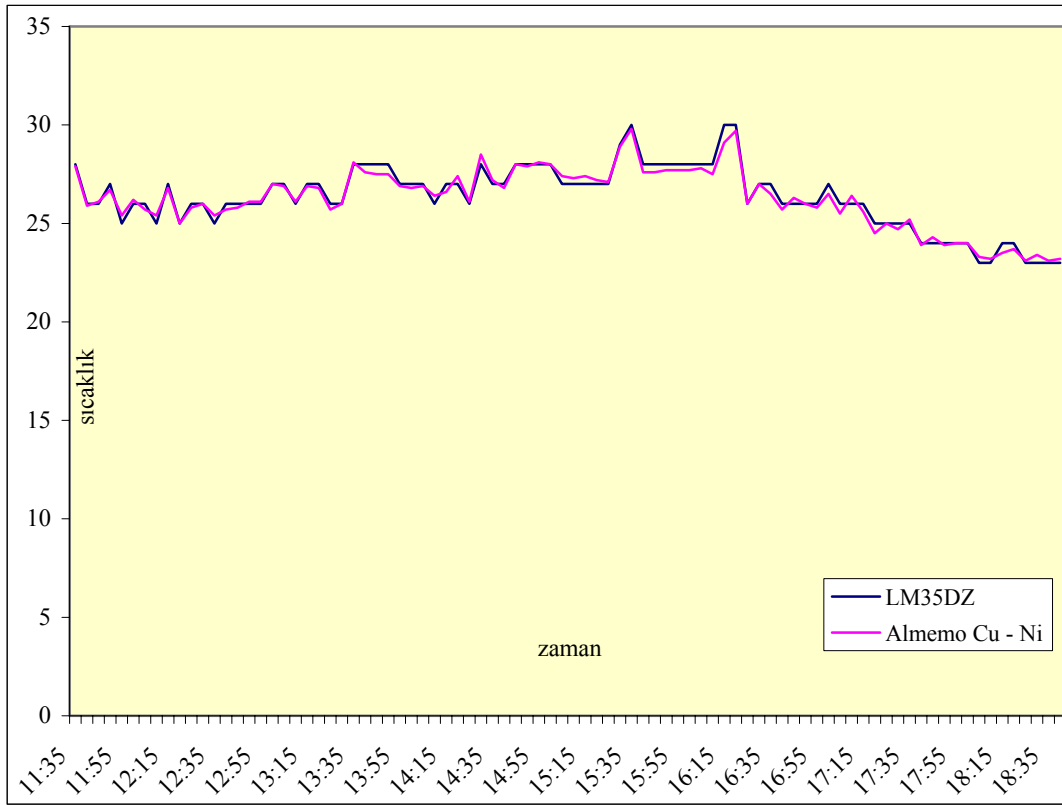
Tablo 4.11. 06.06.2005 tarihinde LM35DZ sıcaklık sensörü ile yapılan ve aktarılan ölçümler.

Zaman	Sıcaklık	Zaman	Sıcaklık	Zaman	Sıcaklık	Zaman	Sıcaklık
11:35	28	13:30	26	15:25	27	17:20	25
11:40	26	13:35	28	15:30	29	17:25	25
11:45	26	13:40	28	15:35	30	17:30	25
11:50	27	13:45	28	15:40	28	17:35	25
11:55	25	13:50	28	15:45	28	17:40	24
12:00	26	13:55	27	15:50	28	17:45	24
12:05	26	14:00	27	15:55	28	17:50	24
12:10	25	14:05	27	16:00	28	17:55	24
12:15	27	14:10	26	16:05	28	18:00	24
12:20	25	14:15	27	16:10	28	18:05	23
12:25	26	14:20	27	16:15	30	18:10	23
12:30	26	14:25	26	16:20	30	18:15	24
12:35	25	14:30	28	16:25	26	18:20	24
12:40	26	14:35	27	16:30	27	18:25	23
12:45	26	14:40	27	16:35	27	18:30	23
12:50	26	14:45	28	16:40	26	18:35	23
12:55	26	14:50	28	16:45	26	18:40	23
13:00	27	14:55	28	16:50	26		
13:05	27	15:00	28	16:55	26		
13:10	26	15:05	27	17:00	27		
13:15	27	15:10	27	17:05	26		
13:20	27	15:15	27	17:10	26		
13:25	26	15:20	27	17:15	26		

Tablo 4.12. 06.06.2005 tarihinde Almemo Marka Cu-Ni sıcaklık probu ile yapılan ölçümler.

Zaman	Sıcaklık	Zaman	Sıcaklık	Zaman	Sıcaklık	Zaman	Sıcaklık
11:35	27,9	13:30	26	15:25	27,1	17:20	24,5
11:40	25,9	13:35	28,1	15:30	28,9	17:25	25
11:45	26,1	13:40	27,6	15:35	29,8	17:30	24,7
11:50	26,7	13:45	27,5	15:40	27,6	17:35	25,2
11:55	25,4	13:50	27,5	15:45	27,6	17:40	23,9
12:00	26,2	13:55	26,9	15:50	27,7	17:45	24,3
12:05	25,7	14:00	26,8	15:55	27,7	17:50	23,9
12:10	25,4	14:05	26,9	16:00	27,7	17:55	24
12:15	26,8	14:10	26,4	16:05	27,8	18:00	24
12:20	25	14:15	26,6	16:10	27,5	18:05	23,3
12:25	25,8	14:20	27,4	16:15	29,1	18:10	23,2
12:30	26	14:25	26,1	16:20	29,7	18:15	23,5
12:35	25,4	14:30	28,5	16:25	26	18:20	23,7
12:40	25,7	14:35	27,2	16:30	27	18:25	23,1
12:45	25,8	14:40	26,8	16:35	26,5	18:30	23,4
12:50	26,1	14:45	28	16:40	25,7	18:35	23,1
12:55	26,1	14:50	27,9	16:45	26,3	18:40	23,2
13:00	27	14:55	28,1	16:50	26		
13:05	26,9	15:00	28	16:55	25,8		
13:10	26,1	15:05	27,4	17:00	26,5		
13:15	26,9	15:10	27,3	17:05	25,5		
13:20	26,8	15:15	27,4	17:10	26,4		
13:25	25,7	15:20	27,2	17:15	25,6		





Şekil 4.17. 06.06.2005 tarihinde LM35DZ sıcaklık sensörü ve Almemo Marka Cu-Ni sıcaklık probu ile yapılan sıcaklık ölçümlerinin karşılaştırılması.

#### 4.2 Sistem Bileşenlerinin ve Tüm Sistemin Verimi

Tasarımı yapılan güneş izleme kartı, şarj kontrol kartı, inverter gibi ekipmanların ve sistemdeki diğer bileşenlerin tümü ele alınarak tüm sisteme ait verim incelenmiştir.

##### Hücre Sıcaklığı :

Işınım ve sıcaklık etkisi ile toplam kayıp %10 - %25 arasındadır. Bu durumda;

$\eta_{RRC} = \%90$  alınmıştır.

##### Modül Yitirimi:

$\eta_{DEG}$ , sistemin diğer sistem bileşen verimleri ile kıyaslanması sonucu;

$\eta_{DEG} = \%95$  alınmıştır.

##### Akü:

Deneysel esnasında ortalama olarak yaklaşık %15 civarında bir kayıp meydana gelmiştir.. Buradan akü verimi ;

$\eta_{AKÜ} = \%85$  alınmıştır.

### Modül Dizisinin Kablo Tesisatının Yapılması :

$\eta_{OMH} = \%95$  alınmıştır.

### Dizilerdeki Gölgeleme:

Ortalama olarak bu kayıplar  $\%95$  alınmıştır. Bu durumda ;

$\eta_{GÖL} = \%95$  yazılabilir.

### İnverter :

$\eta_{i0} = \%75$  ve  $\eta_{inv} = \%83$  olarak hesaplanmıştır.

### Sistem Kayıpları:

$$P_R = \frac{Y_F}{Y_R} = \frac{\eta_{SYS}}{\eta_{STŞ}}$$

Standart test şartlarındaki modül verimi  $\eta_{STŞ}$ , modül alanından ( $A_{Mod}$ ) ve peak güçten yararlanılarak hesaplanabilir.

$$\eta_{STŞ} = \frac{P_P}{G_{STŞ} * A_{Mod}} = \%12,78$$

Sistem verimi  $\eta_{SYS}$ , modül alanı, enerji alımı ve ışıınımdan ;

$$\eta_{SYS} = \frac{E_{Pv}}{H_A * A_{Mod}} \text{ sonuçlar tablo halinde verilmiştir.}$$

Tablo 4.13. 03.06.2005 tarihindeki verilere dayanılarak çıkartılan anlık sistem verimleri.

Zaman	Elde edilen güç (Watt)	Işınım (W/m <sup>2</sup> )	$\eta_{SYS} \%$
09:00	2,6994	880	6,432841
10:10	3,0268	1036	6,12692
11:50	2,6073	840	6,509235
12:00	3,2526	1076	6,339231
12:05	3,1825	1036	6,442091
13:50	2,6769	880	6,379222
14:05	2,6706	800	7,000629
15:00	2,71628	1076	5,293958
15:40	2,07414	880	4,942806

03.06.2005 tarihindeki verilere dayanılarak çıkartılan anlık sistem verimlerinin ortalaması  $\%6,16$  olmaktadır.

Gerçek sistem verimi ; bileşen verimleri olarak da ifade edilen sistem kayıplarının ürünlerine eşittir.

$$\eta_{SYS} = \eta_{STŞ} * \eta_{RRC} * \eta_{DEG} * \eta_{GÖL} * \eta_{OMH} * \eta_{AKÜ} * \eta_{Inv}$$

$$Q = P_R = \eta_{RRC} * \eta_{DEG} * \eta_{GÖL} * \eta_{OMH} * \eta_{AKÜ} * \eta_{inv}$$

Yapılan hesaplamalar sonucu aşağıdaki tablo oluşturulmuştur.

Tablo 4.14. Tüm sistemin gerçek sistem verimini oluşturan bileşenler.

$\eta_{STŞ}$	Standart test şartlarında Pv modül kayıpları	( %12,78)	=	0,1278
$\eta_{RRC}$	Hücre sıcaklığından (RRC şartları) dolayı oluşan modül kayıpları	( %10)	=	0,9
$\eta_{DEG}$	Modül yitiriminden dolayı oluşan kayıplar	( %5)	=	0,95
$\eta_{GÖL}$	Gölgelemeden dolayı oluşan kayıplar	( %5)	=	0,95
$\eta_{OMH}$	Omik ve Hata kayıpları	( %5)	=	0,95
$\eta_{inv}$	Ortalama inverter kayıpları	( %17)	=	0,83
$\eta_{AKÜ}$	Ortalama akü depolama kayıpları	( %15)	=	0,85

Tüm sistemin gerçek sistem verimi;

$$\eta_{SYS} = \% 6,95 \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

03.06.2005 tarihindeki verilere dayanılarak çıkartılan anlık sistem verimleri, gerçek sistemin hesaplanan ortalama verimine yakın değerler almakta olduğu görülmektedir..

Sistemin kalitesi ya da performans oranı;

$$Q = P_R = \% 54,43 \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Yapılan çalışma ile amaç bölümünde belirtildiği gibi, çok amaçlı mobil ölçüm istasyonlarının enerjilerini maksimum verimle üretim yapan ve bu maksimum verimi sağlamak için güneş izleme sistemi ile donatılmış fotovoltaik pillerle karşılandığı bir sistemin analiz hesapları, tasarımı ve uygulanabilirliği gerçekleştirilmiştir. Ayrıca bu sistemlerin yanı sıra ölçüm cihazlarından alınan verilerin kablosuz iletişimle aktarım sistemi de gerçekleştirilmiştir. Mobil ölçüm istasyonunun tasarımı, malzeme seçimi ve imalatı yapılmıştır.

Ölçüm verileri, herhangi bir bağlantıya ve iletişim hattına ihtiyaç duyulmaksızın kablosuz veri aktarım sistemi ile her ortamda merkeze düzenli olarak kesintisiz iletilmiştir. Bütün sistemin enerjisi güneş pilleri ile karşılandığından şebekeden bağımsız olarak sistem her ortamda çalışabilmektedir. Ayrıca güneş pili sisteminde maksimum elektrik üretimi sağlanabilmesi için gün boyu güneşi izleyen bir sistem kullanılmıştır. Güneşsiz günlerde ve gece periyotlarında da ölçüm alınabilmesi için bir elektrik depolama sistemi mevcuttur.

Mobil ölçüm istasyonlarının, son zamanlarda uzay çalışmalarına paralel olarak önemleri artmıştır. Bu ölçüm istasyonları sabit istasyonların yanında paradan ve zamandan büyük bir tasarruf sağladığı gibi üzerlerinde ufak değişiklikler yapılarak değişik amaçlara hizmet edecek şekilde, uygun ölçü cihazları sisteme ilave edilebilir.

Ülkemizdeki özellikle meteorolojik, jeofiziksel (Depremsel Aktiviteler) vb. ölçümlerin, sıklıkla ve değişik yörelerden alınması, eş zamanlı olarak belli merkezlere iletilmesi ve hemen değerlendirilmesi büyük önem arz etmektedir. Bunun yanısıra ölçüm cihazlarının büyük bir kısmı yurt dışı kaynaklı olduğundan bunların temin edilmesi ülkemiz ekonomisine büyük bir külfet getirmektedir. Tasarlanan sistem daha az sayıda ölçü cihazıyla daha çok noktada ölçüm yapma imkanı vererek ekonomik bir rahatlık getirecektir.

Çalışma daha sonra yapılabilecek kendi enerjisini kendi üreten mobil ölçüm sistemlerini gerektirecek her türlü (bilimsel, askeri, endüstriyel, uzay, vs. ) çalışma

için bir temel oluşturmaktadır. İleride büyük maddi kaynaklara sahip projelerin geliştirilmesinde bir öncü olabilecektir. Örneğin, yine kendi enerjisini kendi karşılayacak olan mobil ölçüm istasyonu bir ölçüm noktasından diğer bir ölçüm noktasına uzaktan kumanda ile motorize olarak gidebilen ve veri aktarım sistemi uydu bağlantılı hale getirilebilir.

Çalışma ilk etapta S.D.Ü. bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Altyapı projeleri kapsamında desteklenen S.D.Ü. Temiz Enerji Evi projesinde kurulacak olan meteoroloji istasyonunun enerji ihtiyacını karşılanmasında ve ölçü sistemlerinin kalibrasyonunda kullanılacaktır.

Bulgular bölümünde tartışıldığı gibi güneş izlemeli mobil ölçüm istasyonu için izlemeli sitemdeki yüzeye güneşin gün boyu izlenmesiyle gün boyu toplanan enerji miktarı, 37° güneye yönlendirilmiş sabit bir yüzeyde gün boyu toplanan enerji kıyaslanmıştır. Güneşi izleyen sistemin gün boyu topladığı enerji miktarının sabit yüzeyden oldukça fazla olduğu anlık değerlerin veya tüm değerlerin incelenmesiyle kolayca görülmektedir.

07.06.2005 tarihinde yapılan deney sonuçlarına göre izlemeli sistemin gün boyu üreteceği güç miktarının, sabit sisteme göre %24 daha fazla olduğu ortaya çıkmaktadır.

Anlık sistem verimlerinin ortalaması %6,16 olmakta, tüm sistemin gerçek verimi ise yapılan hesaplamalar sonucu %6,95 çıkmaktadır. Sistemin kalitesi ya da performans oranı %54,43 olarak hesaplanmıştır. Tablo 4.11'deki hesaplanan anlık sistem verimleri ile gerçek sistem verimi kıyaslandığında istenilen değerlere yakın çalışıldığı görülmektedir.

## 6. KAYNAKÇA

- Altınbaşak, O., “Mikrodenetleyiciler PIC Programlama”, Atlas Yayıncılık ve Elektronik Tic. Ltd. Şti., Mart 2004, İstanbul.
- Atagündüz, G., “Güneş Enerjisi Temelleri Ve Uygulamaları”, Ege Üniversitesi Basımevi, 1989, Bornova-İzmir.
- Athienitis, A.K., Santamouris, M., “Thermal Analysis And Design Of Passive Solar Buildings”, James & James Ltd., London, U.K., 2002.
- Bachtı, R.E., “Modeling of A Pumping Photovoltaic Station – Tracking of Optimal Operating Point”, International Forum on Renewable Energies FIER'2002 Proceedings, Volume 1, <http://www.fst.ac.ma/fier/33.Pdf>
- Batman, M. A., “Elektrik Üretimi İçin Güneş Pillerinin Kullanımında Verimi Arttırıcı Yeni Bir Yöntem”, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mayıs 2001.
- Boztepe, M., “İzmir (Bornova) Koşullarında Şebekeye Bağlı Fotovoltaik Bir Sistemin Tasarlanıp Denenmesi”, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2002
- Deriş, N., “Güneş Enerjisi Sıcak su ile ısıtma tekniği”, Sermet matbaası, 1979, İstanbul.
- Duffie, A.J., Beckman, A.W., “Solar Engineering Of Thermal Processes”, Second Edition, John Wiley&Sons, Inc, 1991, U.S.A.
- Fanney, A.H., Dougherty, B.P., “Building Integrated Photovoltaic Test Facility”, Journal of Solar Energy Engineering, August 2001, Vol. 123 / 199, <http://fire.nist.gov>
- Genceli, O.F., “Ölçme Tekniği”, İ.T.Ü. Makine Fakültesi, Birsen Yayınevi, 2000, İstanbul.

- Gençoğlu, M.T., Cebeci, M., “Türkiyenin Enerji Kaynakları Arasında Güneş Enerjisinin Yeri ve Önemi”, Türkiye 8. Enerji Kongresi, 63-73, 2000.
- Kacira, M., Şimşek, M., Babur, Y., Demirkol, S., “Determining Optimum Tilt Angles And Orientations Of Photovoltaics Panels İn Sanlıurfa, Turkey, Renewable Energy, 29, 1265-1275, 2004.
- Kartal, F., “Elektroprnömatik Ve Otomasyon Sistemleri”, Modül Teknik Eğitim Ve Hizmet Organizasyonu, 1999, Manisa.
- Kılıç, A. ve Öztürk, A., “Güneş Enerjisi”, Kipaş Dağıtımcılık, S.331,1983, İstanbul.
- Kolhe, M., Agbossou, K., Hamelin, J., Bose, T.K., “Analytical Model For Predicting The Performance Of Photovoltaic Array Coupled With A Wind Turbine İn A Stand-Alone Renewable Energy System Based On Hydrogen”, Renewable Energy ,28, 727–742, 2003.
- Kutlu, S., “Güneş Tarlası İle Elektrik Enerjisi Üretimi Ve SDÜ Kampüs Alanında Bir Uygulama Analizi”, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Eğitimi Anabilim Dalı, Isparta, 2002.
- Luque, A., Hegedus, S., “Handbook Of Photovoltaic Science And Engineering”, John Wiley & Sons, Inc, 2002, U.S.A.
- Markvart, T., “Solar Electricity”, John Wiley&Sons, 219, 1994.
- Messenger, R., Ventre, J., “Photovoltaic Systems Engineering”, CRC Press, 2000, Boca Raton.
- Özel, S., “Fotovoltaik Güneş Enerjisi Ve Aydınlatma Sistemlerinde Kullanılması”.  
<http://elektrikci.hypermart.net/pv/pv.htm>
- Özkan, A., “PLC ve SCADA Destekli Pozisyon Kontrolü”, Erciyes Üniversitesi, F.B.E., Elektronik Mühendisliği A.B.D., 1999, Kayseri.

Partain, L.D., “Solar Cells And Their Applications”, A Wiley – Inter Science Publication, John Wiley & Sons, Inc, 1995, Newyork.

“Photovoltaic Systems”, Postgraduate Distance Learning Series in Renewable Energy Systems Technology, Solar Power Unit 7, © CREST 2000.

Ramakumar, R., Barnett, A.M., Kazmerski, L.L., Benner, J.P., Coutts, T.J. “Power Systems and Generation”, The Electrical Engineering Handbook, Ed. Richard C. Dorf Boca Raton, CRC Press LLC, 2000

Renewable Energy World, Review Issue 2004-2005 July- August 2004 Volume 7 sayı 4.

Robert Carlson, Daniel Felnhofer, Paul Rondeau., “Design And Construction Of A Maximum Power Tracking System For A Solar Panel”, Course Number:24.400, Group Number:6, Date of Preparation : 11.10.2002, [www.ee.umanitoba.ca](http://www.ee.umanitoba.ca)

Sayigh, A., “Renewable Energy – The Way Forward, Applied Energy”, 64, 15-30, 1999.

Spiegel, R.T., Greenberg, D.L., Kern, E.C., House, D.E., “Emissions Reduction Data For Grid Connected Photovoltaic Power Systems”, Solar Energy, 68(5), 4715-485, 2000.

Tırıs, M., Tırıs, Ç., Erdallı, Y., “Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemleri”, TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Enerji Sistemleri ve Çevre Araştırma Enstitüsü, 1997, Gebze-Kocaeli.

Uyarel,A., Öz, E.S., “Güneş Enerjisi ve Uygulamaları”, Birsen Yayınevi, S.240,1987, İstanbul.

Üçgül, İ., Selbaş, R., Şenol, R. ve Kızıllıkan, Ö., “Güneş Güç Sistemlerinin Heliostat Alan Düzenlemesi Ve Termodinamik Analizleri”, ULIBTK’03 14.Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi Bildiri Kitabı.,Isparta, S.373-380.



Üçgöl,İ., “Yenilenebilir Enerji Teknolojileri”, İktisat Bölümü Seminer Çalışması, M.M.F. Anfi I Salonu, 08.10.2004, Isparta.

Üçgöl. İ., “Isparta İli Temiz Enerji Ön Raporu”, S.D.Ü. 2004

Ünsaçar, F., “Düzlem Kollektörlerde Güneş Takip Sisteminin Geliştirilerek Uygulanması”, Selçuk Üniveristesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,1990, Konya.

Üretici firma Kataloğu, Shell S25 PV.

Wilson, R., Jones, W.J., Energy Ecology and Environment, Academic Press, New York, 1975.

Wu, W., Pongratananukul, N., Qiu, W., Rustom, K., Kasparis, T., Batarseh. I., “Dsp-Based Multiple Peak Power Tracking For Expandable Power System”, Applied Power Electronics Conference and Exposition, 2003. APEC’03. 18th Annual IEEE, Volume: 1, 2003 Page(s): 525-530, <http://apec.engr.ucf.edu/>

Yeşilkaya, M.A., “Güneş Pillerinin Mikroişlemci ile Konum Kontrolünün Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi”, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 1998, Ankara.

Young, W.R., “Photovoltaic Applications For Disaster Relief”, University Of Central Florida Florida Solar Energy Center November 2, 19951679 Clearlake Road Cocoa, Florida 32922 (407) 638-1000.

Anonim 1 <http://www.eie.gov.tr>

Anonim 2, National Renewable Energy Laboratory , NREL, <http://www.nrel.org/>

Anonim 3, <http://www.youthforhab.org.tr>

Anonim 4, <http://www.silisyum.net>

Anonim 5, <http://www.jgsee.kmutt.ac.th>

Anonim 6 <http://www.ise.fhg.de>

Anonim 7, Üretici Firma Kataloğu, <http://www.solarimage.net>

Anonim 8, Üretici Firma Kataloğu [www.huanyubattery.com](http://www.huanyubattery.com)

<http://www.datasheetarchive.com/datasheet/pdf/45>

[http://www.semiconductors.philips.com/acrobat\\_download/datasheets](http://www.semiconductors.philips.com/acrobat_download/datasheets)

<http://www.datasheetarchive.com/datasheet>

<http://www.st.com/stonline>

<http://www.alldatasheet.co.kr/datasheet-pdf>

<http://www.ee.washington.edu/stores/DataSheets/voltreg/7805.pdf>

<http://ww1.microchip.com/downloads/>

<http://www.fairchildsemi.com>

<http://www.hardware.dibe.unige.it/DataSheets/LM35.pdf>

<http://www.futurlec.com/Transistors/IRFZ44.shtml>

<http://www.mecanique.co.uk/code-studio/>

**ÖZGEÇMİŞ**

Adı Soyadı : Ramazan ŞENOL

Doğum Yeri : ISPARTA

Doğum Yılı : 09.01.1980

Medeni Hali : Bekar

**Eğitim ve Akademik Durumu**

Lise :1994 - 1998 Isparta Anadolu Teknik lisesi

Lisans :1998 - 2002 Kocaeli Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektrik Öğretmenliği Bölümü.

Yabancı Dil : İngilizce

**İş Deneyimi**

2002 – Halen : Araştırma Görevlisi, Süleyman DEMİREL Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

# **EKLER**

## GÜNEŞ İZLEME PROGRAMININ YAZILIMI:

```
*****
'* Name      : solar tracking.BAS
'* Author    : [Ramazan ŞENOL]
'* Notice    : Copyright (c) 2005
'*           : All Rights Reserved
'* Date      : 16.02.2005
'* Version   : 1.0
'* Notes     : ŞENOL & CAYDAR.....
*'*         :
*****

'Define LCD registers and bits
Define LCD_DREG PORTD
Define LCD_DBIT 4
Define LCD_RSREG PORTE
Define LCD_RSBIT 0
Define LCD_EREK PORTE
Define LCD_EBIT 1

    include "modedefs.bas"
    *****
    sag var portb.0
    sol var portb.1
    yukari var portc.0
    asagi var portc.1
    sag_limit var portb.4
    sol_limit var portb.5
    ust_limit var portc.4
    alt_limit var portc.5
    *****
    SURE var byte
    MM VAR Byte 'manuel mod
    tt var byte
    i var byte
    k var word
    gece var byte
    ref var byte
    fark var byte
    control_time var byte
    pozisyonda var bit
    hepsiyukarda var bit
    seven var byte
    five var byte
    *****
    x VAR WORD
    y VAR WORD
    z var word
    t var word

    TRISA = %11111111
    TRISB = %11110000
    TRISC = %11110000
    TRISD = %00001111
    ADCON1 = %10000010
    ADCON0 = %01000001

mm = 6
```

```
PORTB = 0
PORTC = 0
SURE = 200
gece = 15
tt = 0
k = 0
ref = 30
seven = 55
five = 25
```

```
read 5, fark
read 0, control_time
basla:
```

```
  gosub z_deg_al
  gosub x_deg_al
  gosub lcdshow
  gosub manuel_kontrol
  'if x > gece then pozisyonda=0 : hepsiyukarda=0
```

```
  if x < gece then 'gece oldu ve sınır anahtarına çarpmadı (BASLANGIÇ POZİSYONUNA GEL) ,
    if pozisyonda=0 and hepsiyukarda=0 then
      if sag_limit = 0 then sag = 0
      if ust_limit = 0 then yukari = 0
      if sag_limit = 0 and ust_limit = 0 then hepsiyukarda=1
```

```
      Lcdout "GECE"
      PAUSE 1000
      gosub manuel_kontrol
    endif
```

```
  gosub manuel_kontrol
  if hepsiyukarda=1 then gosub baslangic_pos
  goto basla
endif
```

```
if x > gece then 'gündüz oldu
  for i=0 to control_time
    gosub manuel_kontrol
    pause 1000
  next i
  pozisyonda=0
  hepsiyukarda=0
  gosub kontrol
  gosub manuel_kontrol
  GOTO basla
```

```
endif
```

```
*****
```

```
manuel_kontrol:
IF PORTD.2 = 0 THEN Mm = 1 : GOSUB MANUEL
return
```

```
*****
```

```
baslangic_pos
```

```
tekrar:
```

```
  gosub manuel_kontrol
  if pozisyonda=1 then sag=0 : yukari=0:sol=0:asagi=0 : return
  k=k+1
  if k>seven then pozisyonda=1 : k=0 : return
```

```
  if k = SEVEN then
```

```

        sol = 0
    else
        sol = 1
    endif

    if k = five then
        asagi = 0
    else
        asagi = 1
    endif

    pause sure

    if k<=seven and k<=five then tekrar
return
    ""*****

LCDSHOW:
    gosub manuel_kontrol
    Lcdout $fe, 1          'Clear screen
    Lcdout "R:",dec x," L:", DEC y      'Display the decimal value of light

    LCDOUT $FE, $C0
    LCDOUT "R-L:",DEC abs(x-y) 'display SET value

        lcdout $FE, 144
    Lcdout "U:",dec z," D:", DEC t      'Display the decimal value of light

    lcdout $FE, 208 '$D4 '212  hD0=d208
    LCDOUT "U-D:",DEC abs(z-t) 'display SET value
        Pause 1000          ' Wait .1 second

    RETURN
    ***** MOTORLAR *****

kontrol:
    gosub manuel_kontrol
    gosub x_deg_al
    if abs(x-y) <= fark then sol=0 : sag=0 :goto next_c
    if x < y and sag_limit=1 then sol=0 : sag=1
    if x > y and sol_limit=0 then sol=0

next_c:
    gosub manuel_kontrol
    gosub z_deg_al
    if abs(z-t) <= fark then yukari = 0 : asagi=0 :return
    if z < t and alt_limit =1 then asagi = 1 : yukari=0
    if z > t and ust_limit =0 then yukari=0
return
*****

z_deg_al:
    gosub getz ' Get light value on current
    Gosub gett ' Get light value on 1 step back
    return
*****

x_deg_al:
    gosub getx ' Get light value on current
    Gosub gety ' Get light value on 1 step back
    return
*****

getx:
    ADCON0 = $41          ' Set A/D to Fosc/8, Channel 0, On

```

```

    Gosub getad
        x.highbyte = ADRESH      ' Move HIGH byte of result to adval
    x.lowbyte = ADRESL          ' Move LOW byte of result to adval
    pause 10
    Return
'*****'
gety:
    ADCON0 = $49              ' Set A/D to Fosc/8, Channel 1, On
    Gosub getad
        y.highbyte = ADRESH ' Move HIGH byte of result to adval
    y.lowbyte = ADRESL        ' Move LOW byte of result to adval
    pause 10

    Return
'*****'
getz:
    ADCON0 = $51              ' Set A/D to Fosc/8, Channel 2, On
    Gosub getad
        z.highbyte = ADRESH ' Move HIGH byte of result to adval
    pause 10
    Return
'*****'
gett:
    ADCON0 = $61              ' Set A/D to Fosc/8, Channel 4, On
    Gosub getad
        t.highbyte = ADRESH ' Move HIGH byte of result to adval
    t.lowbyte = ADRESL        ' Move LOW byte of result to adval

    Return
'*****'

getad:                'analog to digital convertor
    ADCON0.2 = 1      ' Start Conversion

notdone:
    Pause 5
    If ADCON0.2 = 1 Then notdone    ' Wait for low on bit-2 of ADCON0
    return
'*****'
'conversion finished

'*****'
MANUEL:
    sag=0:sol=0:asagi=0:yukari=0
    tt=1
    Lcdout $fe, 1          ' Clear screen
    Lcdout "MANUEL"
    pause 500
DEVAM:
    IF PORTD.2=0 THEN
        mm=mm+1
        PAUSE 500
    ENDIF

    if portD.1=0 AND MM=2 and sol_limit=1 then
        sol=1
    else
        sol=0
    endif

```



```

if portD.0=0 AND MM=3 and ust_limit=1 then
  yukari=1
else
  yukari=0
endif
if portD.1=0 AND MM=3 and alt_limit=1 then
  asagi=1
else
  asagi=0
endif

```

```

IF MM=3 THEN
  LCDOUT $FE, $C0
  LCDOUT "M2+/-" :TT=1
ENDIF

```

```

if control_time+1=100 or control_time+1=1 then Lcdout $fe, 1 : LCDOUT "Kont.Z. s"

```

```

  LCDOUT $FE, $C0
  LCDOUT DEC control_time

```

```

  PAUSE 100
ENDIF

```

```

IF PORTD.1 = 0 AND MM=4 THEN '-----

```

```

control_time=control_time-1

```

```

  if control_time+1=100 or control_time+1=10 then Lcdout $fe, 1 : LCDOUT "Kont.Z. s"

```

```

  LCDOUT $FE, $C0
  LCDOUT DEC control_time

```

```

  PAUSE 100
ENDIF

```

```

.....
.....

```

```

IF PORTD.0 = 0 AND MM=5 THEN '+++++++++++++

```

```

  fark =fark + 1

```

```

  if FARK=100 then fark=0

```

```

if fark+1=100 or fark+1=1 then Lcdout $fe, 1 : LCDOUT "Fark"

```

```

  LCDOUT $FE, $C0
  LCDOUT DEC fark

```

```

  PAUSE 200

```

```

ENDIF

```

```

  write 0, control_time

```

```

  write 5, fark

```

```

.....

```

```

IF MM < 6 THEN devam

```

```

IF MM = 6 THEN gosub lcdshow :RETURN

```

```

RETURN

```

```

end

```

## Programın Hex kodları

:10000000B8011B290408A7008910091009108316DC  
:100010008910091009100F30880583122708B818B5  
:100020002F283A30A1009830A4203330A600432076  
:100030001330A1008830A42043206430A320432043  
:100040006430A3202230A600432028302E200C301C  
:100050002E2006302E20B81427082F283814A6008A  
:10006000381C3D280910033C031C4228422007305D  
:10007000A100D030A420031408003814FE3C03195A  
:1000800016290914381C381089140F3088052608E1  
:10009000F03988048910A60E381843283230A3207E  
:1000A00003140800B91329080319B9170530A8006B  
:1000B0002730A300103068200330A300E830682008  
:1000C000A30164306820A3010A30682024086F2847  
:1000D000A2002508A1002408A000EF202008A0000D  
:1000E000A8030319B913290803197928280203184A  
:1000F00008002008031DB913B91B0800303E112960  
:100100003178D0083168C130C1483120C08162908  
:1001100003178C0083168C130C1555308D00AA30F4  
:100120008D008C148C1892280C111629A301A200A2  
:10013000FF30A207031CA307031C16290330A100EC  
:10014000DF30A4209828A101E83EA000A109FC30DE  
:10015000031CAD28A0070318AA28A0076400A10F5C  
:10016000AA282018B328A01CB728000B728080028  
:10017000A000A11B0B2120081629A101A301A200A8  
:100180000230D428A301A2000330D428A301A20086  
:100190000130D428A301A2000630D428A2000430E4  
:1001A000D428A301A2000530A80023082102031DC2  
:1001B000DB28220820020430031801300319023022  
:1001C0002805031DFF3016290038031DFF300405E4  
:1001D000031DFF3016290404031DFF301629A50155  
:1001E000A4011030A600210DA40DA50D2208A40223  
:1001F0002308031C230FA502031805292208A407BE  
:1002000023080318230FA5070310A00DA10DA60BAB  
:10021000F32820081629A009A109A00A0319A10A98  
:100220000800840031088A00300882008313031319  
:100230008312640008008316FF308500F0308600CA  
:10024000F03087000F30880082309F0083124130E9  
:100250009F000630CD0086018701C830D1000F30E5  
:10026000CB00D201BE01BF011E30CF003730D0001D  
:100270001930CA0005308A018020C90000308A0187  
:100280008020C8008A110A1268248A110A126F2479  
:100290008A110A1261228A110A12FB214208A00067  
:1002A0004308A1004B088A01C2208A110A12031DCB  
:1002B000D1290030CE180130A00000308A01BD20C5  
:1002C000B20000304E180130A00000308A01BD207D  
:1002D000B4003208840034088A01E420B400B50078  
:1002E0006400340835048A110A120319C429640011  
:1002F0008A110A12061E7E298610061464008A11CD  
:10030000A12071E85298710071464008A110A1231  
:10031000061A8B29061064008A110A12071A9129FD  
:1003200007100030061A0130A00000308A01BD20FD  
:10033000B2000030071A0130A00000308A01BD2051  
:10034000B4003208840034088A01E420B400B50007  
:100350006400340835048A110A120319B0294E14B6  
:1003600047308A01032045308A01032043308A0147  
:10037000032045308A0103200330A300E8308A01BE  
:1003800097208A110A12FB218A110A12FB216400AC  
:100390008A110A124E1CCF298A110A1206228A01DA  
:1003A00042294208A0004308A1004B088A01CA2044  
:1003B0008A110A12031DFB29CC0164004C08480273  
:1003C0008A110A12031CF1298A110A12FB21033037  
:1003D000A300E8308A019720CC0A8A110A12031D73  
:1003E000DD29CE104E108A110A1213238A110A1227  
:1003F000FB218A01422964008A110A120819052A80  
:100400000130CD008A110A12B92408008A01FB21AB  
:1004100064008A110A12CE1C122A061007108610D8  
:1004200087100800BE0A0319BF0A3E08A0003F0853  
:10043000A1005088A01CA208A110A12031D242A29  
:10044000CE14BE01BF0108003E08A0003F08A10075  
:100450005088A01D1208A110A12031D332A8610FE  
:100460008A110A12342A86143E08A0003F08A1000F

:100470004A088A01D1208A110A12031D432A8710D3  
:100480008A110A12442A871451088A0196203E08CC  
:10049000A0003F08A10050088A01CA20B2003E080F  
:1004A000A0003F08A1004A088A01CA20B40032080F  
:1004B000840034088A01E4208A110A12031D062AE6  
:1004C00008008A01FB21FE308A01032001308A01E5  
:1004D000032052308A0103203A308A010320A90107  
:1004E0004208A4004308A5000230B000B1018A010F  
:1004F000522020308A0103204C308A0103203A30F8  
:100500008A010320A9014408A4004508A50002307F  
:10051000B000B1018A015220FE308A010320C030B0  
:100520008A01032052308A0103202D308A010320E2  
:100530004C308A0103203A308A010320A901440883  
:100540004202B2004508031C013E4302B3003308D7  
:10055000A10032088A01B820B2002108B300320895  
:10056000A4003308A5000230B000B1018A01522076  
:10057000FE308A01032090308A01032055308A0121  
:1005800003203A308A010320A9014608A400470845  
:10059000A5000230B000B1018A0152202308A014A  
:1005A000032044308A0103203A308A010320A90144  
:1005B0004008A4004108A5000230B000B1018A0142  
:1005C0005220FE308A010320D0308A0103205530AA  
:1005D0008A0103202D308A01032044308A01032040  
:1005E0003A308A010320A90140084602B2004108BE  
:1005F000031C013E4702B3003308A10032088A0100  
:10060000B820B2002108B3003208A4003308A500C6  
:100610000230B000B1018A0152200330A300E8305B  
:100620008A01972008008A01FB218A110A126F248F  
:1006300044084202B2004508031C013E4302B300D5  
:100640003308A10032088A01B820B2002108B300A3  
:100650003208A0003308A10049088A01C6208A1187  
:10066000A12031D382B861006108A110A12BE2B9F  
:100670004208A0004308A1004508A30044088A01DD  
:10068000CE20B2000030061A0130A00001308A01ED  
:10069000BD20B4003208840034088A01E420B4008C  
:1006A000B5006400340835048A110A1203195A2B64  
:1006B000861006144208A0004308A1004508A300C4  
:1006C00044088A01CE20B2000030061A0130A00092  
:1006D00000308A01BD20B4003208840034088A0149  
:1006E000E420B400B5006400340835048A110A120D  
:1006F00003197B2B06104208A0004308A1004508FF  
:10070000A30044088A01C720B2000030861A0130D5  
:10071000A00001308A01BD20B400320884003408F2  
:100720008A01E420B400B5006400340835048A115D  
:100730000A1203199D2B061086144208A0004308D4  
:10074000A1004508A30044088A01C720B200003078  
:10075000861A0130A00000308A01BD20B4003208A2  
:10076000840034088A01E420B400B5006400340831  
:1007700035048A110A120319BE2B86108A01FB2147  
:100780008A110A12682440084602B2004108031C7C  
:10079000013E4702B3003308A10032088A01B820A5  
:1007A000B2002108B3003208A0003308A1004908B4  
:1007B0008A110A12AF241E08C30083161E08831231  
:1007C0000C2000A308A019620080061309F008A11EF  
:1007D000A12AF241E08C50083161E088312C400E5  
:1007E0000A308A019620080051309F008A110A126D  
:1007F000AF241E08C70083161E088312C6000A30A3  
:100800008A019620080061309F008A110A12AF24A4  
:100810001E08C10083161E088312C00008001F1560  
:1008200005308A01962064008A110A121F19B02CE2  
:10083000080006108610871007100130D200FE30E4  
:100840008A01032001308A0103204D308A010320AF  
:1008500041308A0103204E308A01032055308A01FC  
:1008600032045308A0103204C308A0103200130A6  
:10087000A300F4308A01972064008A110A120819F2  
:10088000E72CCD0A0130A300F4308A0197200030D3  
:1008900008180130A00000308A01BD20B4004D0887  
:1008A000A00002308A01BD20B4003208840034081F  
:1008B0008A01E420B400B5000030061A0130A000DE  
:1008C00001308A01BD20B600340835048400360860  
:1008D0008A01E420B6003408350484003608A1162  
:1008E000A120319172D06148A110A12182D06101E  
:1008F00003088180130A00000308A01BD20B200CB  
:10090004D08A00002308A01BD20B40032088400A5

:100A500034088A01E420B400B5000030861A013061  
:100A6000A00001308A01BD20B6003408350484009E  
:100A700036088A01E420B600B7006400360837045F  
:100A80008A110A120319482D86148A110A12492D57  
:100A90008610003008180130A00000308A01BD2007  
:100AA000B2004D08A00003308A01BD20B400320816  
:100AB000840034088A01E420B400B5000030071A2D  
:100AC0000130A00001308A01BD20B6003408350491  
:100AD000840036088A01E420B600B70064003608B6  
:100AE00037048A110A120319792D07148A110A1280  
:100AF0007A2D0710003088180130A00000308A01DC  
:100B0000BD20B2004D08A00003308A01BD20B40012  
:100B10003208840034088A01E420B400B5000030B3  
:100B2000871A0130A00001308A01BD20B6003408C8  
:100B30003504840036088A01E420B600B70064005A  
:100B4000360837048A110A120319AA2D87148A114C  
:100B50000A12AB2D871064004D08023C8A110A125C  
:100B6000031DE72D64005208013C8A110A12031D7F  
:100B7000C02DFE308A01032001308A010320D201FA  
:100B80004D308A01032041308A0103204E308A0112  
:100B9000032055308A01032045308A0103204C3060  
:100BA0008A010320FE308A010320C0308A0103201D  
:100BB0004D308A01032031308A0103202B308A0115  
:100BC00003202F308A0103202D308A010320640086  
:100BD0004D08033C8A110A12031D052EFE308A01BE  
:100BE0000320C0308A0103204D308A0103203230B7  
:100BF0008A0103202B308A0103202F308A01032031  
:100C00002D308A0103200130D20064004D08043CDD  
:100C10008A110A12031D442E64005208013C8A11F5  
:100C20000A12031D352EFE308A01032001308A018D  
:100C30000320D2014B308A0103206F308A01032048  
:100C40006E308A01032074308A0103202E308A011D  
:100C500003205A308A0103202E308A0103202030DD  
:100C60008A01032073308A010320FE308A010320A9  
:100C7000C0308A010320A9014808A400A501023060  
:100C8000B000B1018A01522064004D08053C8A1170  
:100D1000B400B5006400340835048A110A120319BE  
:100D2000EF2EC80A01304807B200B301B30D3208F4  
:100D3000A0003308A100A30164308A01BF20B200E3  
:100D400001304807B400B501B50D3408A0003508DE  
:100D5000A100A30101308A01BF20B4003208840041  
:100D600034088A01EB20B400B5006400340835046F  
:100D70008A110A120319DD2EFE308A010320013088

:100D80008A0103204B308A0103206F308A0103203F  
:100D90006E308A01032074308A0103202E308A01CC  
:100DA00003205A308A0103202E308A01032020308C  
:100DB0008A01032073308A010320FE308A01032058  
:100DC000C0308A010320A9014808A400A50102300F  
:100DD000B000B1018A01522064308A0196200030AF  
:100DE00088180130A00000308A01BD20B2004D08F3  
:100DF000A00004308A01BD20B40032088400340809  
:100E00008A01E420B400B5006400340835048A1176  
:100E10000A120319692FC80301304807B200B30151  
:100E2000B30D3208A0003308A100A30164308A0189  
:100E3000BF20B20001304807B400B501B50D340839  
:100E4000A0003508A100A3010A308A01BF20B40028  
:100E50003208840034088A01EB20B400B500640035  
:100E6000340835048A110A120319572FFE308A01FB  
:100E7000032001308A0103204B308A0103206F30A0  
:100E80008A0103206E308A01032074308A01032016  
:100E90002E308A0103205A308A0103202E308A0125  
:100EA000032020308A01032073308A010320FE30A2  
:100EB0008A010320C0308A010320A9014808A40048  
:100EC000A5010230B000B1018A01522064308A01CC  
:100ED0009620003008180130A00000308A01BD20A3  
:100EE000B2004D08A00005308A01BD20B4003208D0  
:100EF000840034088A01E420B400B500640034089A  
:100F000035048A110A120319DC2FC90A6400490842  
:100F1000643C8A110A12031D8E2FC9010130490752  
:100F2000B200B301B30D3208A0003308A100A30141  
:100F300064308A01BF20B20001304907B400B50116  
:100F4000B50D3408A0003508A100A30101308A01C5  
:100F5000BF20B4003208840034088A01EB20B400BA  
:100F6000B5006400340835048A110A120319CA2F27  
:100F7000FE308A01032001308A01032046308A01B5  
:100F8000032061308A01032072308A0103206B3014  
:100F90008A010320FE308A010320C0308A01032029  
:100FA000A9014908A400A5010230B000B1018A01DD  
:100FB0005220C8308A01962003178D010313480878  
:100FC0008A018820031705308D00031349088A0120  
:100FD0008820640006304D028A110A12031CDC2CA2  
:100FE00064004D08063C8A110A12031DFA2F8A017B  
:0C0FF00061220800080063008A01FB2F4A  
:02400E00753FFC  
:00000001FF

## Hesaplamalarda Kullanılmak Üzere Geliştirilen Bilgisayar Yazılımı:

```
'*****
'*  Name      : solar.exe                               *
'*  Author    : [*Ramazan ŞENOL*]                       *
'*  Notice    : Copyright (c) 2005                       *
'*            : All Rights Reserved                       *
'*  Date      : 10.01.2005                               *
'*  Version   : 1.0                                       *
'*  Notes     : ŞENOL                                     *
'*****

clc;
clear;
disp('-----')
disp('Güneş Enerji Performans Takip Pro 1.0')
disp('-----')

n= input('Gün Sayısını giriniz      :');
m= input('Öğleden önce Dakika Sayısı :');
fi= input('Enlem i Giriniz          :');
beta=input('Modülün Eğim Açısı      :');
H= input('Yataya Gelen Direkt Işınım :');
ro= input('Yansıtma Katsayısı      :');
disp('-----')
disp('Sonuçlar ...')
disp('-----')
disp('Düzeltilme Faktörü (f) ')
f=1+0.033*cos((360*(n/365))*pi/180)
disp('-----')
disp('Deklinalasyon Değeri (dek) ')
dek=23.45*sin((360*(n+284)/365)*pi/180)
disp('-----')
disp('Saat Açısı (w) ')
w=m/4
disp('-----')
disp('Güneş Yükseklik Açısı (alfa_s) (derece) ')
alfa_s=asin(cos(fi*pi/180)*cos(dek*pi/180)*cos(w*pi/180))+sin(fi*pi/180)*sin(dek*pi/180));
alfa_s=alfa_s*180/pi
disp('-----')
disp('Güneş Azimuth Açısı (gama_s) (derece) ')
gama_s=acos(((sin(alfa_s*pi/180)*sin(fi*pi/180))-sin(dek*pi/180))/cos(alfa_s*pi/180)*cos(fi*pi/180));
gama_s=gama_s*180/pi
disp('-----')
disp('Zenit Açısı (teta_s) (Derece) ')
teta_s=90-alfa_s
disp('-----')
durum=input('Panel Güney Yönünde Sabit (1) / İki Eksenli İzleme (2)')

if durum==1
gama=0
%-----
disp('-----')
disp('Güneş Geliş Açısı (teta) (Derece) ')
teta=acos((sin(dek*pi/180)*sin(fi*pi/180)*cos(beta*pi/180))-
(sin(dek*pi/180)*cos(fi*pi/180)*sin(beta*pi/180)*cos(gama*pi/180))+
(cos(dek*pi/180)*cos(fi*pi/180)*cos(beta*pi/180)*cos(w*pi/180))
+(cos(dek*pi/180)*sin(fi*pi/180)*sin(beta*pi/180)*cos(gama*pi/180)*cos(w*pi/180))+cos(dek*pi/180)*sin(beta*pi/180)*sin(gama*pi/180)*sin(w*pi/180));

teta=teta*180/pi
```

```

disp('-----')
disp('Maksimum Direkt Güneş Işınımı (Hn) ')
Hn=H/cos(teta_s*pi/180)
disp('-----')
disp('Eğik Yüzeye Gelen Dik Direkt Güneş Işınımı (Hb)')
Hb=Hn*cos(teta*pi/180);
Hb=abs (Hb)

disp('-----')
disp('Pv Işınımının Yatay Düzleme Gelen Işınımına Oranı(Rb)')
Rb1=Hb/H
Rb2=cos(teta*pi/180)/cos(teta_s*pi/180)
if Rb1==Rb2
Rb=Rb1
elseif Rb1~=Rb2
Rb=Rb1
disp('Hata Var (Rb1 <> Rb2) ')
end
disp('-----')
disp('Bulutluluk Faktörü (Kt) ')
Kt=H/Hn
disp('-----')
disp('Yayıllı Işınım Oranı (Ky)')
Ky=1.390-(4.027*Kt)+(5.31*Kt^2)-(3.108*Kt^3);
Ky=abs(Ky)
disp('-----')
disp('Difüz Işınım Miktarı (Hd)')
Hd=Ky*H
disp('-----')
disp('Eğimli Bir Yüzeyde Difüz Işınım Miktarı (Hdp) ')
Hdp=Hd*(1+cos(beta*pi/180))/2
disp('-----')
disp('Eğimli Bir Yüzeyde Yansiyarak Gelen Işınım Miktarı (Hgr) ')
Hgr=((H+Hd)*(1-cos(beta*pi/180))/2)*(ro)
disp('-----')
disp('Eğimli PV Yüzeye Gelen Toplam Işınım Miktarı (Ht)')
Ht=Hb+Hdp+Hgr

%-----
else if durum==2
gama=180-gama_s
beta=90-alfa_s
end

disp('-----')
disp('Güneş Geliş Açısı (teta) (Derece) ')
teta=acos((sin(dek*pi/180)*sin(fi*pi/180)*cos(beta*pi/180))-
(sin(dek*pi/180)*cos(fi*pi/180)*sin(beta*pi/180)*cos(gama*pi/180))+
(cos(dek*pi/180)*cos(fi*pi/180)*cos(beta*pi/180)*cos(w*pi/180))
+(cos(dek*pi/180)*sin(fi*pi/180)*sin(beta*pi/180)*cos(gama*pi/180)*cos(w*pi/180))+
(cos(dek*pi/180)*sin(beta*pi/180)*sin(gama*pi/180)*sin(w*pi/180)));
teta=teta*180/pi
disp('-----')
disp('Maksimum Direkt Güneş Işınımı (Hn) ')
Hn=H/cos(teta_s*pi/180)
disp('-----')
disp('Eğik Yüzeye Gelen Dik Direkt Güneş Işınımı (Hb)')
Hb=Hn*cos(teta*pi/180)
Hb=abs(Hb)
disp('-----')

```



## Terimler:

**Amper Saat (Ah) :** Elektriksel akımın ölçüsü olarak bir elektriksel devrenin herhangi bir noktasından saatte geçen elektrik akış miktarıdır. Akü kapasitesi amper saat ile ölçülür.

**Dizi :** Belirli bir güç miktarını elde etmek için fotovoltaik modül topluluğunun elektriksel olarak aynı yapı içerisinde diğerleri ile bağlanması ile oluşan yapı.

**Otonom (bağımsız) Çalışma :** Çalışması başka bir enerji kaynağını gerektirmeyen çalışma durumu. Bağımsız çalışabilme kabiliyeti.

**Azimut :** Direkt olarak güneşin altındaki yatayda bir nokta ile güney arasındaki açılal ölçü.

**Sistem Dengesi :** PV modül ve yükün dışındaki diğer Pv sistem bileşenleri.

**Hücre (Fotovoltaik, Cell) :** Işığı direkt olarak doğru akıma dönüştüren yarı iletken eleman.

**Şarj Kontrol :** Fotovoltaik sistemin bir bileşeni olarak akünün şarj durumunu kontrol eden, aşırı şarj ve deşarjdan aküyü koruyan sistemdir. Bu sistem çoğu durumlarda izleme sistemi olarak da kullanılmaktadır.

**Enerji :** İş yapabilme kabiliyeti.

**Şebeke Bağlantısı :** Bir PV sistemin merkezi elektrik şebekesine (Enter Konnekte Sistem) bağlantısı.

**Doğru Akım (D.C.) :** Eşit zaman aralıklarında yönü ve şiddeti değişmeyen akım.

**Amper :** Elektrik akım birimidir. (A) harfi ile gösterilir. Amper, bir Gümüş Nitrat ( $AgNO_3$ ) eriğinden saniyede 1,118 miligram Gümüş ayıran elektrik akım şiddetidir.

**Ohm :** Direnç birimidir. ( $\Omega$ ) harfi ile gösterilir. 1 mm<sup>2</sup> kesitinde, 106,3 cm uzunluğunda, 0 °C' de ve 14,4521 gram ağırlığındaki Cıva sütununun direncidir.

**Gerilim (Volt) :** Gerilim (Potansiyel Fark) (V) harfi ile gösterilir. Direnci 1 ohm olan ve içinden 1 Amper akım şiddetinde akım geçiren bir iletkenin uçları arasındaki potansiyel farktır.

**Watt-Saat (Wh) :** Elektrik enerjisinin ölçüsü olarak elektriksel güç ile uygulama zamanının (saat) çarpımına eşittir.

**Silikon (Silisyum) :** Sahil kumunun temel materyali olup metal olmayan bir elementtir. Fotovoltaik hücrelerin imalatında en çok kullanılan hammadde olarak karşımıza çıkmaktadır.

**Bağımsız Fotovoltaik Sistem :** Bir güneş elektrik sistemi olup çoğunlukla uzak/üçra bölgelerde kullanılır ve ana şebekeye (Enterkonnekte sistem) bağlantı yapılmaz. Çoğu bağımsız sistem akü gibi bazı depolama elemanlarıyla dizayn edilirler.

**Hibrit Sistem :** Birden fazla güç üreten alt sisteme sahip güç sistemi.

**Işınım :** Güneşten yeryüzüne ulaşan enerji miktarı. Genellikle watt/m<sup>2</sup> olarak ifade edilir. Bazen w/m<sup>2</sup>/gün olarak da ifade edilmektedir.

**İnverter :** Doğru akımı (DC) alternatif akıma dönüştüren sistem.

**Kilovat (kw) :** 1000 watt.

**Kilovat saat(KwH):**1000 watt saat.Tüketicinin ödediğı enerji miktarı bellidir.Ülkemizde kwh başına yaklaşık 200.000TL alınmaktadır.

**Çevrimin Ömür Maliyet Analizi:**Beklenen toplam sahiplik maliyetinin sistemin yaşam süresi üzerine hesaplanmasında bir ekonomik analiz şeklidir.ömür çevrim

analizi,fotovoltaik,fosil yakıt jeneratörleri yada büyük güç hatları gibi alternatif enerji sistemlerinin maliyetlerinin doğrudan karşılaştırmasına olanak verir.

**Yük:**Elektriksel devrede güç harcayan aygıt,örneğin lamba

**Bakım Maliyeti:**Sistemin periyodik olarak bakım,onarım giderleridir.Ayrıca sistemin herhangi bir arıza durumundaki yapılan masrafları da içerir.

**Modül:**Panel olarak da adlandırılan bu yapı belirli sayıda fotovoltaik hücrelerin diğerleri ile kablo vasıtası ile birleştirilerek belli bir forma getirilmesi ve ortak bir yapı içine alınmasıyla oluşur.

**İşletme Maliyeti:**Seçilen bir dönemde bir sistemin kullanım maliyeti.

**Paralel Bağlantı:**artı terminallerin artı terminallerle,eksi terminallerin eksi terminallerle kablolanması işlemidir.akımın artırılması amaçlanır.

**Alternatif Akım(A-C):**Eşit zaman aralıklarında yönünü ve şiddetini değiştiren akımdır.

**Peak Güneş Zamanları:**metre kareye ortalama 1000w güne ışınımı ve gerek güneşlenme şartları altında aynı toplam ışınımın üretildiği saatlerin sayısına eşittir.

**Peak Güç( $W_p$ ) :** Bir güneş modülünün tan ışınım ve 25 °C işletme sıcaklığında açık ve güneşli bir günde ürettiği maksimum güçtür.(watt)

**Fotovoltaik sistem(PV):** güneş ışığında fotovoltaik etki prensibi ile elektrik üretmek için; modülleri,sistemin dengeleyici bileşenlerini ve yükü içine alan bir set olarak düşünülebilir.

**Güç:**Yapılan iş yada enerjinin üretilme veya tüketilme oranları, güç;watt veya beygir gücüne (Hp) ile ölçülür,saniyede yapılan işe güç denir.

**Güç Şartlandırıcı:** mütakip uygulamada kullanılmak üzere uygun bir formda fotovoltaik modülden dönüştürülen elektriksel güçte kullanılan inverter, transformatör,gerilim regülatörü ve diğer güç kontrol elemanları gibi elektriksel cihazlar.

**Seri Bağlantı:**Gerilim arttırmak amacıyla eksi kutbun artı kutba bağlantısıyla oluşturulan kablolama yöntemi.

**Watt:**güç birimidir.(w) harfi ile gösterilir.bir alıcının uçları arasındaki potansiyel farkın 1 volt,içinden geçen akım 1 amper ise bu alıcının gücü 1 watt'tır.



## GÜNEŞ PİLLERİNİN DÜNYA ÜZERİNDEKİ MEVCUT ÜRETİM DURUMU

Tablo ek1. 2003 yılına kadar dünya genelinde PV üretimi (MWp-DC)

Bölge	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Japonya	16,40	21,20	35,00	49,00	80,00	128,60	171,22	251,07	363,91
Avrupa	20,10	18,80	30,40	33,50	40,00	60,66	86,38	135,05	193,35
A.B.D.	34,75	38,85	51,00	53,70	60,30	74,97	100,32	120,60	103,02
Dünyanın Geri Kalanı(D.G.K.)	6,35	9,75	9,40	18,70	20,50	23,42	32,62	55,05	83,80
<b>Toplam</b>	<b>77,60</b>	<b>88,60</b>	<b>125,80</b>	<b>154,90</b>	<b>201,30</b>	<b>87,65</b>	<b>390,54</b>	<b>561,77</b>	<b>744,08</b>

Renewable Energy World, Review Issue 2004-2005 July- August 2004 Volume 7 Sayı 4 Sayfa 86

Tablo ek2. En fazla PV hücre / Modül Üretimi yapan kuruluşlar

Üretici Firma	Yıllık Üretim (MW)					Yıllara Göre Sıralama				
	1999	2000	2001	2002	2003	1999	2000	2001	2002	2003
Sharp	30,00	50,40	75,02	123,07	198,00	3	1	1	1	1
Shell Solar	22,20	28,00	39,00	57,50	73,00	4	4	4	4	2
Kyocera	30,30	42,00	54,00	60,00	72,00	2	2	3	3	3
BP Solar	32,50	41,90	54,20	73,80	70,23	1	3	2	2	4
RWE Schott (önceki adı ASE)	10,00	14,00	23,00	29,50	42,00	7	7	6	7	5
Mitsubishi	N/A	12,00	14,00	24,00	42,00	N/A	9	9	9	5
Isoton	6,10	9,50	18,02	27,35	35,20	-	10	8	8	7
Sanyo	13,00	17,00	19,00	35,00	35,00	5	6	7	5	8
Q-Cells	-	-	-	-	28,00	-	-	-	-	9
Photo watt	10,00	14,00	14,00	17,00	20,00	7	7	10	10	10
AstroPower	12,00	18,00	26,00	29,70	17,00	6	5	5	6	11
<b>Toplam</b>	<b>166,10</b>	<b>246,80</b>	<b>336,24</b>	<b>476,92</b>	<b>632,43</b>			-		
<b>Dünya Toplamı</b>	<b>201,30</b>	<b>287,65</b>	<b>390,50</b>	<b>561,77</b>	<b>744,08</b>			-		

Renewable Energy World, Review Issue 2004-2005 July- August 2004 Volume 7 Sayı 4 Sayfa 88

Tablo ek3. 1993 - 2003 yılları arasında uygulama alanlarıyla dünya PV piyasası (MW/Yıl)

Uygulama	1993	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Şebekeye bağlantılı Konut / Ticari	2	7	27	36	60	120	199	270	365
Tüketici Ürünleri	18	22	26	30	35	40	45	60	65
Dünya toplamında Kırsal bölgede şebekeden bağımsız	8	15	19	24	31	38	45	60	70
İletişim ve sinyalizasyon	16	23	28	31	35	40	46	60	70
Pv - dizel, Ticari	10	12	16	20	25	30	36	45	50
Amerika'da konutlarda şebekeden bağımsız	5	8	9	10	13	15	19	25	30
Merkeziles(tiril)mis (> 100 kW}	2	2	2	2	2	5	5	5	8
<b>Toplam (MW/yıl)</b>	<b>61</b>	<b>89</b>	<b>127</b>	<b>153</b>	<b>207</b>	<b>288</b>	<b>395</b>	<b>525</b>	<b>658</b>

Renewable Energy World, Review Issue 2004-2005 July- August 2004 Volume 7 Sayı 4 Sayfa 90

Tablo ek4. 2003 yılı itibariyle dünya üzerinde teknoloji bakımından hücre / Modül üretimi

Teknoloji	Üretim (MW)					Toplamda oranı
	A.B.D.	Japonya	Avrupa	Dünyanın Geri Kalanı	Toplam	
Polykristal	13,42	271,23	114,50	60,65	459,80	61,79%
Tek kristal düz yüzeyle	68,00	44,17	71,15	17,15	200,47	26,94%
<b>Tek ve Polykristal toplamı</b>	<b>81,42</b>	<b>315,40</b>	<b>185,65</b>	<b>77,80</b>	<b>660,27</b>	<b>88,73%</b>
Amorf silisyum	7,10	0,01	7,70	3,00	17,81	2,40%7
Amorf silisyumun yapı içinde kullanımı	0,00	5,00	0,00	3,00	8,00	1,00%
Amorf silisyum toplamı	7,10	5,01	7,70	6,00	25,81	3,40%
Silisyum kristal yoğunlaştırıcılar	0,70	-	-	-	0,70	0,10%
Şerit (Silisyum)	6,30	-	-	-	6,80	0,90%
Kadmiyum Tellürün yapı içinde kullanımı	0,00	0,00 <sup>a</sup>	-	-	-	-
Kadmiyum Tellür dış mekanda kullanımı	3,00	-	-	-	3,00	0,40%
Bakır indiyum diselenid	4,00	-	-	-	4,00	0,54%
Microcrystalline Si/single Si	-	13,50	-	-	13,50	1,82%
Düşük maliyetteki alt tabakada Si	0,00	-	-	-	0,00	0,00%
A-Si on Cz kesit	-	30,00	-	-	30,00	4,00%
<b>Toplam</b>	<b>103,02</b>	<b>363,91</b>	<b>193,35</b>	<b>83,80</b>	<b>744,08</b>	<b>99,89%</b>
Toplam yapı içi kullanım (8,0 A-Si + 1,5 CdTe)					<b>9,60</b>	
<b>Yeryüzündeki Toplam üretim</b>					<b>734,48</b>	

<sup>a</sup> hesap makineleri için Matsushita tarafından üretilen CdTe

Renewable Energy World, Review Issue 2004-2005 July- August 2004 Volume 7 Sayı 4 Sayfa 90

Tablo ek5. Amerika'da PV Hücre / Modül üretimi (MW)

Şirket	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Shell Solar	17,00	22,00	20,00	22,20	28,00	39,00	46,50	52,00
Astro Power	2,85	4,30	7,00	12,00	18,00	26,00	29,70	17,00
BP Solar	10,80	14,80	15,90	18,00	20,47	25,22	31,00	13,42
USSC	0,60	1,70	2,20	3,00	3,00	3,80	4,00	7,00
RWE Schott (ASE)	3,00	4,00	4,00	4,00	4,00	5,00	5,00	4,00
First Solar	-	-	-	-	-	-	1,00	3,00
Evergreen Solar	-	-	-	-	-	-	1,90	2,80
Global Solar	-	-	-	-	-	-	-	2,00
Diğerleri (SunPower, Ammonix, Iowa Thin Film Technologies)	1,10	0,20	0,60	1,00	1,50	1,30	2,50	1,80
<b>Toplam</b>	<b>35,35</b>	<b>47,00</b>	<b>49,70</b>	<b>60,20</b>	<b>74,97</b>	<b>100,32</b>	<b>121,60</b>	<b>103,02</b>

Renewable Energy World, Review Issue 2004-2005 July- August 2004 Volume 7 Sayı 4 Sayfa 92

Tablo ek6. A.B.D.'de sektörlere göre PV uygulamaları (MW).

Uygulama Tipi	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Şebeke bağlantılı dağıtım	1,2	1,5	2,0	2,0	2,2	3,7	5,5	12,0	22,0	32,0
Şebekeden bağımsız endüstriyel / ticari	3,3	4,0	4,4	4,8	5,2	6,5	7,5	9,0	13,0	16,0
Şebekeden bağımsız tüketici	3,0	3,5	4,0	4,2	4,5	5,5	6,0	7,0	8,4	9,0
Merkezi istasyon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,0
Tüketici (< 40 W)	1,7	2,0	2,2	2,2	2,4	2,4	2,5	3,0	4,0	4,0
Devlet projeleri	0,6	0,8	1,2	1,5	1,5	2,5	2,5	1,0	1,0	1,0
A.B.D.'inde toplam kurulum	9,8	11,8	13,8	14,7	15,8	20,6	24,0	32,0	48,4	67,0
Ithalat	-	-	-	-	-	2,0	4,0	5,0	9,0	18,0
Ihracat	16,2	24,0	25,1	36,3	37,9	39,8	55,0	73,3	81,2	54,0
<b>Toplam üretim</b>	<b>26,0</b>	<b>35,8</b>	<b>38,9</b>	<b>51,0</b>	<b>53,7</b>	<b>58,4</b>	<b>75,0</b>	<b>100,3</b>	<b>120,6</b>	<b>103,0</b>

Renewable Energy World, Review Issue 2004-2005 July- August 2004 Volume 7 Sayı 4 Sayfa 92

Tablo ek7. Avrupa'da PV üretimi (MW)

Firma	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
RWE Schott (Germany; ASE)	2,00	3,00	7,00	10,00	16,00	24,50	38,00
Isofoton (Spain)	2,70	4,20	6,10	9,50	18,02	27,35	35,20
Q-Cells (Germany)	-	-	-	-	-	8,00	28,00
Shell (Germany)	-	-	-	3,30	7,50	9,00	25,00
Photowatt (France)	5,70	12,00	10,00	14,00	14,00	17,00	20,00
BP Solar (Spain)	11,30	4,50	5,00	9,16	12,16	16,70	16,45
Ersol (Germany)	-	-	-	-	-	9,00	9,00
Sunways (Germany)	-	-	—	—	—	4,50	4,50
Eurosolare (Italy)	2,50	3,20	1,50	2,30	4,00	3,00	3,50
Helios (Italy)	1,40	1,50	1,30	1,50	2,20	3,00	3,50
Intersolar (UK)	1,20	1,30	2,00	2,50	3,00	2,30	2,50
RWE Phototronics (Germany)	0,00	0,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Free Energy Europe (the Netherlands)	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Konkar (Croatia)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,60	0,60	0,60
Shell (the Netherlands)	2,00	2,00	2,00	2,20	2,80	0,00	0,00
Dunasolar (Hungary)	—	—	1,20	2,20	3,00	3,00	0,00
Diğer Firmalar	0,20	0,40	0,50	0,60	0,50	4,50	4,50
<b>Toplam</b>	<b>30,40</b>	<b>33,50</b>	<b>40,00</b>	<b>60,66</b>	<b>86,38</b>	<b>135,05</b>	<b>193,35</b>

Renewable Energy World, Review Issue 2004-2005 July- August 2004 Volume 7 Sayı 4 Sayfa 98

Tablo ek8. 1995 – 2003 yılları arasında PV hücre / modül üretimi (MW)

Firma	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
CEL (Hindistan)	1,40	1,60	2,00	2,00	2,10	1,50	1,70	1,50	2,00
Sinonar (Tayvan)	-	2,50	2,50	2,60	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00
BHEL (Hindistan)	1,15	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,50	1,50	2,00
BEL (Hindistan)	-	-	-	-	-	-	-	1,00	1,00
RES (Hindistan)	0,70	1,00	1,00	1,20	1,20	1,00	1,00	-	-
Heliodinamica (Brezilya)	0,40	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Reil (Hindistan)	0,70	0,70	-	-	-	-	-	-	-
CHINA	1,50	1,50	1,50	1,60	2,00	2,50	3,00	8,00	9,00
Webel (Hindistan)	-	0,65	0,70	0,70	1,20	1,50	1,20	3,00	4,50
Udhaya(Hindistan)	-	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,95	0,95
BP Solar (Hindistan)	-	-	-	3,80	4,00	6,46	8,06	13,10	14,11
BP Solar (Avustralya)	-	-	-	5,10	5,50	5,76	6,96	8,40	26,24
BP Solar (Hong Kong)	-	-	-	-	-	-	1,30	3,30	0,0
BP Solar (Malezya)	-	-	-	-	-	-	0,70	1,30	0,0
Motech (Tayvan)	-	-	-	-	-	-	3,50	8,00	17,00
Maharishi	-	-	-	-	-	-	-	-	3,00
<b>Diğerleri*</b>	0,50	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	2,00	1,00
<b>Toplam üretim</b>	<b>6,35</b>	<b>9,75</b>	<b>9,40</b>	<b>18,70</b>	<b>20,50</b>	<b>23,42</b>	<b>32,62</b>	<b>55,05</b>	<b>83,80</b>

\*Microsol ve Harbin Chronar,

Renewable Energy World, Review Issue 2004-2005 July- August 2004 Volume 7 Sayı 4 Sayfa 100

Tablo ek9. Avrupa Yenilenebilir Enerji Konseyi'nin (EREC) mevcut dinamik politikalara göre Mtoe biriminde küresel birincil enerji tüketiminin yenilenebilir paylaşımı.

	Yıllara Gore Enerji Tüketimi (Mtoe)				
	2001	2010	2020	2030	2040
<b>Dünyanın birincil enerji tüketimi</b>	10038,3	11752,0	13553,0	15547,0	17690,0
<b>Biyokütle</b>	1080,0	1291,0	1653,0	2221,0	2843,0
<b>Büyük Hidrolik Barajlar</b>	222,7	255,0	281,0	296,0	308,0
<b>Küçük Hidrolik Barajlar</b>	9,5	16,0	34,0	62,0	91,0
<b>Rüzgar</b>	4,7	35,0	167,0	395,0	584,0
<b>PV</b>	<b>0,2</b>	<b>1,0</b>	<b>15,0</b>	<b>110,0</b>	<b>445,0</b>
<b>Güneş Isıl</b>	4,1	11,0	41,0	127,0	274,0
<b>Güneş Isıl Güç</b>	0,1	0,4	2,0	9,0	29,0
<b>Jeotermal</b>	43,2	73,0	131,0	194,0	261,0
<b>Denize ait (Gelgit, Dalga ve Okyanus)</b>	0,05	0,1	0,4	2,0	9,0
<b>Toplam Yenilenebilir</b>	<b>1364,5</b>	<b>1682,5</b>	<b>2324,4</b>	<b>3416,0</b>	<b>4844,0</b>
<b>Yenilenebilir Katkı</b>	<b>13,6%</b>	<b>14,3%</b>	<b>17,1%</b>	<b>22,0%</b>	<b>27,4%</b>

Renewable Energy World, Review Issue 2004-2005 July- August 2004 Volume 7 Sayı 4 Sayfa 245

## Güneş Pilleri Üzerine Bilgi Edinilebilecek Kuruluşlar

American Solar Energy Society, 2400 Central Ave., G-1, Boulder, CO 80301, USA, ph: 303-443-3130 (United States section of the International Solar Energy Society). [www.ases.org](http://www.ases.org)

Energy Efficiency and Renewable Energy Clearinghouse (EREC), P.O. Box 3048, Merrifield, VA 22116, ph: 1-800-363-3732; FAX 1-703-893-0400; Internet e-mail: [energyinfo@delphi.com](mailto:energyinfo@delphi.com).

Florida Solar Energy Center, 1679 Clearlake Road, Cocoa, Florida, USA, 32922, ph: 407-638-1000, fax 407-638-1010.

National Renewable Energy Laboratory (NREL, formerly SERI), Technical Inquiry Service, 1617 Cole Blvd, Golden, CO 80401, USA, ph: (303)275-4099; FAX (303)275-4091; E-mail: [rubin@tcplink.nrel.gov](mailto:rubin@tcplink.nrel.gov)

National Technical Information Service (NTIS), U.S. Dept. of Commerce, 5285 Port Royal Road, Springfield, VA 22161, USA, ph: 703-487-4650.

Sandia National Laboratories, Design Assistance Center, Division 6218, P.O. Box 5800, Albuquerque, NM 87185, USA, ph/fax: 505-844-3698.

Solar Energy Industries Association (SEIA), 122 C Street, N.W., Fourth Floor, Washington, D.C. 20001-2109, USA, ph: (202)383-2600.

Southwest Technology Development Institute, New Mexico State University, Dept. 3 SOLAR, P.O. Box 30001, Las Cruces, NM 88003-8001, USA, ph: 505-646-1846, fax: 505-646-3841.

United States Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, 1000 Independence Avenue, S.W., Washington, DC, USA, 20585.

Texas Solar Energy Society  
P.O. Box 1447 Austin, TX 78767-1447 (512) 326-3391 or (800) 465-5049  
e-mail: [info@txses.org](mailto:info@txses.org)

[www.solarenergy.org](http://www.solarenergy.org) Pv sistemlerin dizaynı hakkında bilgi edinilebilir.

Solar Energy Industries Association  
1616 H Street, NW 8th Flor Washington, DC 20006 (202) 628-7979 (301) 951-3231

[www.seia.org](http://www.seia.org) Güneş pili üreticilerinin karşılaştırılması yapılıyor.

Texas Renewable Energy Industries Association  
Box 16469 Austin, TX 78761 (512) 345-5446

[www.treia.org/treia/](http://www.treia.org/treia/) Güneş pili üreticilerinin dizayncılarının karşılaştırılması yapılıyor.

Arizona Solar Center [www.azsolarcenter.com](http://www.azsolarcenter.com)

National Renewable Energy Lab [www.NREL.gov](http://www.NREL.gov)

U.S. Dept. of Energy [www.doe.gov](http://www.doe.gov)

California Energy Commission [www.energy.ca.gov](http://www.energy.ca.gov)

Florida Solar Energy Center.

Pv ler, bataryalar, alternatif sistem dizaynları, güneşli ısıtıcılar, hakkında bilgiler veren ayrıca fotovoltaik sistemlerin kurulumu ve enterkonnekte şebekeye bağlantısı hakkında kurslar düzenleyen kuruluş. [www.fsec.ucf.edu](http://www.fsec.ucf.edu)

Department of Energy.

Enerji departmanının web sayfası olup pv ler hakkında çeşitli bilgilerin edinilebileceği bir site.  
[www.eren.doe.gov/erec/factsheets/pvbasics.html](http://www.eren.doe.gov/erec/factsheets/pvbasics.html)

Sandia National Laboratory Photovoltaic Program.

Bu site pv sistemlerinin parametrelerinin farklı tanımlarını ele alıyor.Pv kodları, standartları ve Pv ekonomisi gibi çeşitli konular inceleniyor. [www.sandia.gov/pv/](http://www.sandia.gov/pv/)

Building-Integrated Photovoltaics for Commercial and Institutional Structures: A Sourcebook for Architects.  
Patrina Eiffert and Gregory J. Kiss

16 ayrı pv projesinin incelendiği bir çalışma olup ayrıca pv sistemleri hakkında temel bilgiler ve birde sözlük bulunmaktadır. Aşağıdaki linkten kolaylıkla ulaşılabilir. <http://www.nrel.gov/docs/fy00osti/25272.pdf>

Building Integrated Photovoltaics: Reading List

Enerji departmanı tarafından enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji hakkında hazırlanan bir kaynak.

<http://www.eren.doe.gov/consumerinfo/refbriefs/v135.html>

California's Emerging Renewables Rebate Program

California Energy Commission tarafından hazırlanan bu çalışmada İndirim bilgileri, uygulamalar, iletişim bilgileri, uygun ekipmanlar, finansman seçenekleri ve pv ler hakkında diğer detaylara ulaşılabilir.

<http://www.consumerenergycenter.org/erprebate/index.html>

California Energy Commission Reports

“Fotovoltaik sistem dizaynı ve kurulumu” ve “Fotovoltaik elektrik sisteminin satın alınması” hakkında hazırlanmış bir rapor bulunmaktadır.

[http://www.energy.ca.gov/reports/reports\\_500.html](http://www.energy.ca.gov/reports/reports_500.html)

California Solar Center

California'daki güneş enerjisi ve fotovoltaikler üzerine haber, yayınlar, finansal yatırım kolaylıkları ve kaynaklar hakkında bilgileri içermektedir.

<http://www.californiasolarcenter.org>

Energy Design Resources. Design Brief: Building Integrated Photovoltaics

Buradaki dizayn özetleri pv dizayn stratejilerini, uygulama detaylarını, sistem bileşenlerini ve maliyetleri içermektedir.

[http://www.energydesignresources.com/publications/design\\_briefs/index.html](http://www.energydesignresources.com/publications/design_briefs/index.html)

Florida Solar Energy Center (FSEC)

Burada güneş pilleri hakkında eğitim amaçlı sunulan bilgilere, PV'lerin kurulumu ve satın alınmasında yardımcı olabilecek bilgilere ulaşılabilir.

<http://www.fsec.ucf.edu/PVT/index.htm>

IEA Photovoltaic Power Systems Programme

Burada güneş pilleri hakkında haberlere, program bilgilerine, projelere, yayınlara, veri tabanlarına ve proje sonuçlarına ulaşılabilir.

<http://www.oja-services.nl/iea-pvps/home.htm>

Northern California Solar Energy Association (NCSEA)

NCSEA Amerika güneş Enerjisi topluluğunun (American Solar Energy Society) bir koludur. Buradan güneş enerjisi ve güneş pilleri üzerine çeşitli bilgiler elde edilebilir.

<http://www.noricalsolar.org>

Photovoltaic (solar cell) Systems for Homeowners

NREL tarafından hazırlanan ve ev sahiplerinin pv ler hakkında bilgilendirilmesini amaçlayan bir site.  
[http://www.nrel.gov/clean\\_energy/home\\_pv.html](http://www.nrel.gov/clean_energy/home_pv.html)

Photovoltaics. U.S. Department of Energy

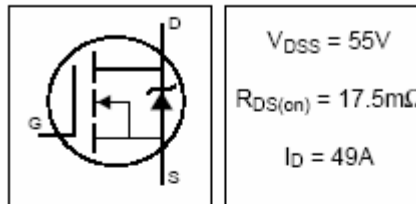
Fotovoltaik kavramı, güneş pili malzemeleri ve uygulamaları hakkında bilgiler içermektedir.

<http://www.eren.doe.gov/pv/>

# IRFZ44N

HEXFET® Power MOSFET

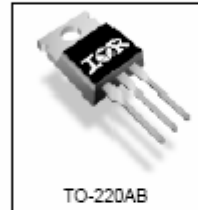
- Advanced Process Technology
- Ultra Low On-Resistance
- Dynamic dv/dt Rating
- 175°C Operating Temperature
- Fast Switching
- Fully Avalanche Rated



## Description

Advanced HEXFET® Power MOSFETs from International Rectifier utilize advanced processing techniques to achieve extremely low on-resistance per silicon area. This benefit, combined with the fast switching speed and ruggedized device design that HEXFET power MOSFETs are well known for, provides the designer with an extremely efficient and reliable device for use in a wide variety of applications.

The TO-220 package is universally preferred for all commercial-industrial applications at power dissipation levels to approximately 50 watts. The low thermal resistance and low package cost of the TO-220 contribute to its wide acceptance throughout the industry.



## Absolute Maximum Ratings

	Parameter	Max.	Units
$I_D$ @ $T_C = 25^\circ\text{C}$	Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10\text{V}$	49	A
$I_D$ @ $T_C = 100^\circ\text{C}$	Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10\text{V}$	35	
$I_{DM}$	Pulsed Drain Current ①	160	
$P_D$ @ $T_C = 25^\circ\text{C}$	Power Dissipation	94	W
	Linear Derating Factor	0.63	W/°C
$V_{GS}$	Gate-to-Source Voltage	$\pm 20$	V
$I_{AR}$	Avalanche Current ②	25	A
$E_{ASR}$	Repetitive Avalanche Energy ②	9.4	mJ
dv/dt	Peak Diode Recovery dv/dt ③	5.0	V/ns
$T_J$	Operating Junction and Storage Temperature Range	-55 to +175	°C
$T_{SOL}$	Soldering Temperature, for 10 seconds	300 (1.6mm from case )	
	Mounting torque, 6-32 or M3 screw	10 lbf•in (1.1N•m)	

## Thermal Resistance

	Parameter	Typ.	Max.	Units
$R_{\theta JC}$	Junction-to-Case	—	1.5	°C/W
$R_{\theta CS}$	Case-to-Sink, Flat, Greased Surface	0.50	—	
$R_{\theta JA}$	Junction-to-Ambient	—	62	

# MC78XX/LM78XX

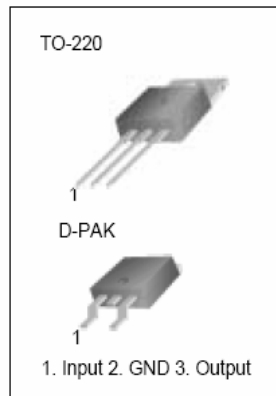
## 3-terminal 1A positive voltage regulator

### Features

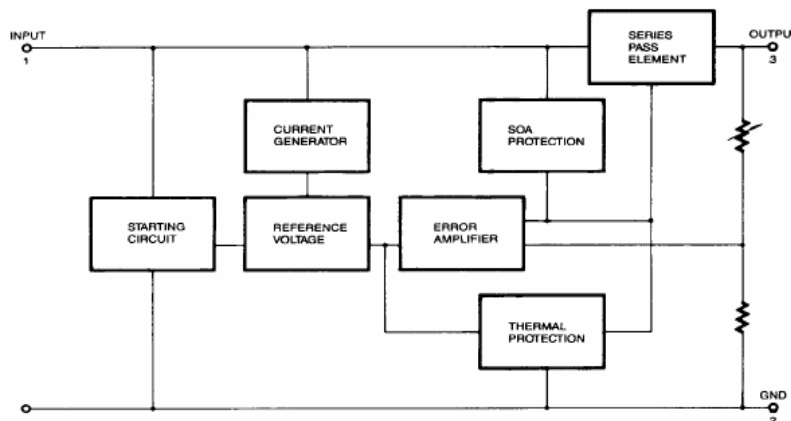
- Output Current up to 1A
- Output Voltages of 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 15, 18, 24V
- Thermal Overload Protection
- Short Circuit Protection
- Output Transistor Safe Operating area Protection

### Description

The MC78XX/LM78XX series of three-terminal positive regulators are available in the TO-220/D-PAK package and with several fixed output voltages, making them useful in a wide range of applications. Each type employs internal current limiting, thermal shut-down and safe operating area protection, making it essentially indestructible. If adequate heat sinking is provided, they can deliver over 1A output current. Although designed primarily as fixed voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable voltages and currents.

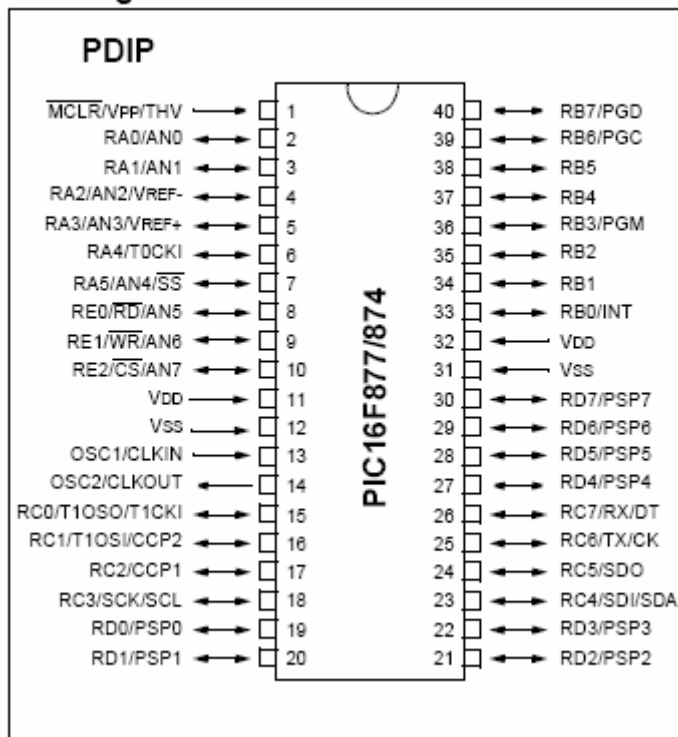


### Internal Block Diagram





## Pin Diagram



Key Features PICmicro™ Mid-Range Reference Manual (DS33023)	PIC16F873	PIC16F874	PIC16F876	PIC16F877
Operating Frequency	DC - 20 MHz	DC - 20 MHz	DC - 20 MHz	DC - 20 MHz
Resets (and Delays)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)
FLASH Program Memory (14-bit words)	4K	4K	8K	8K
Data Memory (bytes)	192	192	368	368
EEPROM Data Memory	128	128	256	256
Interrupts	13	14	13	14
I/O Ports	Ports A,B,C	Ports A,B,C,D,E	Ports A,B,C	Ports A,B,C,D,E
Timers	3	3	3	3
Capture/Compare/PWM modules	2	2	2	2
Serial Communications	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART
Parallel Communications	—	PSP	—	PSP
10-bit Analog-to-Digital Module	5 input channels	8 input channels	5 input channels	8 input channels
Instruction Set	35 Instructions	35 Instructions	35 Instructions	35 Instructions

**TABLE 1-2: PIC16F874 AND PIC16F877 PINOUT DESCRIPTION**

Pin Name	DIP Pin#	PLCC Pin#	QFP Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
OSC1/CLKIN	13	14	30	I	ST/CMOS <sup>(4)</sup>	Oscillator crystal input/external clock source input.
OSC2/CLKOUT	14	15	31	O	—	Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in crystal oscillator mode. In RC mode, OSC2 pin outputs CLK-OUT which has 1/4 the frequency of OSC1, and denotes the instruction cycle rate.
MCLR/VPP/THV	1	2	18	I/P	ST	Master clear (reset) input or programming voltage input or high voltage test mode control. This pin is an active low reset to the device.
RA0/AN0	2	3	19	I/O	TTL	<p>PORTA is a bi-directional I/O port.</p> <p>RA0 can also be analog input0</p> <p>RA1 can also be analog input1</p> <p>RA2 can also be analog input2 or negative analog reference voltage</p> <p>RA3 can also be analog input3 or positive analog reference voltage</p> <p>RA4 can also be the clock input to the Timer0 timer/counter. Output is open drain type.</p> <p>RA5 can also be analog input4 or the slave select for the synchronous serial port.</p>
RA1/AN1	3	4	20	I/O	TTL	
RA2/AN2/VREF-	4	5	21	I/O	TTL	
RA3/AN3/VREF+	5	6	22	I/O	TTL	
RA4/T0CKI	6	7	23	I/O	ST	
RA5/SS/AN4	7	8	24	I/O	TTL	
RB0/INT	33	36	8	I/O	TTL/ST <sup>(1)</sup>	<p>PORTB is a bi-directional I/O port. PORTB can be software programmed for internal weak pull-up on all inputs.</p> <p>RB0 can also be the external interrupt pin.</p> <p>RB3 can also be the low voltage programming input</p> <p>Interrupt on change pin.</p> <p>Interrupt on change pin.</p> <p>Interrupt on change pin or In-Circuit Debugger pin. Serial programming clock.</p> <p>Interrupt on change pin or In-Circuit Debugger pin. Serial programming data.</p>
RB1	34	37	9	I/O	TTL	
RB2	35	38	10	I/O	TTL	
RB3/PGM	36	39	11	I/O	TTL	
RB4	37	41	14	I/O	TTL	
RB5	38	42	15	I/O	TTL	
RB6/PGC	39	43	16	I/O	TTL/ST <sup>(2)</sup>	
RB7/PGD	40	44	17	I/O	TTL/ST <sup>(2)</sup>	
RC0/T1OSO/T1CKI	15	16	32	I/O	ST	<p>PORTC is a bi-directional I/O port.</p> <p>RC0 can also be the Timer1 oscillator output or a Timer1 clock input.</p> <p>RC1 can also be the Timer1 oscillator input or Capture2 input/Compare2 output/PWM2 output.</p> <p>RC2 can also be the Capture1 input/Compare1 output/PWM1 output.</p> <p>RC3 can also be the synchronous serial clock input/output for both SPI and I<sup>2</sup>C modes.</p> <p>RC4 can also be the SPI Data In (SPI mode) or data I/O (I<sup>2</sup>C mode).</p> <p>RC5 can also be the SPI Data Out (SPI mode).</p> <p>RC6 can also be the USART Asynchronous Transmit or Synchronous Clock.</p> <p>RC7 can also be the USART Asynchronous Receive or Synchronous Data.</p>
RC1/T1OSI/CCP2	16	18	35	I/O	ST	
RC2/CCP1	17	19	36	I/O	ST	
RC3/SCK/SCL	18	20	37	I/O	ST	
RC4/SDI/SDA	23	25	42	I/O	ST	
RC5/SDO	24	26	43	I/O	ST	
RC6/TX/CK	25	27	44	I/O	ST	
RC7/RX/DT	26	29	1	I/O	ST	

Legend: I = input    O = output    I/O = input/output    P = power  
 — = Not used    TTL = TTL input    ST = Schmitt Trigger input

- Note**
- 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as an external interrupt.
  - 2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in serial programming mode.
  - 3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as general purpose I/O and a TTL input when used in the Parallel Slave Port mode (for interfacing to a microprocessor bus).
  - 4: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC oscillator mode and a CMOS input otherwise.

**TABLE 1-2: PIC16F874 AND PIC16F877 PINOUT DESCRIPTION (CONTINUED)**

Pin Name	DIP Pin#	PLCC Pin#	QFP Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
RD0/PSP0	19	21	38	I/O	ST/TTL <sup>(3)</sup>	PORTD is a bi-directional I/O port or parallel slave port when interfacing to a microprocessor bus.
RD1/PSP1	20	22	39	I/O	ST/TTL <sup>(3)</sup>	
RD2/PSP2	21	23	40	I/O	ST/TTL <sup>(3)</sup>	
RD3/PSP3	22	24	41	I/O	ST/TTL <sup>(3)</sup>	
RD4/PSP4	27	30	2	I/O	ST/TTL <sup>(3)</sup>	
RD5/PSP5	28	31	3	I/O	ST/TTL <sup>(3)</sup>	
RD6/PSP6	29	32	4	I/O	ST/TTL <sup>(3)</sup>	
RD7/PSP7	30	33	5	I/O	ST/TTL <sup>(3)</sup>	
RE0/ $\overline{RD}$ /AN5	8	9	25	I/O	ST/TTL <sup>(3)</sup>	PORTE is a bi-directional I/O port. RE0 can also be read control for the parallel slave port, or analog input5. RE1 can also be write control for the parallel slave port, or analog input6. RE2 can also be select control for the parallel slave port, or analog input7.
RE1/ $\overline{WR}$ /AN6	9	10	26	I/O	ST/TTL <sup>(3)</sup>	
RE2/ $\overline{CS}$ /AN7	10	11	27	I/O	ST/TTL <sup>(3)</sup>	
Vss	12,31	13,34	6,29	P	—	Ground reference for logic and I/O pins.
Vdd	11,32	12,35	7,28	P	—	Positive supply for logic and I/O pins.
NC	—	1,17,28,40	12,13,33,34		—	These pins are not internally connected. These pins should be left unconnected.

Legend: I = input    O = output    I/O = input/output    P = power  
 — = Not used    TTL = TTL input    ST = Schmitt Trigger input

- Note 1:** This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as an external interrupt.  
**Note 2:** This buffer is a Schmitt Trigger input when used in serial programming mode.  
**Note 3:** This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as general purpose I/O and a TTL input when used in the Parallel Slave Port mode (for interfacing to a microprocessor bus).  
**Note 4:** This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC oscillator mode and a CMOS input otherwise.



# Temperature sensor ic LM35CZ and LM35DZ

RS stock numbers 317-954 and 317-960

The LM35 is a precision semiconductor temperature sensor giving an output of 10mV per degree Centigrade. Unlike devices with outputs proportional to the absolute temperature (in degrees Kelvin) there is no large offset voltage which, in most applications, will have to be removed.

Accuracies of  $\frac{1}{4}^{\circ}\text{C}$  at room temperature or  $\frac{3}{4}^{\circ}\text{C}$  over the full temperature range are typical.

### Absolute maximum ratings (Note 10)

Supply voltage \_\_\_\_\_ +35V to -0.2V

Output voltage \_\_\_\_\_ +6V to -1.0V

Output current \_\_\_\_\_ 10mA

Storage temperature, TO-92 package  $-60^{\circ}\text{C}$  to  $+150^{\circ}\text{C}$

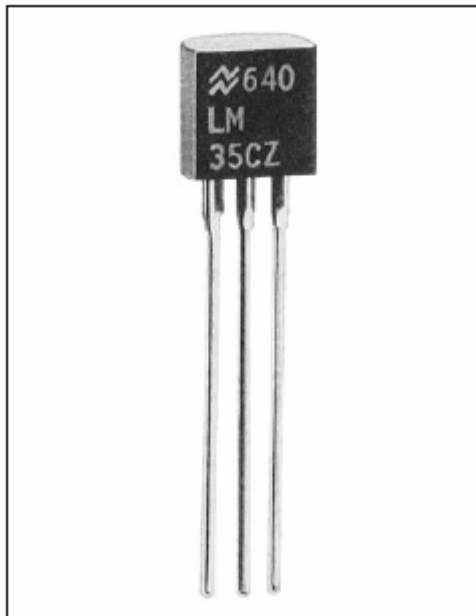
Lead temperature (soldering, 10 seconds) \_\_\_\_\_  $260^{\circ}\text{C}$

Specified operating temperature range

$T_{\text{MIN}}$  to  $T_{\text{MAX}}$  (Note 2)

LM35CZ \_\_\_\_\_  $-40^{\circ}\text{C}$  to  $+110^{\circ}\text{C}$

LM35DZ \_\_\_\_\_  $0^{\circ}\text{C}$  to  $+100^{\circ}\text{C}$



### Features

- Output proportional to  $^{\circ}\text{C}$
- Wide temperature range  $-40^{\circ}\text{C}$  to  $+110^{\circ}\text{C}$  (CZ version)
- Accurate  $\frac{1}{4}^{\circ}\text{C}$  at room temperature typical
- Linear output  $0.2^{\circ}\text{C}$  typical
- Low current drain ( $60\mu\text{A}$  typical)
- Low self heating ( $0.08^{\circ}\text{C}$  typical)
- Output impedance  $0.1\Omega$  at 1mA
- Standard TO92 package.

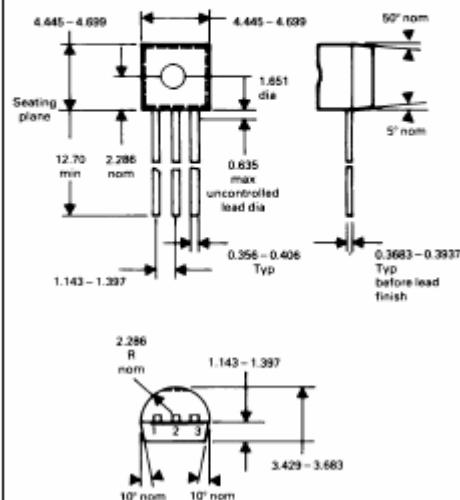
### Pin connections

#### TO-92 Plastic package



BOTTOM VIEW

### Package details

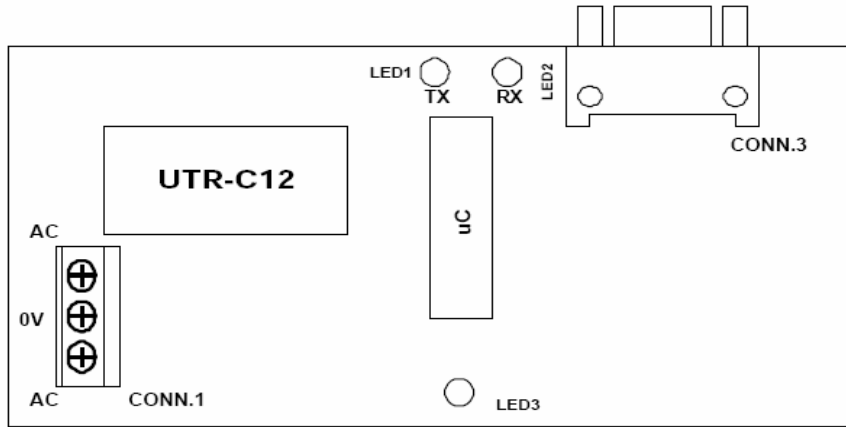


## UMD-B12 RF MODEM BOARD



### Özellikler :

- \* 433-434 MHz. UHF bandında EN 300 220 uyumlu. UTR-C12 modül
- \* RS232 D-sub 9 pin konnector.
- \* Frekans seçebilme özelliği.



### TEKNİK ÖZELLİKLER

<b>MODEL</b>		RF_Modem UMD-B12	
<b>Besleme Voltajı</b>		2 x 7,5 - 2 x 12V AC 1 x 7,5 - 1 x 12 DC	
<b>Akim</b>	<b>RX ON</b>	<b>Min</b>	TBD
		<b>Max</b>	TBD
	<b>TX ON</b>	<b>Min</b>	TBD
		<b>Max</b>	TBD
<b>Power</b>	<b>RX ON</b>	TBD	
	<b>TX ON</b>	TBD	
<b>RF</b>	<b>Power Output</b>	10 mW	
	<b>Receiver Sensitivity</b>	-120dBm(UTR-C12)	
	<b>Data Rate</b>	2400 Kbit/s	
<b>RS link</b>	<b>Cable</b>	RS-232 TTL ( PC Standard)	
	<b>Data Rate</b>	9600 Kbit/s	
	<b>Data Format</b>	8 bit, No parity, 1 stop, No Flow control	
<b>Ebat (mm)</b>			
<b>Agirlik (gr)</b>			
<b>Frekans Kanallari</b>	<b>CH1</b>	433.056 MHz	
	<b>CH2</b>		
	<b>CH3</b>		
	<b>CH4</b>		
	<b>CH5</b>		
	<b>CH6</b>		
<b>Anten Girisi</b>		50 Ohm	
<b>Anten Tipi</b>		Helical / BNC	