

**FOTOVOLTAİK PİLLERİN
KLİMALARA UYGULANMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Cemil DUMAN

DANIŞMAN

Prof. Dr. Hasan ÇİMEN

ELEKTRİK EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

NİSAN 2008

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FOTOVOLTAİK PİLLERİN
KLİMALARA UYGULANMASI

Cemil DUMAN

DANIŞMAN
Prof. Dr. Hasan ÇİMEN

ELEKTRİK EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

NİSAN 2008

ONAY SAYFASI

Prof. Dr. Hasan ÇİMEN danışmanlığında,
Cemil DUMAN tarafından hazırlanan
FOTOVOLTAİK PİLLERİN KLİMALARA UYGULANMASI
başlıklı bu çalışma, lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri
uyarınca
...../...../200.....
tarihinde aşağıdaki jüri tarafından
Elektrik Eğitimi Anabilim Dalında
Yüksek Lisans tezi olarak oybirliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

	Ünvan, Ad, SOYADI	İmza
Başkan	Prof. Dr. Süleyman TAŞGETİREN	
Üye	Prof. Dr. Hasan ÇİMEN	
Üye	Yrd. Doç. Dr. Murat CANER	

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
...../...../..... tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Doç. Dr. Zehra BOZKURT
Enstitü Müdürü

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET	v
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
RESİMLER DİZİNİ	xiv
ÇİZELGELER DİZİNİ	xv
1. GİRİŞ	1
1.1 Amaç ve Kapsam	2
1.2 Önceki Çalışmalar	3
1.3 PV Güç Sistemi Uygulamala >	9
1.4 Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli	12
2. GENEL BİLGİLER	14
2.1 FOTOVOLTAİK PİLLER	15
2.1.1 Elektrik Alanının Oluşması	15
2.1.2 Enerji Band> Aralıklı >	19
2.1.3 PV Hücre	21
2.1.4 PV Hücre Çeşitleri	22
2.1.4.1 Tek Kristal Silikon	23
2.1.4.2 Çoklu Kristal Silikon	24
2.1.4.3 Şerit Silikon	24
2.1.4.4 Amorf veya İnce Film Silikon	25
2.1.5 PV Hücrelerin Verimleri	26
2.1.6 PV Hücrelerin Elektriksel Eşdeğer Devresi	28
2.1.7 PV Hücre Karakteristikleri	29
2.1.7.1 Kısa Devre Akı >	30
2.1.7.2 Açık Devre Gerilimi	30
2.1.7.3 Güç	31

2.1.7.4 Maksimum Güç Noktası (MPP)	32
2.1.7.5 Verim Değeri	32
2.1.7.6 Spektral Duyarlılık	33
2.1.7.7 Doyma Faktörü	33
2.1.8 PV Hücrelerin Elektriksel Bağlantısı	35
2.1.8.1 Seri Bağlantı	36
2.1.8.2 Paralel Bağlantı	36
2.1.9 PV Modül ve Dizi	37
2.1.10 Modül Çıkış Gücüne Etki Eden Faktörler	39
2.1.10.1 Sıcaklık	39
2.1.10.2 Kir ve Toz	39
2.1.10.3 Uyumsuzluk ve Elektrik Tertibatı Kayıpları	40
2.1.10.4 DA-AA Dönüşüm Verimi	40
2.1.11 Temel PV Güç Sistemi Biçimleri	40
2.1.11.1 Bağımsız PV Sistemler	41
2.1.11.2 Şebeke Bağlantılı PV Sistemler	44
2.1.12 PV Güç Sistemi Elemanları	44
2.1.12.1 DA/AA İnvertör	44
2.1.12.2 Şarj Denetleyici	46
2.1.12.3 Depo Bataryaları	47
2.1.13 PV'lerin Avantaj ve Dezavantajları	48
2.2 KLİMALAR	50
2.2.1 Klima Sistemleri	50
2.2.1.1 Pencere Tipi Klima Sistemi	50
2.2.1.2 Oda Klima Sistemi	51
2.2.1.3 Dolap Tipi Klima Sistemi	52
2.2.1.4 Sandık Tipi Klima Sistemi	52
2.2.1.5 Ayrık Sistem Klima (Split Klima)	53
2.2.1.6 Çatı Tipi Klima Sistemi	54
2.2.1.7 Kanal Tipi Klima Sistemi	55

3. MATERYAL VE METOT	56
3.1 BTU Hesa >	56
3.1.1 Oda Alan›n n BTU Etkisi	57
3.1.2 Pencerelerin BTU Etkisi	57
3.1.3 Odayı Paylaşan Kişi Sayısının BTU Etkisi	57
3.1.4 Elektrikli Alet ve Aydınlatma Araçları›n n BTU Etkisi	58
3.2 Klima Seçimi	58
3.3 Sistem Voltaj Seçimi	59
3.4 Yük Hesa >	59
3.5 PV Dizi Akımı ve Eğimi Hesabı	60
3.6 Batarya Seçimi	61
3.7 Sistem Bataryas› Hesab	62
3.8 PV Panel Seçimi	63
3.9 PV Dizi Hesab	64
3.10 Şarj Denetleyici Hesa >	65
3.11 Şarj Denetleyici Seçimi	65
3.12 İnvörtör Gücü Hesabı	66
3.13 İnvörtör Seçimi	67
3.14 Maliyet Hesa >	67
3.15 Diğer İller İçin Sistem Tasarımları	68
3.15.1 Antalya İli İçin Sistem Tasarımı	68
3.15.2 Çanakkale İli İçin Sistem Tasarımı	70
3.15.3 Çorum İli İçin Sistem Tasarımı	72
3.15.4 İzmir İli İçin Sistem Tasarımı	74
3.15.5 Konya İli İçin Sistem Tasarımı	75
3.15.6 Mardin İli İçin Sistem Tasarımı	77
3.15.7 Van İli İçin Sistem Tasarımı	79
3.16 DA ve AA İletken Kesiti ve Sigorta Seçimi	81
3.17 Sistem Bağlantı Şeması	82
4. BULGULAR	83

5. TARTIŞMA VE SONUÇ	86
6. KAYNAKLAR	xvi
7. ÖZGEÇMİŞ	xx
8. EKLER	
EK 1. İllere Ait Günlük Güneş Enerjisi Değerleri	xxi
EK 2. Sistemde Kullanılan Aparatların Teknik Özellikleri	xxix
EK 3. Sistem Tasarım Programı	xxxiv

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

FOTOVOLTAİK PİLLERİN KLİMALARA UYGULANMASI

Cemil DUMAN

**Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik Eğitimi Anabilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. Hasan ÇİMEN

Bu tez, başta Afyonkarahisar ili olmak üzere, Antalya, Çanakkale, Çorum, İzmir, Konya, Mardin ve Van illeri için, belli aylarda belli ebatlarda bir odayı soğutan pencere tipi klimaya, fotovoltaik enerji ile besleyen sistemin tasarlanması ve maliyetini tespit etmek amacıyla hazırlanmıştır. Ayrıca, ülkemizde gittikçe artan fotovoltaik güç araştırmalarına yeni bir tasarımla katkıda bulunulması amaçlanmaktadır.

Çalışmanın birinci bölümünde tezin amaç ve kapsamı hakkında kısaca bilgi verildikten sonra önceki çalışmalara ait kaynak özetleri verilmiştir. İkinci bölümde Güneş tanıtılmış, Türkiye için güneş enerjisinin önemine dikkat çekilmiş, fotovoltaik piller hakkında ayrıntılı bilgiler verilmiş ve bunlara klima bilgileri eklenmiştir. Üçüncü bölümde her bir il için sistem tasarlanmış ve birçok kaynaktan faydalanılarak bu sistemler hakkında gerekli hesaplamalar yapıp uygulanabilir düzeye getirilmiştir. Bunun yanında maliyet hesaplamalarına da yer verilmiştir. Dördüncü bölümde yapılan tüm hesaplamalar sonucunda elde edilen sonuçlar, tablolar halinde verilmiştir. Beşinci bölümde ise elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

Son zamanlarda Türkiye’de kamu kurum ve kuruluşları, üniversitelerin dışında bu alanda özel sektörün de başlatmış olduğu atılımlar ile fotovoltaik güç sistemlerinin kullanımı giderek artmaktadır. Yeni çıkarılan yasalarla da bu desteklenmektedir. Bu bağlamda bu alanda yapılan çalışmalara önümüzdeki dönemlerde de yenilerinin ekleneceği aşikârdır.

2008, 125 sayfa

Anahtar kelimeler: Fotovoltaik, Güneş Pili, Klima, PV Uygulamaları

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

APPLICATION OF PHOTOVOLTAIC CELLS TO AIR-CONDITIONER

Cemil DUMAN

**Afyon Kocatepe University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Educational Electric**

Supervisor: Prof. Dr. Hasan ÇİMEN

This thesis is prepared for the establishing the cost and designing the photovoltaic energy supported system of the window type air conditioner cooling rooms of various dimensions in certain months in the region of initially Afyonkarahisar, following Antalya, Çanakkale, Çorum, İzmir, Konya, Mardin and Van. Besides it is aimed to make a contribution of photovoltaic energy studies with a new design.

In the first part, after giving an introduction about aim and scope of the thesis, the bibliography is stated. In the second part, the sun is presented, the importance of solar energy is mentioned, information about photovoltaic batteries as well as air-conditioners is given. In the third part, the systems of each city are designed and by making the needed measurements these systems have premediated to reach application level by the help of various resources. In addition to these, the costs are taken into account. In the fourth part, after computing all these, results are given with graphics. In the fifth part, the results are evaluated.

Recently the public institutions and organizations the use of photovoltaic energy systems have been increasing gradually with the enterprises of the labor market expect universities. By means of new laws this process is also supported. It is obvious that the studies realized in this area will continue by adding new ones.

2008, 125 pages

Keywords: Photovoltaic, Solar cell, Air-conditioner, PV Applications

TEŞEKKÜR

Tez alıŐmalarım boyunca bilgi ve deneyimleriyle beni yÖnlendiren, yÖreklendiren, benden yardımını hiçbir zaman esirgemeyen, destek ve teŐviklerini her zaman Őukranla anacağım danışman hocam Sayın, Prof. Dr. Hasan ÇİMEN'e, manevi desteğiyle yanımda olan Fizik BÖlüm BaŐkanı Sayın, Doç. Dr. Mevlüt DOĞAN'a teŐekkÖr ederim.

Ayrıca benim bu gÖnlere ulaŐmamda en fazla emeđi geçen, deđerli aileme sonsuz teŐekkÖrlerimi bir borç bilirim.

Cemil DUMAN

Afyonkarahisar, Nisan 2008

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

1. Simgeler

V_{OCdiz}	Aç k devre dizi gerilimi (V)
V_{OC}	Aç k devre gerilimi (V)
E_A	Ağustos ayı güneş enerjisi tepe değeri (kWh/m ² .gün)
P_{Ah}	Ah cinsinden ortalama günlük enerji ihtiyac (Ah/gün)
I_0	Atmosfer dışındaki radyasyon (W/m ²)
F_{Bat}	Batarya birim fiyat (€)
C	Batarya kapasitesi (Ah)
K_{Sic}	Batarya ortam sıcaklık katsayısı (ondalık)
η_{Bat}	Batarya verim faktörü (ondalık)
K	Boltzmann sabiti $1,38 \times 10^{-23} \text{ Joule/}^{\circ}K$
I	Çıkış bağlantı akımı (A)
S_{Depgun}	Depolama gün sayısı (gün)
I_D	Diyotun doyma akımı (A)
P_{Ahduz}	Düzeltilmiş Ah miktarı (Ah/gün)
P_{Cikis}	Elektriksel çıkış gücü (W)
Q	Elektron yükü $1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$
E_E	Eylül ayı güneş enerjisi tepe değeri (kWh/m ² .gün)
K_{Gerbat}	Gerekli batarya kapasitesi (Ah)
η_{Gucdon}	Güç dönüşüm verimi (ondalık)
$E_{TepeGun}$	Güneş enerjisinin tepe değeri (saat/gün)
I_{SC}	Güneş sabiti (W/m ²)
K_{Gun}	Günlük kullanım (saat/gün)
S_{Hafgun}	Haftadaki gün sayısı (gün)
K_{Haf}	Haftalık kullanım (gün/hafta)
E_H	Haziran ayı güneş enerjisi tepe değeri (kWh/m ² .gün)

I_{hucre}	Hücre çıkış akımı (A)
V_{hucre}	Hücre çıkış gerilimi (V)
P_{Solar}	Hücreye etki eden solar güç (W)
λ	Işığın dalga boyu (μm)
I_L	Işığın ürettiği akım (A)
$F_{Invertor}$	İnvertör birim fiyatı (€)
F_{Kabkor}	Kablolama ve koruma maliyeti (€)
η_{Kab}	Kablo verim faktörü (ondal k)
I_{SC}	Kısa devre akım (A)
I_{SCdiz}	Kısa devre dizi akım (A)
I_m	Maksimum akım (A)
D_{Makde}	Maksimum deşarj derinliği (ondalık)
V_m	Maksimum gerilim (V)
V_{Mod}	Maksimum sıcaklıkteki modül gerilimi (V)
E_M	Mayıs ayı güneş enerjisi tepe değeri ($\text{kWh/m}^2.\text{gün}$)
T_{Min}	Minimum günlük güneşlenme süresi (saat/gün)
$P_{Invertor}$	Minimum invertör gücü (W)
I_{Minden}	Minimum şarj denetleyici akım (A)
I_{Mod}	Modül akım (A)
F_{Mod}	Modül birim fiyat (€)
η_{Mod}	Modül verimi (ondal k)
T	Mutlak sıcaklık ($^{\circ}\text{K}$)
E_N	Nisan ayı güneş enerjisi tepe değeri ($\text{kWh/m}^2.\text{gün}$)
V_{Nombat}	Nominal batarya gerilimi (V)
I_{Nomdiz}	Nominal dizi akım (A)
V_{Nomdiz}	Nominal dizi gerilimi (V)
I_{Nommod}	Nominal modül akım (A)

$V_{Nom\ mod}$	Nominal modül gerilimi (V)
$I_{Nom\ tas}$	Nominal tasarım akım (A)
$S_{Par\ bat}$	Paralel bağlı batarya sayısı
$S_{Par\ mod}$	Paralel bağlı modül sayısı
R_{SH}	Paralel direnç (Ω)
I_{SH}	Paralel şarj akım (A)
$K_{Sec\ bat}$	Seçilen bataryanın kapasitesi (Ah)
$I_{Yük}$	Seçilen klimanın çektiği akım (A)
$P_{Yük}$	Seçilen klimanın güç miktarı (W)
$S_{Ser\ bat}$	Seri bağlı batarya sayısı
$S_{Ser\ mod}$	Seri bağlı modül sayısı
R_S	Seri direnç (Ω)
$K_{Sis\ bat}$	Sistem batarya kapasitesi (Ah)
I_{Tas}	Sistem tasarım akım (A)
$V_{Nom\ sis}$	Sistemin nominal gerilimi (V)
$F_{Sarj\ den}$	Şarj denetleyici birim fiyatı (€)
V_{Sebeke}	Şebeke gerilimi (V)
E_T	Temmuz ayı güneş enerjisi tepe değeri ($kWh/m^2.gün$)
I_{Tepe}	Tepe akım değeri (A)
P_m	Tepe noktası gücü (W)
A	Tertibat eğim sabiti
$S_{Top\ bat}$	Toplam batarya sayısı
$S_{Top\ mod}$	Toplam modül sayısı
$K_{Uy\ bat}$	Uygun batarya kapasitesi (Ah)
η	Verim
V_{Ger}	Yük için gerekli gerilim (V)
N	1 Ocak'tan itibaren geçen gün sayısı

0	Derece
ln	Logaritmik fonksiyon

2. K saltmalar

i-v	Ak m-gerilim
AA	Alternatif ak m
NH ₃	Amonyak
a-Si	Amorf silikon
CIGS	Bak r İndiyum Galyum Diseleneid
BTU	British Thermal Unit (İngiliz Sıcaklık Birimi)
DA	Doğru akım
<i>FF</i>	Doyma faktörü
ph	Faz
PV	Fotovoltaik
p-v	Güç-gerilim
Pb	Kurşun
PbO ₂	Kurşun dioksit
MPP	Maksimum güç nokta ›
n-tipi	Negatif-tip
p-n	Pozitif-negatif
p-tipi	Pozitif-tip
SiH ₄	Silan
Si	Silikon veya silisyum
H ₂ SO ₄	Sülfürik asit
Mono-Si	Tek kristal silikon
TEP	Ton Eşdeğeri Petrol

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 2.1 Silikon atomuna fosfor atomunun katkılanması	16
Şekil 2.2 Silikon atomuna bor atomunun katkılanması	16
Şekil 2.3 n-tipi ve p-tipi maddeye ait elektronlar ve oyuklar	17
Şekil 2.4 n-tipi madde ile p-tipi maddenin birleşimi	18
Şekil 2.5 p-n birleşimi sonucu denge durumu	19
Şekil 2.6 Fotonların enerji bandları arasındaki durumu	20
Şekil 2.7 Silikon, galyum arsenit ve alüminyum galyum arsenit kristallerine ait enerji bandları	21
Şekil 2.8 PV etki p-n birleşiminde foton enerjisini gerilime dönüştürür	22
Şekil 2.9 Czochralski işlemi ile yapılan tek kristal külçe	24
Şekil 2.10 Toprak süzme teknikleri ve diyotla gösterilen PV modülün elektriksel eşdeğer devresi	28
Şekil 2.11 Işınım yoğunluğunun bir fonksiyonu olarak açık devre gerilimi ve kısa devre akımı	30
Şekil 2.12 Güç eğrisi ve maksimum güç noktası (MPP)	31
Şekil 2.13 Amorf silikon bir pv modül ve kristal silikon hücrenin bağlı spektral duyarlılığı	33
Şekil 2.14 PV modülün aydınlık ve karanlık durumlarında akım-gerilim (i-v) karakteristiği	34
Şekil 2.15 PV modülün aydınlık altında güç-gerilim (p-v) karakteristiği	35
Şekil 2.16 Seri bağlı hücreler ve akım-gerilim karakteristikleri	36
Şekil 2.17 Paralel bağlı hücreler ve akım-gerilim karakteristikleri	37
Şekil 2.18 Birkaç pv hücresi modülü, birkaç modül de diziyi meydana getirir	38
Şekil 2.19 Direkt DA sistem	42
Şekil 2.20 Direkt AA sistem	42
Şekil 2.21 Depolamalı AA sistem	43
Şekil 2.22 Karma AA/DA sistem	43
Şekil 2.23 Pencere tipi klima sistemi	51
Şekil 2.24 Dolap tipi klima sistemi	52

Şekil 2.25	Sand k tipi klima sistemi	53
Şekil 2.26	Split tipi klima sistemi	53
Şekil 3.1	Sistem bağlantı şeması	82

RESİMLER DİZİNİ

		Sayfa No
Resim 1.1	EİE'nin yerleştirdiği güneş takip sistemli pv paneller	11
Resim 1.2	EİE'nin 4,8 kWp gücünde şebeke bağlantılı pv pil sistemi	12
Resim 2.1	Silikon pv hücrelerin farklı tipleri	23
Resim 2.2	PV modül yapısı	38
Resim 2.3	PV modül montaj metotları	39
Resim 2.4	Split tipi klimaya ait üniteler	54
Resim 3.1	Mitsubishi DXK12Z2-S inverter klima	58
Resim 3.2	12 V 210 Ah'lik BPL210-12 kurşun-asit pv aküsü	61
Resim 3.3	Mitsubishi Elektrik PV modülü PV-MF170EB3 170 Wp	63
Resim 3.4	150 A Orjin solar şarj denetleyici	66
Resim 3.5	YK-PSW12/24/48150 model saf sinüs dalga 1500 W invertör	67

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 1.1 2006 yılı sonu itibariyle ülkelere göre şebekede olan, şebekede olmayan ve toplam MWp cinsinden yerleşik pv güç kapasiteleri	10
Çizelge 1.2 Türkiye'nin bölgelerine göre yıllık ortalama güneş ışınım şiddeti değerleri	13
Çizelge 2.1 PV hücre verimleri	26
Çizelge 2.2 Farklı ışınım yoğunluklarında pv hücrenin çıkış akım ve gerilim değerleri	27
Çizelge 3.1 Klima teknik özellikleri	59
Çizelge 3.2 Sistem voltaj seçimi	59
Çizelge 3.3 Seçilen bataryanın performans özellikleri	61
Çizelge 3.4 Seçilen panele ait elektriksel özellikler	63
Çizelge 3.5 Seçilen şarj denetleyicinin teknik özellikleri	66
Çizelge 3.6 İnvvertör teknik özellikleri	67
Çizelge 3.7 Sisteme ait iletken kesit ve sigorta değerleri	82
Çizelge 4.1 Sistemde kullanılan elemanların sayıları	83
Çizelge 4.2 İllere göre PV dizi yerleşim eğim açıları	83
Çizelge 4.2 İllere göre PV dizi yerleşim eğim açıları	84
(Devam)	
Çizelge 4.3 İllere göre sistem maliyet analizi	84
Çizelge 4.4 İllerin güneş enerjisi tepe değerleri ile birlikte sisteme ait panel, batarya sayıları ile toplam maliyet değerleri	85

1. GİRİŞ

Hızla ilerleyen teknoloji ile birlikte, hayatını kolaylaştırmaya ve bu teknolojiyi takip etmeye çalışan insanlığın enerji ihtiyacı her geçen gün biraz daha artmaktadır.

Günümüzde ülkeler, enerji ihtiyaçlarının büyük bir bölümünü fosil yakıt (petrol, maden kömürü ve doğal gaz gibi) ve nükleer enerji kaynaklarından sağlamaktadır. Bu kaynaklara, yenilenme sürelerinin çok uzun zaman almaları nedeniyle yenilenemeyen enerji kaynakları da denilmektedir. Petrol İhraç Eden Ülkeler Örgütü'nün (OPEC), 1973 yılı sonbaharında uygulamış olduğu ambargo ve petrol fiyatlarını artırması ülkelerin ve insanların dikkatlerini bu kaynaklara ve enerjinin önemine çevirmiştir. Bunun yanı sıra, fosil yakıt kaynakları çevreye vermiş oldukları çevreye ilgili zararlar da göz önüne alındığında, bu kaynakların üzerinde fazlaca düşünülmesinin gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu zararlardan en önemlileri hava kirliliği, asit yağmurları, duman ve gündemimizi bu aralar sıkça meşgul eden küresel ısınmadır. Bugün bazı bilim adamları tarafından yenilenemeyen enerji kaynaklarının önümüzdeki 100 sene zarfında tüketilebileceği de tahmin edilmektedir. Bütün bunları, tükenmez, temiz ve çevre dostu enerji olarak da adlandırılan yenilenebilir enerji kaynaklarına (güneş, rüzgâr, hidrolik, jeotermal, biokütle, gelgit ve dalga enerjisi gibi) yönelmektedir. Bu yönelim dünyada gün geçtikçe artmaktadır.

Güneş, dünya için var olan tükenmez bir enerji kaynağıdır. Bu kaynaktan farklı alanlarda faydalanılmaktadır. Bu uygulamalardan bazıları mekân ısıtma, su ısıtma, soğutma, arıtma, kurutma, yemek pişirme, su pompalama işlemleri, yüzme havuzu ısıtma, elektroliz yöntemleri ile hidrojen enerjisi ve direkt elektrik enerjisi elde etmektir.

Güneş'ten elektrik enerjisi üretimi ile ilgili birçok yöntem vardır. Bu yöntemlerden biri de fotovoltaik (PV) pillerdir. Fotovoltaik piller, foton enerjisini direkt olarak doğru akım (DA) elektrik enerjisine dönüştüren yarıiletken elemanlardır. PV'lerin çalışma prensibi; ışık fotonunun pile çarpmasıyla n-tipi maddeden p-tipi maddeye elektron akışının (elektrik akımı) meydana gelmesidir.

Bu pillerin yap› malzemesi olarak silisyum (silikon) elementi kullanılmaktadır. Silisyumun fosfor elementi ile katk›lanmas› ile n-tipi madde, bor elementinin katk›lanmas›yla p-tipi madde elde edilir. Ülkemizin bor elementi rezervleri de düşünöldüğünde hammadde bakımından avantajlı olduğumuz düşünölebilir. Fotovoltaik pillerle, gerekli sistem tasarımları gerçekleştirilerek, alternatif akım (AA) ile çalışan yükler de beslenebilmektedir.

Son yıllarda, tüm dünya ölkelerinin olduğ› kadar ölkemizi de çok yakından ilgilendiren, küresel ısınmanın etkileri kendini sıcaklık artışları ile göstermektedir. Sıcaklıktaki bu artışlar doğal olarak klima kullanımını da artırmıştır. Geçen birkaç yıl içinde, ölkemizde, yaz aylarında klimaların aynı saatlerdeki kullanımı şebekeyi fazla yüklemiş ve gerilim düşmelerine sebep olmuştur. Sonuçta trafolar zarar görmüş ve zaman zaman elektrik kesintileri yaşanmıştır. Buradan yola çıkılarak, önümüzdeki yıllarda sıcaklık artışlarının daha da fazla olacağı düşünölerek, güneş ışınlarından elde edilen elektrik enerjisi ile soğutma sağlanması fikri bu çalışmaya bir neden ve ilk basamak olmuştur.

1.1 Amaç ve Kapsam

Bu tez, başta Afyonkarahisar ili olmak üzere Türkiye'nin yedi bölgesinden en fazla güneş enerjisi alan yedi ili ile birlikte toplam sekiz il için, yılın belli aylarında belli ebatlardaki bir odayı soğutma amaçlı kullanılan pencere tipi klimayı, güneş enerjisinden elde edilen elektrik enerjisi ile besleyen sistemin tasarlanması ve bu sistemin ne kadar maliyete malolacağını tespit etmek amacıyla hazırlanmıştır. Ayrıca, yapılan çalışmayla ölkemizde son zamanlarda gittikçe artan fotovoltaik güç araştırmalarına yeni bir tasar›mla katkıda bulunulması amaçlanmaktadır.

Çalışmanın birinci bölümünde tezin amacı ve kapsamı hakkında kısaca bilgi verildikten sonra bundan önce yapılmış ve tez çalışmasına kaynak olan çalışmalara ait özetleri verilmiştir.

İkinci bölümde teze ait genel bilgiler ana başlığı altında tükenmez bir enerji kaynağı olan Güneş tanıtılmış, Türkiye için güneş enerjisinin değerine ve önemine dikkat çekilmiş, fotovoltaik piller hakkında ayrıntılı bilgiler verilmiş ve bunlara son olarak klima genel bilgileri eklenmiştir.

Üçüncü bölümde materyal ve metot ana başlığı altında, senaryo olarak her bir ile ait aynı özelliklere sahip oda soğutması için sistem tasarlanmış ve bundan önce uygulanmış ve alanında iyi sonuçlar alınmış birçok kaynaktan faydalanılarak bu sistemler hakkında gerekli hesaplamalar yapıp uygulanabilir düzeye getirilmiştir. Bunun yanında maliyet hesaplamalarına da yer verilmiştir.

Dördüncü bölümde bulgular başlığı altında, yapılan tüm hesaplamalar sonucunda elde edilen sonuçlar, tablolar ve grafikler halinde verilmiştir.

Beşinci bölüm olan tartışma ve sonuç bölümünde ise elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

1.2 Önceki Çalışmalar

“Photo” Yunancada “phos” ışık anlamında, “volt” ise 1745–1827 yılları arasında yaşamış ve elektrik alanında öncü bir bilim adamı olan Alessandro Volta’nın adından gelmektedir.

İlk olarak, 1839 yılında Fransız fizikçi Edmund Becquerel, iletken bir çözelti içerisine iki metal elektrot yerleştirilmiş elektrolitik hücrenin ışığa tutulması ile elektrik üretiminin arttığını gözlemlemiş ve PV etkiyi keşfetmiştir. Bundan sonra, 1877 yılında W.G. Adams ve R.E. Day kat selenyumdaki PV etkiyi gözlemlemişler. İlk PV hücre olarak önce selenyum katısı kullanılmıştır. 1918 yılında Polonyalı bilim adamı Czocharlski tek kristalli silikon gerçekleştirmiştir. 1921 yılında Albert Einstein PV etkiyi açıklayan 1904 sayfalık teorisinden dolayı Nobel Ödülünü kazanmıştır. 1953 yılında Wayne State Üniversitesi’nden Dr. Dan Trivich güneş ışınımı temelinde farklı enerji bandları aralıklarına sahip değişken materyallerin verimlerinin teorik

hesaplamalarını yapmıştır. 1954 yılında Bell laboratuvarları araştırmacıları Murray Hill, NJ, D.M. Chapin, C.S. Fuller, ve G.L. Pearson sadece birkaç ay sonra silikon güneş hücrelerinin verimini %4-5'ten %6'ya yükselttiler.

1958 yılında PV enerjili ilk uydu olan Vanguard I uzaya fırlatıldı. 1959 yılında Hoffman Elektronik %10 verimli ticari amaçlı PV hücreleri başardı. Aynı zamanda Hoffman Elektronik şebeke bağlantılı kullanmayı ve önemli ölçüde seri direncini azaltmayı başardı. 1997 yılına gelindiğinde BP Solar şirketi Almanya ve Kolombiya'da iki büro açmış ve Enron Solar Crete'de bir 50MW'lık PV güç istasyonunun İlk 5 MW'lık kısmını finanse edeceğini açıklamıştır. Endonezya'da Suharto Başbakanı 50 MW'lık solar ev sistemlerini hazırlayacak bir sistemi üç yıl gibi kısa bir süre sonra törenle açmıştır. 1999 yılında dünya üzerinde gittikçe artan PV kapasitesi 1.000 MW'a ulaşmıştır. Aynı yıl Solarex PV modülleri Breitling Orbiter balonunun hiç durmadan dünya etrafında dolanması süresince gerekli enerjiyi sağlamıştır. 2002 yılına gelindiğinde ise dünya üzerinde gittikçe artan PV kapasitesi 2.000 MW'a ulaşmıştır (İnt. Kyn. 12, Penick and Louk 1998).

Bu çalışmanın konusu ve kapsamı dâhilinde yararlanılan başlıca kaynakların özetleri ise aşağıda verilmiştir.

Akgün'ün (2006), "Mikrodenetleyici Tabanlı Güneş Enerjisinden Elektrik Enerjisi Üretim Sisteminin Tasarımı" adlı tez çalışmasında yapılan sistem; yerden ve zamandan bağımsız olarak dünya üzerinde nerede bulunursa bulunsun, yılın hangi günü ve saati olursa olsun güneşten maksimum faydalanacak şekilde tasarlanmıştır. Sistem; ışık duyar elemanlar yardımıyla güneşi ışık yoğunluğuna dayalı optik olarak aranması, ışık duyar elemanlardan alınan bilgilerin mikro denetleyiciye aktarılması ve oradan da motorlara kumanda edilerek PV güneş panelinin otomatik olarak her zaman güneşe 90°lik açı ile bakması, dolayısıyla yüksek verimde elektrik enerjisi üretiminin sağlanması esasına göre çalışmaktadır.

Akmeşe'nin (2006), "Güneş Panelinden Beslenen Bir DA Motorunun Çalıştırılması" adlı tez çalışmasında, güneş enerjisini ev veya sanayide kullanmak için bir dönüştürücü

tasarlanmıştır. Güneş panelinin çıkış gerilimi 20 volt civarındadır. Dönüştürücü yardımıyla güneş panelinin gerilimi 220 volta yükseltilip ve bir denetleyici yardımıyla bu seviyede sabit tutulmaktadır. Elde edilen gerilim seri bir DA motoruna uygulanmaktadır. Motorun hız denetimi bir PIC mikro denetleyici tarafından sağlanmaktadır. Devrenin benzetim çalışmaları SIMPLORER 6.0 programında yapılarak elde edilen sonuçlar deneysel sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

Bahtiyar'ın (2006), "Fotovoltaik Sistemler İçin Gerçek Zamanlı Bir İzleme Merkezi Tasarım ve Uygulaması" adlı bu tezinde, fotovoltaik sistem verilerinin gerçek zamanlı olarak ağ üzerinden bir merkezde toplanabilmesi ve izlenebilmesi için bir ilk örnek (prototip) sistem tasarımı ve uygulama gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan sistemde ölçümler MODBUS, 1-Kablo ve seri çevresel arayüz (SCA) gibi farklı iletişim protokolleri kullanarak sorgulama yapan algılayıcı/dönüştürücü ve cihazlar yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Fotovoltaik sistemde ölçülen büyüklükler veri güvenliği dikkate alınarak bir mikro denetleyici tabanlı elektronik devre araçlığı ile denetleyici alan ağ (DAA) protokolü ve fiziksel yapı üzerinden bir merkez bilgisayara iletilmektedir. Sonuçlar, farklı iletişim protokolleri kullanarak gerçekleştirilen ölçümlerde verilerin DAA ile güvenli bir şekilde iletebileceğini göstermektedir.

Boztepe'nin (2002), "İzmir (Bornova) Koşullarında Şebekeye Bağlı Bir Fotovoltaik Enerji Sisteminin Tasarımı ve Denenmesi" adlı doktora tez çalışmasında enerji kesintilerinde dahi yükü besleyebilen, hem şebekeye bağlı hem de şebekeden bağımsız çalışan yeni bir PV sistem geliştirilmiş ve klasik şebekeye bağlı PV sistemlerle karşılaştırılmıştır. Elektrik faturasını sıfırlayan bir boyutlandırma yöntemi önerilerek, elektrik tarifelerine ve konutun güç profiline göre incelenmiş ve İzmir koşullarında ortalama bir ev için hesaplama yapılmıştır.

Çalk ve Bücür'ün (2007), "Konut İhtiyacı İçin Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi" isimli makalelerinde, güneş enerjisi ile elde edilen elektrik enerjisi ile konut beslemesi incelenmiş, küçük bir güneş enerjisi sistemi ve sistem elemanları açıklanmış ve Antalya ili için örnek bir sistem tasarlanmış, hesaplamalar yapılarak yükü karşılayabilecek sistem elemanları belirlenmiştir.

Çelik ve Abut'un (2005), "Fotovoltaik Pil, Akü, Elektrik Motoru ve Su Pompası İçeren Kompleks Sistemin Dinamik Modeli" isimli bildirilerinde PV pompa sisteminin çeşitli bileşenlerinin (PV modül, akü, elektrik motoru ve santrifüj pompa gibi) zamana bağlı değişimi incelenmiştir. Sistem iki ana çalışma moduna sahiptir. Güneşin ışık yoğunluğunun seviyesi sistemi etkilemektedir. Matematik model çalışma moduna göre 7 ya da 4 diferansiyel denklem içerir.

Doğan' n (2006), "Güneş Enerjisi Uygulamaları" isimli kitabı temel olarak güneş ışığı ve fotovoltaik hücreler üzerine olmakla birlikte bu teorinin fotovoltaik elektrik sistemlerinin tasarımı üzerine olan uygulamalarından da bahsetmektedir. Kitapta, fotovoltaik elektrik problemlerinin çözümü için C programlama dilinde yazılmış birçok bilgisayar programı da verilmiştir.

Göse'nin (2001), "Refrigeration By Solar Cells" adlı tez çalışması ile güneş enerjisi kullanılarak çalıştırılacak bir buzdolabı imal edilmiştir. Buzdolabında özel olarak tasarlanmış Danfoss BD35F DA Kompresör kullanılmıştır. Güneşten daha fazla enerji elde etmek için, güneş takip sistemi kurulmuştur. Takip sisteminin ana parçaları, takip kartı, hareketli mount ve doğrusal motordur. Takip faaliyetleri MC68HC908JL3 mikro denetleyici tarafından yapılmaktadır. Yazılım 68HC08 Assembly dilinde yazılmıştır. Doğu-bat istikametinde tek yönlü takip yapan bir kart dizayn edilmiştir.

Güneş'in (1999), "Fotovoltaik Sistemin Sağladığı Elektrik Enerjisi İle Çalışan Bir Uygulama Sisteminin Tasarımı" adlı tez çalışmasında, küçük güçlü tüketicilerin beslenmesinde fotovoltaik sistemlerin kullanılması ve bu sistemin besleme sürekliliği açısından problem olması ihtimaline karşı da PLC yardımıyla kontrol edilen yedek enerji kaynaklarından yararlanılması ve bunu yanında yörede fotovoltaik bir kaynaktan beslenen su pompalama sistemlerinin kullanım imkânları araştırılarak, bu konularda bilgi birikimi sağlanmıştır.

Oktik'in (2001), "Güneş-Elektrik Dönüşümleri Fotovoltaik Güneş Gözeleri ve Güç Sistemleri" isimli kitabında dünyaya gelen güneş ışınımı ve bu ışınımdan yararlanarak elektrik üretmeyi sağlayan güneş gözeleri (fotovoltaik hücreler) incelenmiştir. Güneş

gözlemlerinin üretilme biçimleri ve kullanılan farklı malzemelerin verimlilikleri açıklanmıştır. Fotovoltaik modüllerin birleştirilmesiyle meydana gelen fotovoltaik güç sistemleri ise şebekeye bağlı ve şebekeden bağımsız biçimde uygulamalar olmak üzere anlatılmış ve özellikle ülkemizde fotovoltaik sistemlerden yararlanmak için yapılması gereken uygulamalar için önerilere yer verilmiştir.

Okyay'ın (2006), "Kütahya Koşullarında Fotovoltaik Sistemin Deneysel İncelenmesi ve Ekonomik Analizi" adlı tez çalışmasında Kütahya'da fotovoltaik enerjiden yararlanma şansı; güneş pilleri vasıtasıyla, güneş tarlası modeli göz önünde bulundurularak araştırılmıştır. DPÜ Mühendislik Fakültesi laboratuvar bahçesine kurulan 10 adet güneş piline gelen güneş ışınım değerleri pyranometre sensörü ile ölçülerek, ölçüm değerleri bilgisayara kaydedilmiştir. Elde edilen değerler değerlendirilmiştir. Yapılan deneyler ve alınan değerler sonucunda bir elektrik kullanım senaryosuna göre fotovoltaik sistemin ilk yatırım maliyeti karşılaştırılmıştır. Elde edilen fotovoltaik sistem maliyeti aynı senaryoya bağlı olarak şehir elektriği kullanılması ve uzak hat çekimi ilk yatırım maliyeti ile karşılaştırılmıştır. Buradan güneş pili sisteminin elektriğin bulunduğu merkezi yerleşim birimlerinde ekonomik olduğu, ancak uzak hat çekilen yerlerde daha ekonomik olabileceği görülmüştür.

Onat'ın (2005), "Mini Hidroelektrik Santraller İçin Güneş Pilleri İle Uyarılan Senkron Generatör Tasarımı" isimli doktora çalışmasında kullanım alanı gittikçe genişleyen enerji verimi yüksek ve asenkron jeneratörlü sistemlere göre daha esnek çalışma koşullarına sahip bir mini hidroelektrik santral simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Santralde elektrik üretici olarak senkron jeneratör kullanılmaktadır. Tezde kullanılan jeneratörün uyarım gücü ise fotovoltaik pillerden elde edilmiştir. Böylece sistemin uyarım kayıpları sıfıra indirilerek toplam enerji verimi artırılmış olmaktadır.

Özcan'ın (2001), "A Stand-Alone Power Supply Application With An 85 W Solar Panel" isimli tez çalışmasında güneş enerjisini elektrik enerjisine çeviren sistem incelenmiş ve ilk örnek bir sistem tasarlanmıştır. Denetleyici, regülatör, seviye göstergesi gibi yardımcı birimler üzerinde yapılan test ve ölçümlerde olumlu sonuçlar gözlemlenmiştir. Güneş paneli üzerinde yapılan ölçümlerde teknik özelliklerinde verilen

kısa devre akımı ve yük akımı değerlerine çok yakın sonuçlar elde edilmiştir. Fakat sıcaklık değişimlerinde açık devre çıkış geriliminin az da olsa daha yüksek oranlarda değiştiği gözlemlenmiştir (yaklaşık %0,5). Sistem yönü güneşi takip edecek şekilde tasarlandığında verimin %30 oranında artabileceği tespit edilmiştir. Eğim açısındaki değişimin ise günlük olarak sistem veriminde fazla etkili olmadığı görülmüştür. Ancak İlık olarak eğim açısı değiştirildiğinde verimi biraz daha arttırılabilir.

Say n' n (2006), “Yenilenebilir Enerjinin Ülkemiz Yap› Sektöründe Kullan›m n n Önem ve Yapılarda Güneş Enerjisinden Yararlanma Olanakları” adlı tez çalışmasında yapılarda güneş enerjisinden pasif ve aktif yararlanma olanakları ayrıntılı olarak incelenmiş ve uygulama biçimleri örnek çizim ve fotoğraflarla açıklanmıştır.

Tozlu'nun (2004), “Muğla Üniversitesinde Kurulu Şebekeye Bağlı Fotovoltaik Güç Sistemlerinin Performans Analizi” adlı tez çalışmada Muğla Üniversitesinde kurulu “Türk Evi” öğrenci kafeteryası çatısında bulunan STC altında 25,6 kWp (fotovoltaik hücre veya modül gücü Wp şeklinde gösterilir ve tepe-watt olarak söylenir) kurulu güce sahip fotovoltaik güç sisteminin çalışma karakteristiğini göstermektedir. Bu çalışmada sistemin performansı IEA ülkelerinde bulunan şebekeye bağlı fotovoltaik sistemlerle karşılaştırılmış. Sistem verimliliğinin modül sıcaklığına bağımlılığı incelenmiştir. Sistemin verimliliği artan modül sıcaklığı ile azalmaktadır. 25 °C üzerindeki modül sıcaklık değerleri için 1 °C modül sıcaklık artışı, sistem verimliliğinde %0,3 ile %0,5 arasında azalmalara yol açmaktadır.

Yeşilata ve Işiker'in (2006), “Fotovoltaik Güçle Çalışan Bir Buzdolabı Sisteminin Deneysel Analizi” isimli makalelerinde, düşük soğutma yüküne sahip bir fotovoltaik buzdolabı sistemi deneysel olarak incelenmektedir. Sistemde, paneller ile buzdolabı arasında bir invertör ve batarya grubu bulunmaktadır. Panel DA çıkış gücü, buzdolabı AA giriş gücü, batarya kullanım oranı ile panel ve dondurucu bölme sıcaklıkları değerlerindeki anlık değişimler belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, mevcut sistemle sıcaklığın -14 °C seviyelerine düşebildiğini ve güneşli anlarda bataryaya çok az yük düşüğünü göstermektedir. Bataryada depolanan elektrik enerjisi, sistemi gece boyunca kesintisiz olarak çalıştırabilecek düzeydedir.

1.3 PV Güç Sistemi Uygulamaları >

Son yıllarda yaygın hale gelen kullanıcıların bina çatı ve yüzeylerine yerleştirilen şebekeye bağlı PV güç sistemleri tipik olarak 1–50 kWp arasında değişmekte olup, iki yönlü sayaç uygulaması ile kullanılan PV güç şebekeye verilebilmektedir. Bu tür uygulamalarda PV kurulu gücün 1995 yılı itibari ile 35 MWp dolayında olduğu sanılırken Temmuz 1998’de Viyana’da İkinci Dünya PV Enerji Konferansında özellikle evlerin çatılarına yerleştirilen PV sistemlerine ilginin hızla arttığı belirtilmiştir.

Avrupa Ekonomik Topluluğunun 2010 yılına kadar bir milyon küçük PV sistem kuracağı açıklanmıştır. 1997’de PV pazar hacmi 120 MWp’in üzerinde gerçekleşirken, üretim kapasitesi buna cevap vermekte zorlanmaktadır. Bugün PV sektöründe, üretilen modüllerin yaklaşık olarak %90 kadarını silisyum kristalini taban alan sistemler oluşturmaktadır. PV modül üretiminin çoğunluğu ABD (%44), Japonya (%20) ve Avrupa (%27) olarak bölüşülürken, %9 kadar bir bölümü de diğer ülkelere gerçekleştirilmektedir. Artan talebe koşut olarak hızla büyüyen PV pazarının iş kapasitesi 1 milyar dolar/yıl’ı çoktan aşmış durumdadır. 2010 yılı itibari ile ABD PV endüstrisi 60 milyar dolarlık bir kapasite öngörmektedir. PV hücrelerin üretiminde elektronik endüstrisinde kullanılan (off-cut) silisyum malzeme kullanılmaktadır. Ancak bu kaynak, artan talebi karşılamakta zorlanmaktadır. Bu nedenle, örnek olarak Japonya’nın önümüzdeki iki yıl için hedeflediği 70.000 çatıya PV sistemi programını gerçekleştirebilmesi için PV kalite silisyum üretecek bir fabrikayı kurması beklenirken, Avrupa’nın da bunu izleyeceği sanılmaktadır. Bu gelişmelerin önemli maliyet düşüşlerini getireceğine inanılmaktadır (Oktik 2001).

Aşağıda verilen Çizelge 1.1’e dikkat edilecek olursa 2006 yılı sonu itibariyle şebekede olan PV kapasite bakımından 1.150 MWp değeri ile ilk sırayı Almanya almaktadır. Bunu 285 MWp ile Japonya ve 100 MWp ile Amerika izlemektedir. İspanya bu anlamda büyük atılım yapmaktadır. Güney Kıbrıs 0,52 MWp toplam PV güç ile Danimarka’nın önündedir. Amerika’da 1997 yılında Clinton tarafından ulusal plan olarak tanıtılan “Bir Milyon Çatıya Güneş Enerjisi” programı hala devam etmektedir (Anonim 2007).

Çizelge 1.1 2006 yılı sonu itibariyle ülkelere göre şebekede olan, şebekede olmayan ve toplam, MWp cinsinden yerleşik PV güç kapasiteleri (İnt. Kyn. 16).

Ülke	PV Güç Kapasitesi (MWp)		
	Şebekede Olan	Şebekede Olmayan	Toplam
Almanya	1.150	3	1.153
Japonya	285	2	287
Amerika	100	60	160
İspanya	59	1	60
Avustralya	2	8	10
İtalya	11	0	11
Güney Kore	20,93	0,37	21,3
Fransa	6,1	0,3	6,4
Avusturya	4,8	0,2	5
Birleşik Krallıklar	2,6	0,2	2,8
Yunanistan	0,2	1,0	1,2
İsveç	0,4	0,2	0,6
Belçika	2,1	0	2,1
Danimarka	0,2	0,03	0,23
Güney Kıbrıs	0,44	0,08	0,52

Ülkemizde de konu ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır. Enerjide verimlilik ve tasarrufun artırılmasını öngören Enerji Verimliliği Yasası'nın Türkiye Büyük Millet Meclisi'nde kabul edilmesiyle kişilerin güneş gibi doğal kaynaklardan kendi elektriklerini üreterek, gerektiğinde bu enerjiyi dağıtım şirketlerine satmalarının yolu açıldı (Anonim 2007).

Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE), Enerji Kaynakları Etüt Dairesi Başkanlığı, Güneş Enerjisi Şubesi, 1982 yılından bu yana güneş enerjisi konusunda araştırma, geliştirme, bilgilendirme ve gösteri çalışmaları yürütmektedir.

EİE'nin gerçekleştirmiş olduğu projelerde kurulan güneş pili sistemleri güneşe belli bir açıyla yönlendirilmiş sabit sistemlerdir. Resim 1.1'de görülen, güneşi takip eden bir sistem ile yapılan bir çalışmada ise, 16 ay boyunca alınan ölçümler sonucunda gelen güneş enerjisinden istifade %23 civarında olmuştur. Güneşi tam takip eden bir sistemde bu oran %25'in üzerine çıkacağı öngörülmektedir (İnt. Kyn. 3).



Resim 1.1 EİE'nin yerleştirdiği güneş takip sistemli PV paneller (İnt. Kyn. 3).

Güneş pilleri şebekeden bağımsız sistemler olarak kullanılabilirdiği gibi mevcut elektrik şebekesine bağlı olarak da kullanılabilirler. Enerji maliyetinin pahalı olması nedeniyle güneş pilleri genellikle dünyada şebekeden uzak yerlerde küçük güçlerdeki enerji talebinin karşılanmasında kullanılmıştır. Son yıllarda ise özellikle gelişmiş ülkelerde şebekeye bağlı güneş pili uygulamaları yaygınlaşmaktadır. Bu kapsamda, Resim 1.2'de görülen, EİE Didim Güneş ve Rüzgâr Enerjisi Araştırma Merkezi'ne 4,8 kWp gücünde şebeke bağlantılı güneş pili sistemi kurulmuş ve 2 yıl işletilmiştir. Sistemin günlük ortalama enerji üretimi 20 kWh olmuştur (İnt. Kyn. 3).

Kamu kurumlarının dışında özel sektörün bu konudaki çalışmaları her geçen gün artmakta ve yeni yeni şirketler kurulmaktadır. Örnek olarak, Enisolar Enerji, Kipa ile ortak yürüttüğü çalışmaları sonucunda devreye alınan 30 kW kurulu gücündeki PV enerji sistemi, kurulu güç itibarıyla Türkiye'nin en büyük PV güç sistemi olma

özelliğini taşımaktadır. Şehir şebekesiyle paralel olarak çalışan sistem, Türkiye'nin hem en büyük PV sistemi hem de en büyük şebeke bağlantılı sistemi olma özelliğini taşımaktadır. 360 m²'lik bir alana monte edilen 162 Wp'lik polikristal PV modüller, yaz ve kış mevsiminde güneş ışınlarının geliş açısının değişmesi sebebiyle, sistem performansın artması için, açısı 20⁰ ile 50⁰ arasında değiştirilebilen alüminyum bir platform üzerinde taşınmaktadır (Anonim 2007).



Resim 1.2 EİE'nin 4,8 kWp gücünde şebeke bağlantılı PV pil sistemi (İnt. Kyn. 3).

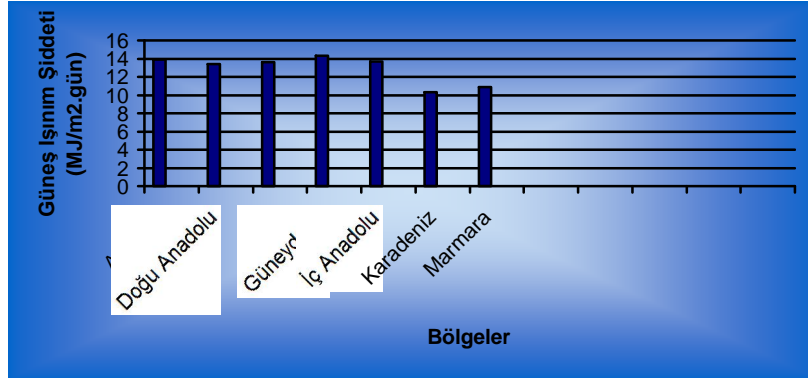
1.4 Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli

Coğrafi olarak 36⁰-42⁰ kuzey enlemleri arasında bulunan Türkiye, güneş kuşağı içerisinde yer almaktadır. Güneş kuşağının bu kesimi, iyi güneş almakla birlikte, mevsim değişikliklerinin alt sınırdan az, üst sınırdan çok etkili olduğu bir bölgedir.

Meteorolojik gözlemlere dayalı olarak, Türkiye'nin yıllık güneşlenme süresi 2.609 saat olup, maksimum ve minimum süreler Temmuz (362 saat) ve Aralık (98 saat) aylarında gerçekleşmektedir. Güneşlenme süresi yönünden en zengin bölgeler sırasıyla, Güneydoğu Anadolu (3.016 saat), Akdeniz (2.923 saat), Ege (2.726 saat), İç Anadolu (2.712 saat), Doğu Anadolu (2.693 saat) ve Marmara (2.528 saat) bölgeleridir. En düşük değer ise, 1.966 saat ile Karadeniz Bölgesi'ndedir.

Türkiye’de aylara göre günlük ortalama güneş ışınım şiddetinin maksimum değeri 21,1 MJ/m².gün ile Temmuz ayında ve minimum değeri 5,5 MJ/m².gün ile Aralık ayında görülmektedir. Türkiye’nin günlük ortalama güneş ışınımının yıllık ortalaması 13,2 MJ/m².gün kadardır. Çizelge 1.2’de görüldüğü gibi Güneydoğu Anadolu Bölgesi için yıllık ortalama güneş ışınım şiddeti 14,3 MJ/m².gün olup, bunu Akdeniz (13,9 MJ/m².gün), İç Anadolu (13,7 MJ/m².gün), Ege (13,6 MJ/m².gün), Doğu Anadolu (13,4 MJ/m².gün) ve Marmara (10,9 MJ/m².gün) bölgeleri izlemektedir. Yıllık ortalama güneş ışınımının en düşük değeri, 10,3 MJ/m².gün ile Karadeniz bölgesinde kaydedilmektedir.

Çizelge 1.2 Türkiye’nin bölgelerine göre yıllık ortalama güneş ışınım şiddeti değerleri (Ültan r 1996).



Türkiye’nin güneşlenme süresi ve güneş ışınım şiddeti değerleri temel alındığında, tüm yüzeyine bir yılda düşen güneş enerjisi 3.517 Eksa-joule (1EJ=22,7 Milyon TEP) olarak hesaplanmıştır. Bir başka ifadeyle, Türkiye’nin bir yılda aldığı güneş enerjisi 80 milyar Ton Eşdeğeri Petrol (TEP) kadardır. Bu enerji, 111,5 Tera-Watt (TW=10¹² Watt)’a karşılıktır. Türkiye’ye düşen güneş gücü, kurulu elektrik santralleri gücünün 5.300 katından fazladır. Türkiye’ye düşen toplam güneş enerjisi, 1995 yılındaki genel enerji tüketiminin 1.286 katı, bilinen katı fosil yakıt rezervinin 32 kat ve bilinen petrol rezervinin 2.200 katıdır (Ültan r 1996).

2. GENEL BİLGİLER

Yenilenemeyen enerji kaynaklarının tükenir olması ve verimsiz kullanılması, daha temiz ve tükenmez enerji kaynakları arayışını hızlandırmıştır. Dünya enerji ihtiyacının her geçen gün artması enerji verimliliği ve güç kalitesi problemlerinin çözümü için, yenilenebilir enerji kaynaklarının önemini giderek artırmaktadır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan PV'ler, güneş-elektrik teknolojilerinin en basit ve en şık olanıdır. Bu nedenle kamuoyunun yoğun ilgisini çekmektedir. Ancak, bugüne kadar kullanımlarının yoğun olmayışının nedeni, ilk kurulum maliyetinin yüksek ve pil veriminin düşük olmasıdır. Bu yüzden fotovoltaik enerjinin, elektrik şirketleri pazarında yer almaya başlaması için önemli maliyet azalmaları ve performans iyileştirmeleri gerekmektedir. Son zamanlarda bu alanda yapılan çalışmalar ile maliyetlerde düşmeler ve pil verimlerinde iyileşmeler gözlemlenmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygın kullanımıyla, daha değişik bir dünya görüşü günlük yaşamımıza hâkim olacaktır. Sınırsız ve sorunsuzca enerji tüketiminin yerini, bilinçli, çevreye saygılı ve ihtiyacı karşılamaya yönelik enerji kullanımı alacaktır. Böyle bir ortamda da refah düzeyini, en fazla enerji tüketen yerine, en verimli enerji kullanan belirleyecektir. Türkiye'de de benzeri bir anlayışın hâkim olması ile yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi daha da artacaktır.

Bu bölümde, tez çalışmasında tasarlanacak sisteme ait elemanlar, fotovoltaik piller ve klimalar ana başlıkları altında anlatılmıştır. Bu elemanlardan en önemlisi olan fotovoltaik piller başlığı altında PV'ler ayrıntılı bir şekilde açıklanmış ayrıca diğer sistem elemanları; invertörler, bataryalar ve şarj denetleyicilerden bahsedilmiştir. Bölümün ikinci kısmında ise sistem yükü olarak belirlenen klimalar ve çeşitleri hakkında bilgiler verilmiştir.

2.1 FOTOVOLTAİK PİLLER

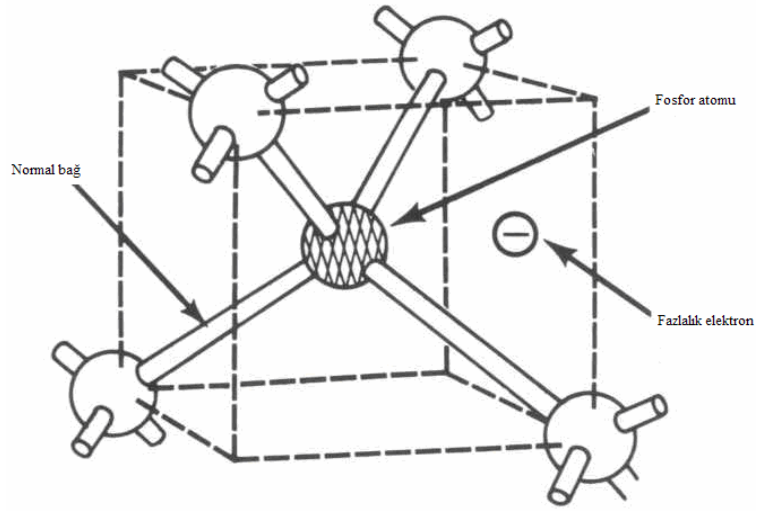
Fotovoltaik pillerin temelinde fotovoltaik etki yatmaktadır. PV etkiyi daha iyi anlayabilmek için birkaç özelliği dolayısıyla silikon kristalini incelemek faydalı olacaktır. Bunlardan birincisi, silikon kristalinin PV aletinde eski zamanlardan beri kullanılan verimli bir yarı iletken madde olmasıdır. İkincisi, silikon kristalinin halen PV materyalinde en geniş kullanıma sahip olmasıdır. Son olarak, diğer PV materyalleri ve tasarımlar PV etkiyi bir parça farklı yollarla işletmesine karşın silisyum tüm aygıtlarda etkinin nasıl işlediğini temel tabanda açıklar. Bu nedenlerden dolayı silikon kristalini başta irdelemek gerekir.

2.1.1 Elektrik Alanının Oluşması

PV hücreler farklı elektriksel karakteristiklere sahip yarı iletkenler tarafından oluşturulan bir elektrik alanı içerir. Elektrik alanı pozitif ve negatif yükleri ters yöne doğru iter. Başka bir ifadeyle elektrik alanının yönü ile elektron akışının yönü birbirine terstir. Yük taşıyıcılarının dıştaki bir devreden geçmesi elektrik olarak tanımlanır.

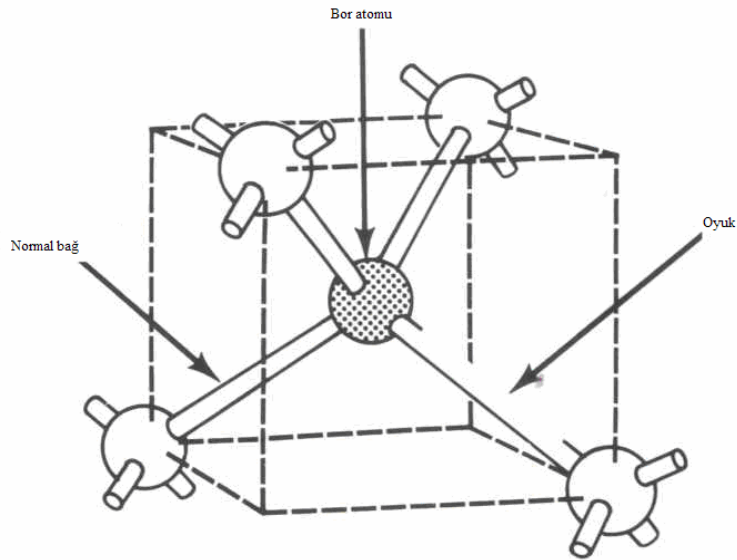
Silikon kristalli bir PV hücrede elektrik alanı oluşturmanın birden fazla yolu vardır. En genel teknik silikon kristalinin yapısında değişikliğe gitmektir. Bu teknik, “doping” olarak bilinen, elektriksel niteliklerini değiştirmek için başka bir elementin atomunu, dopant adı verilen, silikon kristalinin içine katmaktır. Dört valans elektrona sahip silikon atomuna karşılık, “dopant”, üç veya beş valans elektronludur.

Beş adet valans elektrona sahip fosfor atomları, doping n-tipi (negatif-tip) silikon elde etmek için kullanılır. Fosfor atomu, önceden silikon atomlarının yer aldığı kristal örgüde aynı yeri işgal eder. Fosfor atomuna ait valans elektronları dört, silikon atomunun dört adet valans elektronu ile bağlanarak yönetimi devralır. Ancak beşinci valans elektron bağlanamayarak serbest kalır. Şekil 2.1’de görüleceği üzere, serbest kalan bu elektron, kristalin iletim bandının sürekli bir üyesi gibi davranır.



Şekil 2.1 Silikon atomuna fosfor atomunun katkılanması (İnt. Kyn. 15).

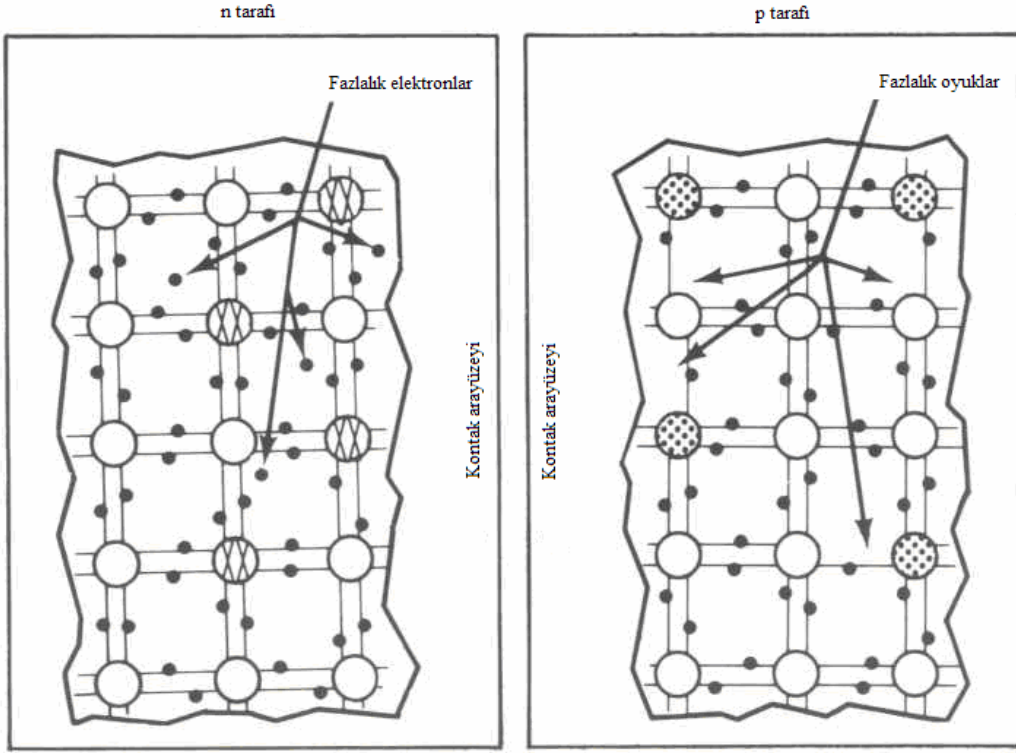
N-tipi silikon tek başına elektrik alanını oluşturamaz. Elektrik alanını oluşturmak için zıt elektriksel niteliklere sahip silikon gereklidir. Bu nedenle, üç adet valans elektrona sahip bor, doping p-tipi (pozitif-tip) silikon elde etmek için kullanılır. Bor, PV'lerde kullanılmak üzere silikonun arındırılması sürecinde ortaya çıkar. Şekil 2.2'de görüldüğü gibi, önceden silikon atomunun yer aldığı kristal örgüde bor atomu da yer alırsa, bir elektron bağ kaybı olur, başka bir ifadeyle fazladan bir pozitif yük (oyuk) ortaya çıkar.



Şekil 2.2 Silikon atomuna bor atomunun katkılanması (İnt. Kyn. 15).

P-tipi maddedeki oyuklar serbest elektronlardan daha fazladır ve bu yüzden çoğunluk yük taşıyıcıları olarak adlandırılırlar. P-tipi maddenin iletim bandındaki birkaç elektrondan ise azınlık yük taşıyıcıları olarak bahsedilir. N-tipi maddede ise, elektronlar

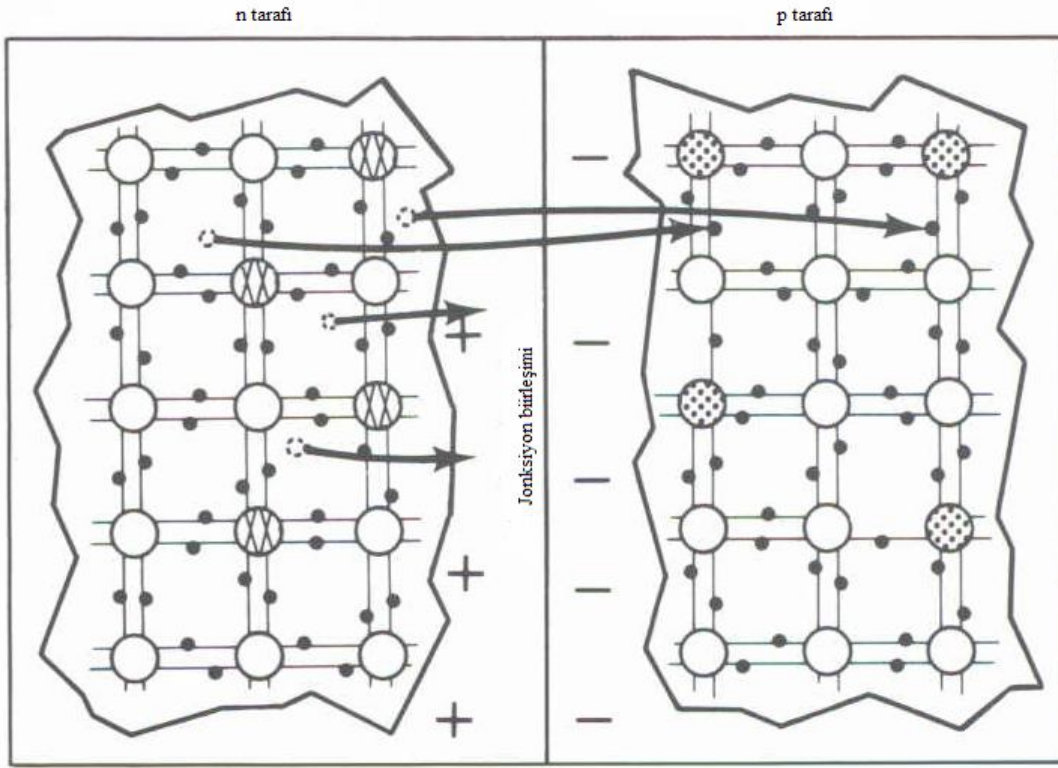
çoğunluk yük taşıyıcıları, oyuklar ise azınlık yük taşıyıcılarıdır. Şekil 2.3'te n-tipi ve p-tipi maddelere ait oyuklar ve elektronlar gözükmektedir. Dikkat edilirse, p-tipi maddede oyuklar çoğunlukta, elektronlar azınlıkta, n-tipi maddede ise elektronlar çoğunlukta, oyuklar azınlıkta dır.



Şekil 2.3 n-tipi ve p-tipi maddeye ait elektronlar ve oyuklar (İnt. Kyn. 15).

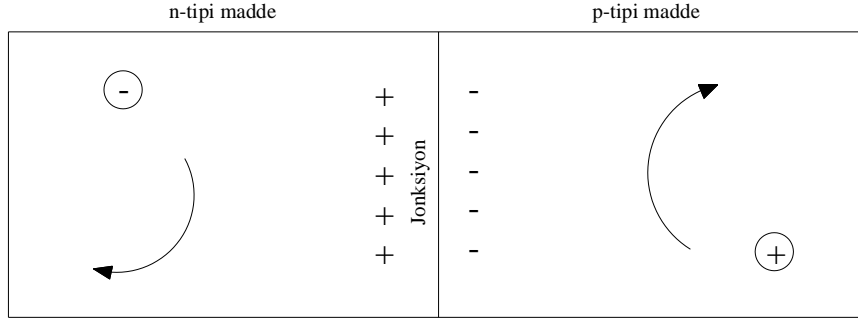
Bütün maddeler eşit sayıda negatif yüklü elektronlar ve pozitif yüklü protonlar içerdiğinden p-tipi ve n-tipi silikonlar n her ikisi de elektriksel olarak nötrdür.

Bununla birlikte çoğunluk yük taşıyıcıları, haddinden fazla enerjiye sahip oldukları için komşu atomlar ile valans birleşiminde yükseğe sıçrayamazlar. Bu fazla enerji kristal örgüyü elektronlar n enine geçmesine izin verir. Her iki maddedeki çoğunluk taşıyıcıları yani n-tipi maddedeki elektronlar ve p-tipi maddedeki oyuklar, elektrik alanına karşı fiziksel karşılık verirler. Elektrik alanı sayesinde elektronlar çekilir, oyuklar ise geri püskürtülür.



Şekil 2.4 n-tipi madde ile p-tipi maddenin birleşimi (İnt. Kyn. 15).

Şekil 2.4'te görüldüğü gibi n-tipi silikon madde ile p-tipi silikon madde birbiri ile temas edecek şekilde birleştirilirse, jonksiyon (birleşim) bölgesinde (p-n arayüzey veya p-n kavşağı) bir elektrik alan oluşur. Bazı çoğunluk yük taşıyıcıları, seti aşan taşkın suya benzer şekilde, bir taraftan diğer tarafa doğru hamle yapar. Bu süreçte iş yapan iki güç vardır. Bunlar çoğunluk ve azınlık yük taşıyıcılarıdır. Çoğunluk yük taşıyıcıları azınlık yük taşıyıcılarına oranla daha fazla enerjili ve seyyardır. Bu yüzden, yüksek yoğunluktaki yerden daha düşük yoğunluklu yere doğru taşınırlar. Bunun adı yayılma'dır. Bunlara ek olarak, p-n kavşağının diğer tarafındaki ters yüklü çoğunluk taşıyıcıları ile elektriksel olarak çekilirler. P-n kavşağının en yakın bölgesinde fosfor katkılanmas ile elde edilen fazla elektron, kavşağın karşı tarafındaki bor atomu ile oluşan oyuğu doldurur. Oyuklar n-tipi maddenin, elektronlar ise p-tipi maddenin yüzeylerine en yakın bölgelerinde toplanırlar. Bu toplanma sadece kavşağa en yakın bölgede gerçekleşir. N-tipi silikonun esas kısmında yine negatif yükler yoğunluktadır, p-tipi silikonun esas kısmında ise yine çoğunluk yük taşıyıcıları oyuklardır.



Şekil 2.5 p-n birleşimi sonucu denge durumu (İnt. Kyn. 15).

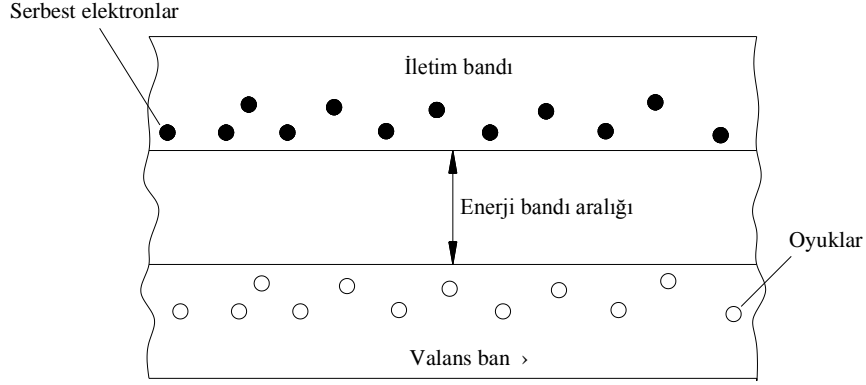
Taşınım sonucunda kavşağın her tarafında net bir yük toplanması var olur başka bir ifadeyle Şekil 2.5'te görüldüğü gibi denge durumu ortaya çıkar. Bu birbirine zıt yük yoğunluğu ara yüzeyin karşısında bir elektrik alanı meydana getirir. Bu elektrik alanın n tipi silikondaki dopant miktarına bağlıdır

2.1.2 Enerji Bandı Aralıkları

Güneş ışığının fotonları bir PV hücresine çarparsa, elektrik akımı üretmek üzere sadece belli bir enerji seviyesindeki fotonlar maddenin atom bağlarından elektronları koparabilir. Bu enerji seviyesi, Şekil 2.6'da görülen ve enerji bandı aralığı olarak bilinen, bir dış kabuk elektronunu valans bandından iletim bandına taşımak için gerekli enerji miktarıdır. Her madde için ve aynı maddenin ayrı atom yapıları için bu enerji miktarı farklıdır.

Kristal silikon için enerji bandı aralığı 1,1 elektron-volt (eV)'dur. Bir elektron-volt, boşlukta, 1 voltluk gerilim sayesinde elde edilen bir elektron enerjisine eşittir. Diğer PV hücre maddeleri 1 eV'tan 3,3 eV'a kadar olan aralıktaki enerji bandı aralıklarına sahiptir. Işık içerisindeki münferit fotonların enerjisi de eV olarak ölçülür. Fotonlar ışığın farklı dalga boylarında farklı enerjilere karşılık gelir. Güneş ışığının tüm spektrumu (tayf), enfrarujdan (kızılötesi) ultraviyoleye (morötesi) kadar, 0,5 eV'tan yaklaşık olarak 2,9 eV'a kadar olan bir diziyi kapsar. Örnek olarak, kırmızı ışık yaklaşık 1,7 eV, mavi ışık yaklaşık 2,7 eV'luk bir enerjiye sahiptir.

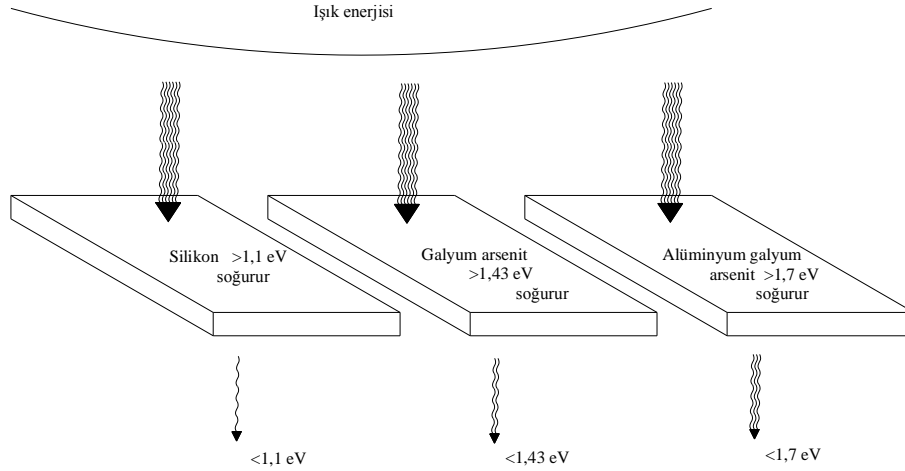
PV hücrenin verimini belirlemenin bir yolu da, güneş ışığını elektrik enerjisine dönüştürme miktarının fazlalığıdır. PV hücreden daha fazla verim alabilmek için başta, Güneş ışığını en iyi soğuran maddeyi seçmek önemli bir adımdır. Çünkü maddenin enerji bandı aralığı, güneş ışığının ne kadarını soğurduğunu belirler.



Şekil 2.6 Fotonların enerji bandı aralıklarındaki durumu (İnt. Kyn. 15).

Örnek olarak silikon kristalini verecek olursak, yük taşıyıcıları çiftini oluşturmak için soğurulabilecek ve en az 1,1 eV'luk bir enerjiye sahip fotonlar gereklidir. Düşük enerjili fotonlar silikonu direkt geçer veya ısı gibi soğurulur. Daha yüksek enerjili fotonlar ise soğurulur ve serbest yük taşıyıcılarına katkıda bulunur. Ancak, bunun yanında hücrenin üst kısmında ısıtılırlar. Güneş ışığının yaklaşık %55'lik kısmı birçok PV hücre tarafından kullanılmayabilir. Çünkü bu, enerji bandı aralığından aşağıda veya daha fazla enerji taşırlar. Şekil 2.7'de çeşitli kristallerin soğurdukları enerji bandı aralıkları görülmektedir.

Düşük enerji bandı aralıklı maddeler güneş tayfi enerjilerinin daha geniş bir dizisini soğurabilir, daha çok sayıda yük taşıyıcısı (daha büyük akım) oluşturabilir. Böyle düşük enerji bandı aralıklı maddeden en iyi PV hücrenin yapılacağı sonucuna varabiliriz. Fakat bu da tek başına yeterli değildir.



Şekil 2.7 Silikon, galyum arsenit ve alüminyum galyum arsenit kristallerine ait enerji bandı aralıkları (İnt. Kyn. 15).

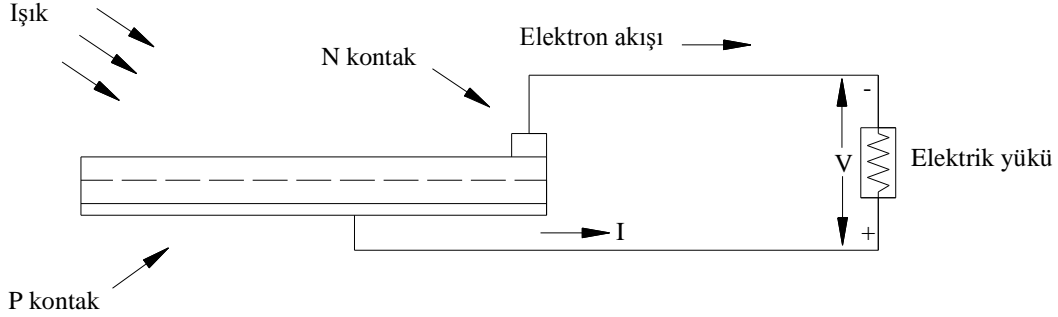
Enerji bandı aralığı, aynı zamanda maksimum gerilim üreten ve PV hücreyi belirleyen elektrik alanının şiddetine de etki eder. Maddenin daha yüksek enerji band aralığı daha yüksek açık-devre gerilimidir.

PV hücre gibi bir elektriksel aygıttan elde edilen güç, akım ve gerilim üretmeye eşittir. Düşük bant aralıklı hücreler yüksek akıma, düşük gerilime, yüksek bant aralıklı hücreler ise yüksek gerilim ve düşük akıma sahiptir. PV hücrenin tasarımında bir uzlaşma gerekir. 1 eV ve 1,8 eV arasındaki bant aralıklı maddelerden yapılmış hücreler PV aygıtlarında verimli bir şekilde kullanılabilirler.

2.1.3 PV Hücre

Şekil 2.8’de görüldüğü üzere PV hücre fiziksel özellikleri bakımından klasik p-n birleşim diyotuna çok benzer. Güneş ışınları birleşim tarafından soğurulduğu zaman, soğurulan fotonların enerjisi, materyalin elektron sistemine taşınması sonucu birleşimde yük taşıyıcılarına ayrılırlar. Bu yük taşıyıcıları, sıvı bir elektrolit içerisindeki elektron iyon çifti veya katı bir yarı iletken madde içerisindeki elektron oyuk çifti olabilir. Birleşim bölgesindeki yük taşıyıcıları potansiyel bir eğim oluştururlar, elektrik alanı

etkisi ile elektronlar hızlanırlar ve harici devreden akan akım gibi dolaşır. Devrenin direnci ile akımın karesinin çarpımı elektriğe dönüşen gücü verir.



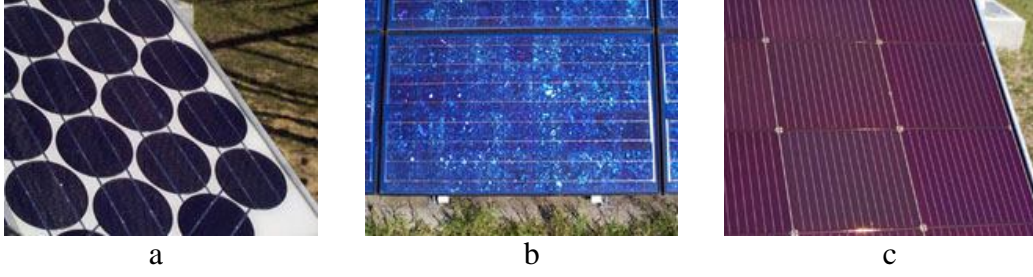
Şekil 2.8 PV etki p-n birleşiminde foton enerjisini gerilime dönüştürür (Patel 1999).

2.1.4 PV Hücre Çeşitleri

Genelde PV hücreler, silikonun, tek kristal ve polikristal katmanlar ndan veya ince filmlerinden herhangi birisi kullanılarak yapılır. Silikon son derece saftır. Bundan başka, galyum arsenit gibi daha farklı maddeler de bu alanda kullanılmaya başlanmıştır.

Farklı tipteki silikon PV paneller Resim 2.1’de görülmektedir. Silikon PV hücrelerin dört genel tipi:

1. Tek kristal silikon (mono kristal silikon ve kısaltması Mono-Si),
2. Çoklu kristal silikon (multi kristal ve polikristal olarak da bilinir),
3. Şerit silikon,
4. Amorf silikon (ince film silikon ve kısaltması a-Si olarak bilinen).

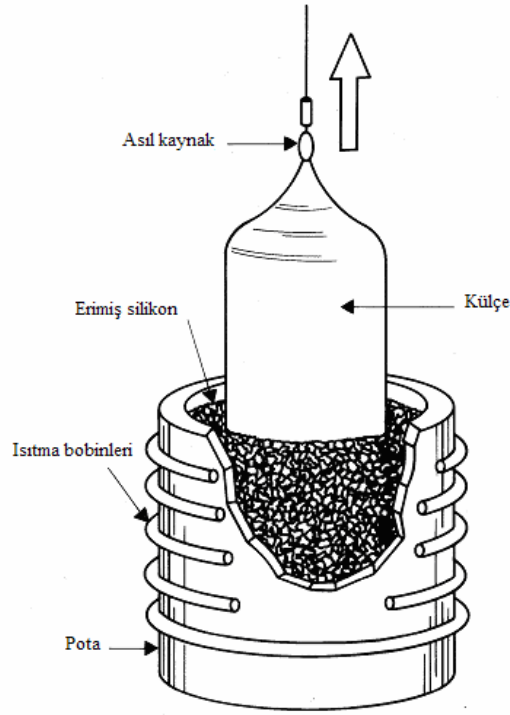


Resim 2.1 Silikon PV hücrelerin farklı tipleri. a) Tek kristal PV panel, b) Polikristal PV panel, c) Amorf silikon PV panel (İnt. Kyn. 14).

2.1.4.1 Tek Kristal Silikon

Tek kristal silikon en geniş uygulanabilir hücre maddesidir ve endüstride kullanım alanı oldukça fazladır. Bu hücreler elde edilirken, silikon maddesi önce eritilir ve bir pota içerisinde arıtılır. Bu kaynak kristal sonra sıvı silikon içerisine yerleştirilir ve sabit bir oranda yavaşça çekilir. Sonuçta bu kat, Cook (1995) tarafından Şekil 2.9'daki gibi şekillendirilen tek kristal külçe gibidir. Büyük tek bir kristal külçesinin 1.400°C civarında bir sıcaklıkta yaklaşık olarak milimetrenin 1/3'ü veya 1/2'si kalınlığında dilimlenir. Silikon, çok yüksek bir saflıkta ve tam bir kristal yapıya yakın olmalıdır. Hücreler tek biçimli bir renge sahiptir, genelde bu renk mavi veya siyahtır. Resim 2.1a'da tek kristal silikon hücrelerden oluşan bir panel resmi görülmektedir.

Tipik olarak, birçok PV hücre küçük bir pozitif elektrik yüküne sahiptir. Hücrenin en üstündeki ince tabaka negatif elektrik yükü ile yüklüdür. Hücre arka kontak olarak isimlendirilen bir tabana bağlıdır. Bu genellikle, hücreyi fiziksel olarak güçlendirmek için kullanılan metal bir tabakadır ve dipte bir elektrikselsel kontak sağlar. Hücrenin üst kısmı gün ışığına açık olduğu için ince metal bir ızgara sürekli bir tabakanın yerine üst kısma uygulanır. Izgara gerekli gün ışığı miktarını geçirecek şekilde ince ancak yeterli miktarda elektrik enerjisini taşıyacak şekilde de geniş olmalıdır.



Şekil 2.9 Czochralski işlemi ile yapılan tek kristal külçe (Patel 1999).

2.1.4.2 Çoklu Kristal Silikon

Polikristal hücreler de tek kristal silikon hücrelere benzer biçimde imal edilir ve  alır. Polikristal hücreler özellikle  retimnin daha ucuz olması nedeniyle erimiŐ silikonun döküm iŐlemiyle yapılır ve daha sonra katmanlar içine dilimlenir. Resim 2.1b’de polikristal hücrelerden imal edilen bir panel görülmektedir. Kaynak madde kullanılarak tek kristalleri haddeden geçirmek yerine, erimiŐ silikon külçe içerisine dökülür. İŐlemede, erimiŐ silikon çoklu kristal Őekliini alır. Ancak  oklu kristal silikon hücreler tek kristal silikon hücreler gibi verimli değildir. Kristal yapı içerisinde d k mlenme işlemi sonucu meydana gelen eksiklikten dolayı verim daha düşüktür. Polikristal hücrelerin yüzeyi tek kristal h crelerdekinin aksine rasgele daĐılmıŐ kristale sahiptir.

2.1.4.3 Şerit Silikon

Şerit tipi PV hücreler külçe yerine erimiŐ silikondan bir Őeridin büyütülmesinden yapılırlar. Bu hücreler tek ve çoklu kristal hücreler gibi çalıŐırlar. Şerit silikonların

çoğunun üzerinde kullanılan anti yansıtıcı, hücrelere prizmatik bir gökkuşağı görünümü verir.

2.1.4.4 Amorf veya İnce Film Silikon

Amorf silikon, PV hücrelerde kullanılan önceki üç tip silikon yapılarından farklı bir kristal yapıya sahiptir. Amorf silikon, a-Si olarak kısaltılır ve aynı zamanda ince film silikon olarak da isimlendirilir. Amorf silikon ince film teknolojilerinin en önemlilerindedir. Silikonun amorf olarak isimlendirilmesinin nedeni, örnek olarak şişelerde ve pencerelerde bulunan cama benzer kristal olmayan bir yüzeye sahip olmasıdır. Amorf silikon hücreler silikonun bir silan (SiH_4) gibi reaktif gazın arka cam, plastik veya metal bir ürün üzerindeki bir boşluğa buharlaştırılmış silikonun fazlaca ince katmanlar halinde doldurulması ile elde edilir. Bu tip güneş hücresi plastik veya cam gibi düşük maliyetli arka plan üzerine bir film gibi uygulanabilir. Resim 2.1c'de görüldüğü gibi, amorf silikon hücreler bir renk çeşidi içerisinde üretilir. Hücreler birkaç kare alan olarak yapılabildikleri için uzun dikdörtgen şerit hücreler olarak yapılırlar. Bu hücreler modül oluşturmak için seri bağlanırlar.

Silikon katmanlar bazı ışığın içinden geçmesine izin verdiği için, birçok katman birbiri üzerine konulur. Eklenen katmanlar PV hücrenin ürettiği elektrik miktarını artırır. Her bir katman ışığın belli bir dalga boyundaki kısmını alabilecek şekilde ayarlanır. Amorf silikon PV modüllerin verimi diğer üç teknolojiye kıyasla kısmen daha düşüktür. Bu teknoloji, kristal silikon teknolojisinden biraz daha pahalı üretim potansiyeline sahiptir.

Diğer ince film teknolojileri, ince çoklu kristal (multikristal), bakır indiyum, diselenid/kadmiyum sülfat hücreleri, kadmiyum tellürid/kadmiyum sülfat hücrelerini ve galyum arsenit hücreleridir. İnce film hücrelerinin, daha kolay tortu ve monte, geniş uygulamalara uygunluğu, kütle üretim kolaylığı, yapı gereçleri veya ucuz alt tabaka tortulanma yeteneği bakımlarından birçok avantajları vardır (İnt. Kyn. 14, Patel 1999, Anonymous 1991).

2.1.5 PV Hücrelerin Verimleri

Tek kristal silikon güneş hücreleri güneş enerjisini elektrik enerjisine %25'den daha fazla dönüştüremeyebilir. Çünkü elektromanyetik tayfin kızılötesi bölgesinde ışınım, madde içindeki pozitif ve negatif yükleri ayıracak yeterli enerjiye sahip değildir. Bununla birlikte, multi-birleşim galyum arsenit ve diğer benzer metal alaşımlarından yapılan PV hücreler %31'e kadar yüksek bir verim elde edilmiştir.

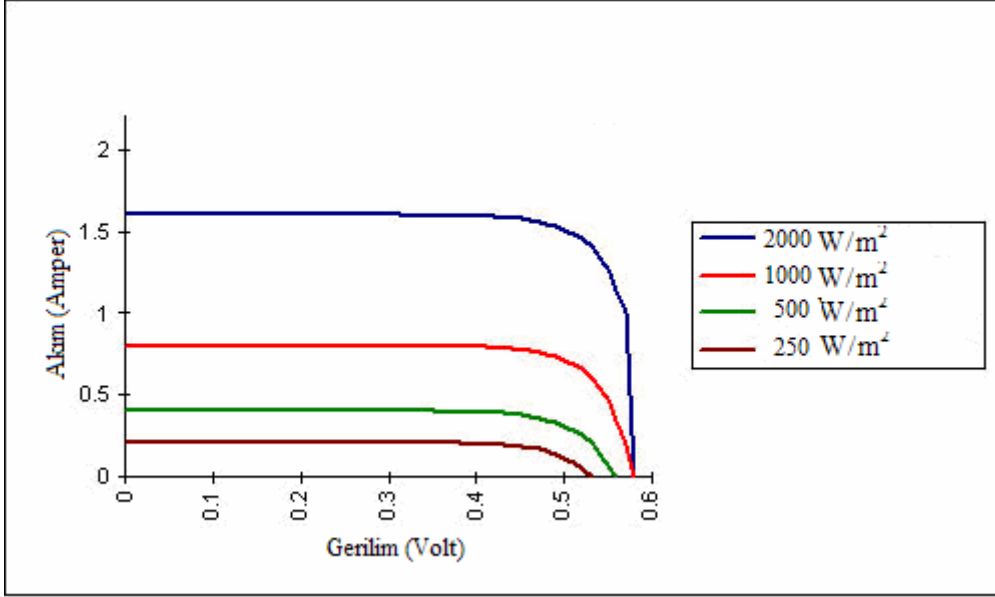
Polikristal silikon güneş hücreleri bugün laboratuvar koşullarında yaklaşık %20'lik bir verime sahiptir. Amorf silikon hücreler tek kristal silikondan daha fazla münferit enerji kayıplar yüzünden %13 civarında verimlidir. Diğer ince film hücreler amorf silikona kıyasla kadmiyum telluride ve bakır indiyum diselenid gibi %16 deneysel verimler ve hemen hemen %18'e ulaşmıştır ve kayıtlar tekrar etmektedir. Ticari olarak uygun PV hücre dönüşüm verimleri yukarıdaki yüzdelerden daha düşüktür. Çizelge 2.1 bu verim değerlerini göstermektedir.

Çizelge 2.1 PV hücre verimleri (İnt. Kyn. 6).

Madde Tipi	Tipik Modül Verimi (%)	Kaydedilen Maksimum Verim Değeri (%)	Kaydedilen Maksimum Laboratuvar Verim Değeri (%)
Tek Kristal Silikon	12-15	22,7	24,7
Çoklu Kristal Silikon	11-14	15,3	19,8
Amorf Silikon	5-7	-	12,7
Kadmiyum Tellürid	-	10,5	16,0
Bakır İndiyum Galyum Diseleneid (CIGS)	-	12,1	18,2

Tipik bir tek kristal silikon PV hücrenin 100 cm²'si, yaklaşık 1.000 W/m² ışınım altında 0,5 volt DA gerilim ve 3 amperle 1,5 watt civarında bir güç üretir. Hücrenin çıkış gücü, güneş ışığının yoğunluğu ile direkt olarak orantılıdır. Örnek olarak, Çizelge 2.2'den de görülebileceği gibi güneş ışığı yoğunluğu yarıya inerse, güç de yarıya inecektir.

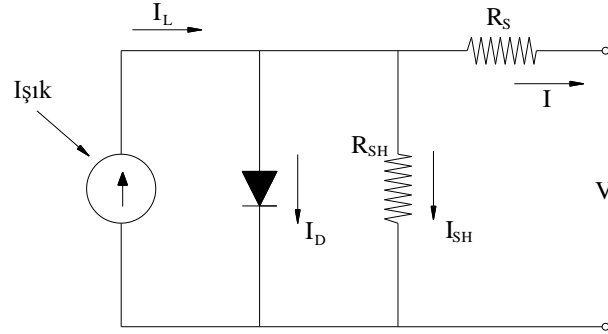
Çizelge 2.2 Farklı ışınım yoğunluklarında PV hücrenin çıkış akım ve gerilim değerleri
(İnt. Kyn. 14).



PV hücrelerin bir önemli özelliği de hücre geriliminin boyuta bağlı olmaması ve değişken ışık yoğunluğu ile sabit kalmasıdır. Ancak, aygıttaki akım boyuta ve ışık yoğunluğu ile direkt olarak orantılıdır. Bunun anlamı, farklı boyuttaki hücreleri karşılaştırmak istenirse, hücre yüzeyinin santimetrekare başına düşen akım yoğunluğu veya amper değerinin kaydedilmesi gerekir.

Bir PV hücrenin çıkış gücü, PV aygıtını güneşe direkt olarak izini sürecektir bir mekanizma kullanılarak veya aynalar ve mercekler kullanılmasıyla güneş ışığını bir yerde toplayarak etkili bir şekilde artırılabilir. Buna karşın, mekanizmanın pahalı olması, birçok parçadan oluşması ve hücreyi soğutma gibi nedenlerden dolayı bu işlemi sınırlayan durumlar vardır. Çıkış akımı, yüksek sıcaklıklarda oldukça karardır fakat gerilim düşer. Dolayısıyla hücre sıcaklığının artması ile çıkış gücünde bir düşüş meydana gelir. Bu da doğrudan verimi etkilemektedir (İnt. Kyn. 6, İnt. Kyn. 13, İnt. Kyn. 14).

2.1.6 PV Hücrelerin Elektriksel Eşdeğer Devresi



Şekil 2.10 Toprak sızıntı akımları ve diyotla gösterilen PV modülün elektriksel eşdeğer devresi (Patel 1999).

Şekil 2.10’da görülen PV modül elektriksel eşdeğer devresindeki, çıkış bağlantı akımı I , ışığın ürettiği I_L akım, çok küçük I_D diyot akımı ve paralel sızıntı I_{SH} akım toplamına eşittir. Seri direnç R_S çıkış akımına karşı gösterilen iç direnci gösterir ve değeri p-n birleşim yüzeyinin derinliğine, katırlıklığına ve kontak direncine bağlıdır. Paralel direnç R_{SH} toprağa akan sızıntı akımını ifade etmektedir. İdeal bir PV hücrede, $R_S = 0$ (seri kayıp yok) ve $R_{SH} = \infty$ (toprağa sızıntı yok)’dur. Yüksek kaliteli 1 inç karelik ($1 \text{ inç kare} = 6,45 \times 10^{-4} \text{ m}^2$) tipik bir hücrede ise, $R_S = 0,05 - 0,10 \text{ ohm}$ ve $R_{SH} = 200 - 300 \text{ ohm}$ arasındadır. PV dönüşüm verimi R_S ’deki değişikliklere duyarlı fakat R_{SH} ’deki değişimlere duyarlı değildir. R_S üzerindeki küçük bir artış, PV çıkışını önemli ölçüde azaltabilir.

Elektriksel eşdeğer devrede, harici yüke ulaşan akım, üretilen I_L akımına eşittir. Yük akımı sıfıra eşit iken ($I = 0$) (2.1) denkleminde verilen PV hücrenin açık devre gerilimi (V_{OC}) elde edilir.

$$V_{OC} = V + I \times R_{SH} \quad (2.1)$$

Diyot akımı klasik diyot akım ifadesi ile aşağıda verildiği gibidir:

$$I_d = I_D \left[\frac{Q \times V_{OC}}{A \times K \times T} - 1 \right] \quad (2.2)$$

Yük akımı bu nedenle (2.3)'de verildiği gibidir:

$$I = I_L - I_D \left[e^{\frac{Q \times V_{OC}}{A \times K \times T}} - 1 \right] - \frac{V_{OC}}{R_{SH}} \quad (2.3)$$

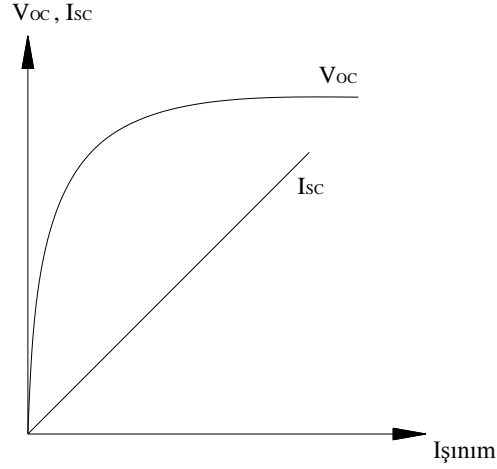
V_{OC} yerine (2.1) fonksiyonu yazılarak (2.4) denklemi elde edilir.

$$I = I_L - I_D \left[\exp\left(\frac{Q \times (V + I \times R_{SH})}{A \times K \times T}\right) - 1 \right] - \frac{(V + I \times R_{SH})}{R_{SH}} \quad (2.4)$$

(2.4) denkleminde son parametre olan seri akım $\frac{(V + I \times R_{SH})}{R_{SH}}$ ise gerçek uygulamalarda I_L ve I_D 'ye göre küçük olduğundan ihmal edilebilir. Bu nedenle ışınım yetersizken açık devre geriliminin uygulanması durumunda hücreden geçen akımın ölçülmesi ile diyot doyum akımı elde edilebilir. Bu akım genellikle karanlık akım ya da ters diyot doyum akımı olarak adlandırılır (Patel 1999).

2.1.7 PV Hücre Karakteristikleri

PV hücre ve modülleri tanımlamak için gerekli nitelikler, örnek olarak kristal PV hücreler kullanılarak aşağıda açıklanmıştır. Aynı zamanda elde edilen genel kavram diğer tip PV hücreler için de uygundur.



Şekil 2.11 Işınım yoğunluğunun bir fonksiyonu olarak açık devre gerilimi ve kısa devre akımı (Goetzberger and Hoffmann 2005).

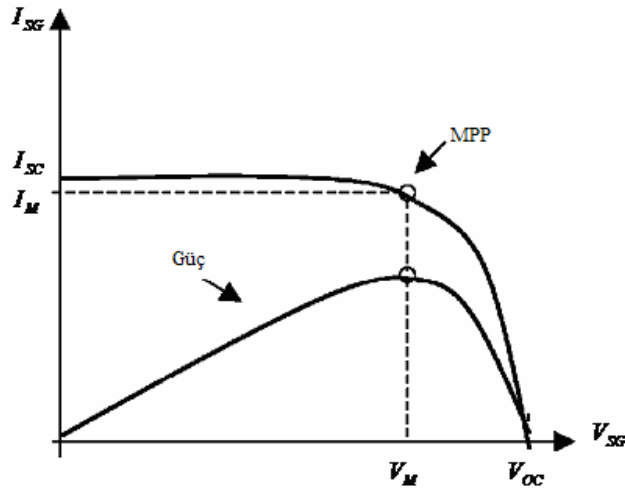
2.1.7.1 Kısa Devre Akımı

Yukarıdaki Şekil 2.11’den de görüldüğü gibi, kısa devre akımı I_{SC} , güneş ışınımının geniş bir alanı üzerine orantılıdır. Aynı zamanda, bu akım hücre sıcaklığına da bağlıdır. Kristal silikon hücrelerde %0,05-0,07 $^{\circ}K$, amorf silikon hücrelerde ise %0,02 $^{\circ}K$ ’lik bir değişim kısa devre akımının artmasına neden olur. Amorf modüllerin daha düşük sıcaklık katsayısı nedenlerden biridir ve bundan dolayı sıcak yaz aylarında kristal modüllerden daha iyi performans gösterirler.

2.1.7.2 Açık Devre Gerilimi

Açık devre gerilimi V_{OC} , münferit diyottan, üretilen toplam akımın akmasıyla bu diyotu geçen gerilime karşılık gelir. Şekil 2.11’de görüldüğü gibi resmedilen gerilim, doyum değerine yakın bir değere ulaşıncaya kadar çok hızlı bir şekilde artar. Bu noktada, $\ln(I_L / I_0)$ değerinde daha yavaş artmaya devam eder. Bu artış münferit ve harici dirençler dolayısıyla çok sık görülmez. Kristal silikon hücreler 0,5-0,6 V gibi tipik bir değere ve amorf silikon hücreler ise 0,6-0,9 V değerine ulaşırlar. Açık devre gerilimi ve

aynı zamanda çalışma noktası gerilimi tipik olarak yüksek dış yoğunluk için ışınım değerinin hemen hemen bağımsız olabileceği varsayılırken, bu gerilimler sadece yetersiz birkaç W/m^2 'lik yoğunluklarla göze çarpar derecede düşer. Bunun yanında, açık devre gerilimi ve çalışma noktası gerilimi sıcaklığa bağlıdır. Bu, çevre sıcaklığından $40\text{ }^{\circ}K$ daha yüksek sıcaklık derecesine ulaşabilen dışarıya yerleştirilmiş PV hücreler gibi hesaba katılmalıdır.



Şekil 2.12 Güç eğrisi ve maksimum güç noktası (Goetzberger and Hoffmann 2005).

2.1.7.3 Güç

PV bir hücrenin gücü akım ve geriliminin bir ürünüdür. Kısa devre ve açık devre durumlarındaki tüm gerilimler için nokta nokta çarpım yapılırsa, verilen bir ışınım seviyesi için Şekil 2.12'deki güç eğrisi elde edilir. Bununla birlikte, kısa devre noktasında akım maksimum değerde, gerilim ise sıfır değerdedir ve dolayısıyla güç de sıfır değerdedir. Açık devre noktasında akım ve gerilim durumları öncekinin tam tersi değerdedir ve yine güç değeri sıfırdır. Arada ise akım ve gerilimin belli bir birleşimi vardır ve güç maksimum bir değere uzanır. Grafikselsel olarak dikdörtgen bir alan şeklindedir. Bu maksimum güç noktasıdır.

2.1.7.4 Maksimum Güç Noktası (MPP)

PV hücrenin maksimum güç noktası (PV modül veya PV jeneratör), Şekil 2.12’de gösterilen eğride eğrinin kırıldığı noktaya yakın yer almaktadır. V_m ve I_m uygun değerleri, açık devre geriliminden ve kısa devre akımından, (2.5)’de verilen denklemlerden hesaplanabilir.

$$\begin{aligned} V_m &= (0,75 - 0,9) \times V_{oc} \\ I_m &= (0,85 - 0,95) \times I_{sc} \end{aligned} \quad (2.5)$$

Çünkü hücre gerilimi ve akımı sıcaklığa bağlıdır ve aynı zamanda elde edilen güç de sıcaklıkla değişir. Kristal silikon hücrelerinin gücü $\%0,4-0,5$ $^{\circ}\text{K}$ ’lik ve amorf silikon hücrelerde ise $\%0,2-0,25$ $^{\circ}\text{K}$ ’lik kadar düşer.

Tepe noktası gücü P_m ile gösterilir. PV hücre maksimum güç noktasında çalışırken yükte aktarılan güç miktarıdır. Bu noktada, yükün üzerinden geçen akım I_m ve yükün uçları arasındaki voltaj V_m ise, tepe noktası gücü (2.6) fonksiyonu ile bulunabilir.

$$P_m = I_m \times V_m \quad (2.6)$$

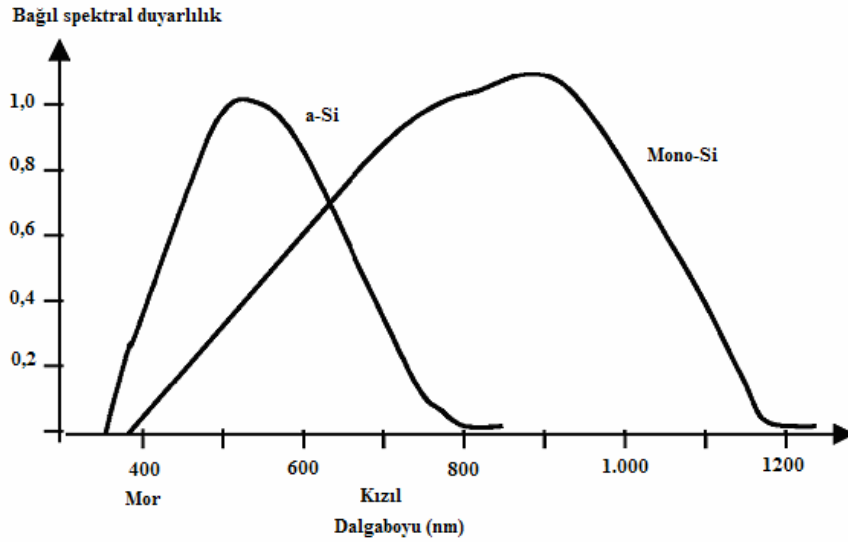
2.1.7.5 Verim Değeri

PV hücrede sadece güneş ışınım olayının gerçekleştiği kısım, güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştürür. Elektriksel çıkış enerjisinin giriş güneş ışınımına oranı verim değeri olarak isimlendirilir. Verim değeri hücre tiplerine bağlıdır. Modül verimi için, çıkış gücü modül üzerine düşen toplam ışınımına bölünür. Çünkü modülün giriş alanı PV hücreler ile kaplanmaz (örnek olarak, çerçeveler ve boşluk arasında tek PV hücreler aktif alan değildir), modül verimi tek hücrenin veriminden daha düşüktür. PV hücrenin dönüşüm verimi (2.7) denklemi ile ifade edilir.

$$\eta = \frac{P_{Cikis}}{P_{Solar}} \quad (2.7)$$

2.1.7.6 Spektral Duyarlılık

Teknolojiye ve kullanılan maddeye bağlı olarak, PV hücrelerin gelen ışımının farklı spektral dağılımına duyarlılığı değişiktir. Örnek olarak, Şekil 2.13'te görülen amorf silikon bir PV modülün ve kristal silikon bir PV hücrenin spektral duyarlılığı (veya spektral cevap) gösterilmektedir. Görünür spektral dağılımda en duyarlı amorf silikon modüller iken uzun dalga boyu dağılımda kristal silikon hücreler daha yüksek bir duyarlılığa sahiptir. Farklı dalga boylarının soğurulması PV hücre maddesinin band genişliğine bağlıdır (Doğan 2006, Goetzberger and Hoffmann 2005).



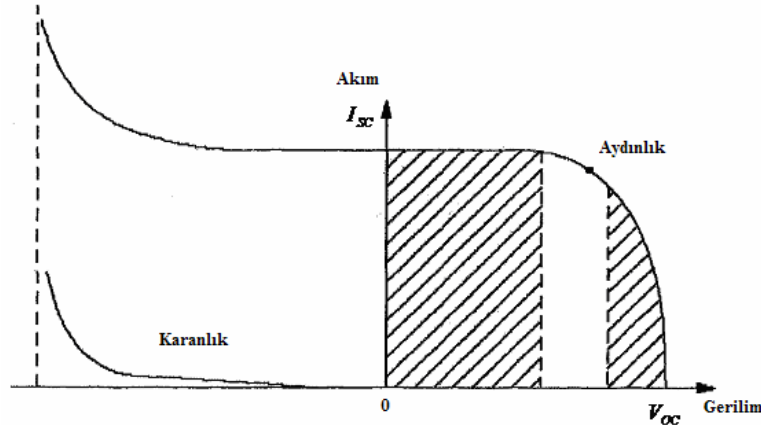
Şekil 2.13 Amorf silikon bir PV modül ve kristal silikon hücrenin bağıl spektral duyarlılığı (Goetzberger and Hoffmann 2005).

2.1.7.7 Doyma Faktörü

PV bir pilin doyma noktası hücrenin tepe gücünün (W_p) $I_{SC} \times V_{OC}$ 'ye oranındır, FF (Fill Factor) ile gösterilir ve (2.8) denklemi ile ifade edilir.

$$FF = \frac{I_m \times V_m}{I_{sc} \times V_{oc}} \quad (2.8)$$

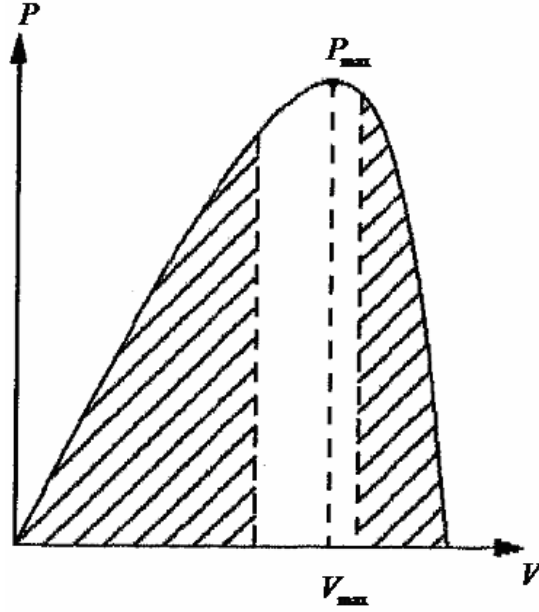
PV hücrenin elektriksel karakteristiği genelde akım-gerilim (i-v) eğrisi ile gösterilir. Şekil 2.14 bir PV modülün aydınlık ve karanlık durumlar nda i-v karakteristiğini göstermektedir. Şeklin ilk çeyreğinde sıfır gerilimde eğrinin sol üst noktası kısa devre akımı olarak adlandırılır. Modülün çıkış bağlantıları kısa devre edilirse (gerilim sıfır) bu akım değeri ölçülebilir. Eğrinin en alt sağ sıfır akım noktası da açık devre gerilimi olarak isimlendirilir. Modülün çıkış uçları açık iken (akım sıfır) bu potansiyel değer ölçülebilir. Soldaki taralı bölgede, hücre sabit bir akım kaynağı gibi çalışır ve yük direncini karşılayabilecek gerimi üretir. Sağdaki taralı bölgede ise, gerilimdeki az bir artış ile akımın süratle düştüğü görülmektedir. Bu bölgede, hücre iç dirence sahip sabit bir gerilim kaynağı gibi çalışır. Taralı alanların arasında kalan bölgenin ortasında bir yerde, bir dönüm noktası vardır. Ters yönde harici olarak gerilim uygulanırsa, sistemin geçici arızası boyunca akım düz kalır ve hücre tarafından bir güç çekilir. Bundan başka, belirli negatif bir gerilimin yanında p-n birleşim yüzeyi diyotta olduğu gibi arızalanır ve akım yüksek bir değere fırlar. Aynı durum karanlık bölgede gerçekleşirse, gerilim kırılma gerilimine doğru yükselirken akım sıfır değerindedir.



Şekil 2.14 PV modülün aydınlık ve karanlık durumlar nda akım-gerilim (i-v) karakteristiği (Patel 1999).

Şekil 2.15 güç gerilim (p-v) eğrisini göstermektedir. Dikkat edilirse, hücrenin gücü akım ve gerilime bağlıdır. Akım ve gerilimin her ikisinin de değerinin sıfır olması durumunda güç üretilmez. Ancak i-v eğrisinin dönüm noktasına karşılık gelen gerilim

değerinde maksimum güç üretilir. Bu nedenle, PV güç devreleri, modüller dönüm noktasına (sol tarafa) bir parça yaklaşık değerinde çalışacak şekilde tasarlanır. PV modül sisteminin elektriksel analizinde, yaklaşık olarak sabit bir akım kaynağı gibi modellenmelidir.



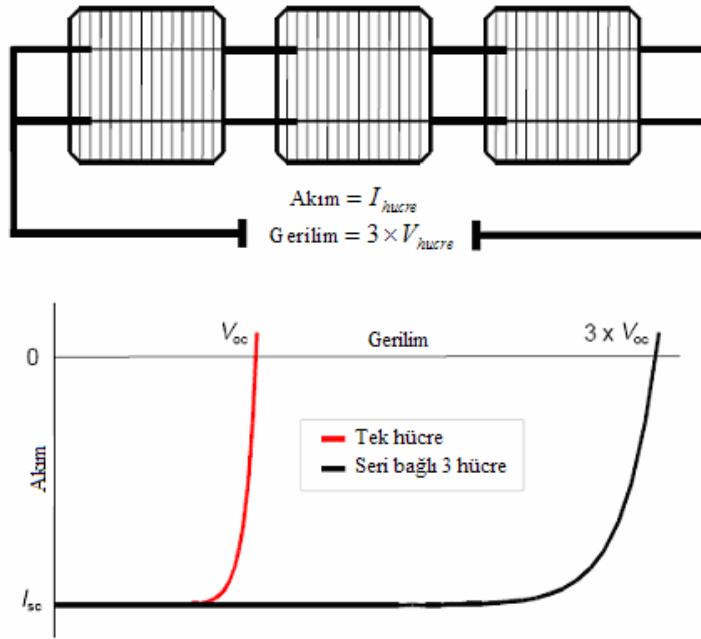
Şekil 2.15 PV modülün aydınlık altında güç-gerilim (p-v) karakteristiği (Patel 1999).

2.1.8 PV Hücrelerin Elektriksel Bağlantısı

Tek bir hücrenin elektriksel çıkışı, seçilen yarı iletken maddelere ve aygıtın tasarımına bağlıdır, fakat önemli uygulamalarda genellikle bu tek başına yeterli değildir. Kaliteli elektriksel güce ulaşabilmek için hücreler elektriksel olarak bağlanmalıdır. İki temel bağlantı metodu vardır. Bunlar, her hücrenin üst kontaklarının sonraki hücrenin alt kontaklarına ardı ardına bağlandığı seri bağlantı ile tüm alt ve üst kontaklarının birbirleri ile bağlandığı paralel bağlantıdır. Her iki durumda da, sonuçta hücre grubu için iki elektriksel bağlantı noktası ortaya çıkar.

2.1.8.1 Seri Bağlantı

Şekil 2.16 örnek olarak seri bağlı bireysel üç hücreyi göstermektedir. Sonuçta oluşan hücre grubu genellikle seri bir diziyi meydana getirir. Dizinin çıkış akımı tek bir hücrenin akımına eşittir fakat çıkış gerilimi artar ve dizideki hücrelerin tümünün gerilimlerinin toplamı olur (bu durumda çıkış gerilimi $3V_{hücre}$ değerine eşittir).

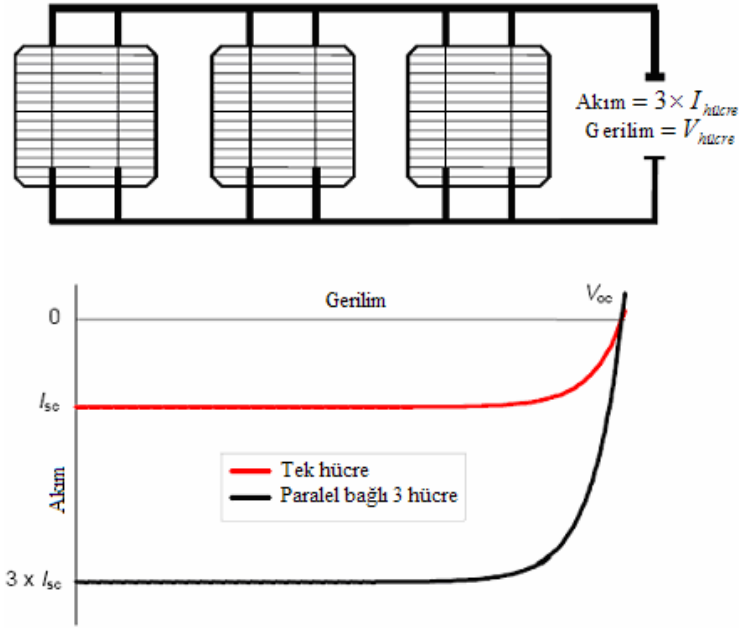


Şekil 2.16 Seri bağlı hücreler ve akım-gerilim karakteristikleri (Hill and Pearsall 2001).

Seri dizide hücrelerin, özellikle akım yönlerinin, denk olma > çok önemlidir. Aynı aydınlatma koşullarında eğer bir hücre diğer hücrelerden daha düşük bir akım üretirse, dizi daha düşük akım seviyesinde çalışır ve kalan hücreler maksimum güç noktalarında çalışmaz.

2.1.8.2 Paralel Bağlantı

Şekil 2.17 örnek olarak paralel bağlı üç bireysel hücreyi göstermektedir. Bu durumda, hücre grubundan akan akım her bir hücreden akan akımın toplamına eşittir (çıkış akımı $3I_{hücre}$ değerine eşittir) fakat gerilim tek bir hücrenin gerilim değerine eşit olarak kalır.



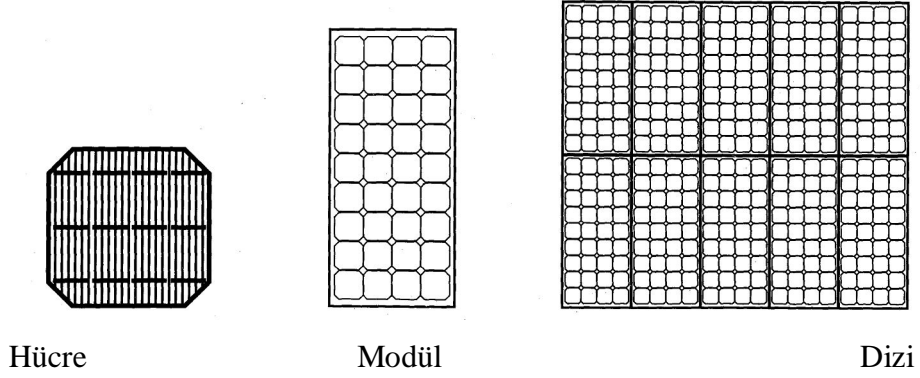
Şekil 2.17 Paralel bağlı hücreler ve akım-gerilim karakteristikleri (Hill and Pearsall 2001).

Seri bağlantıda olduğu gibi, maksimum kazanç elde etmek için denk hücrelerin bağlanması önemlidir. Fakat burada hücreler aynı çalışma gerilimine sahip olacakları için gerilim önemli bir parametredir. Hücrelerden herhangi birisinde maksimum güç noktasındaki gerilim değeri çok farklı ise hücrelerin tümünün maksimum güç noktasında çalışması zor olacaktır. Düşük gerilimli hücre açık-devre gerilim değerine yüksek gerilimli hücrelerin ise gerilim değeri maksimum güç noktasındaki gerilim değerinden daha düşük değerlere doğru itilmiş olacaktır. Tüm durumlarda, güç seviyesi en yüksek değerden aşağıya düşürülmüş olur (Hill and Pearsall 2001).

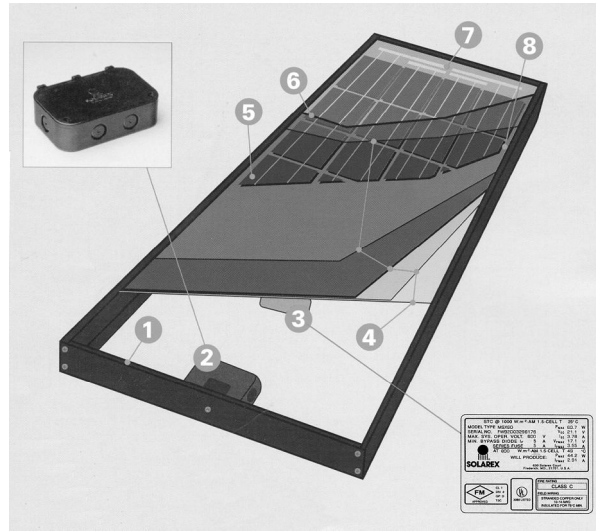
2.1.9 PV Modül ve Dizi

Yukarıda tanımlanan PV hücreler PV güç sistemlerinin en temel yapı bloğudur. Tipik olarak, birkaç inç kare boyutlu hücre, yaklaşık olarak 1 W'lık bir güç üretir. Yüksek güç elde etmek için Şekil 2.18'de görüldüğü gibi, birçok hücre birkaç feet karelik (1 feet kare=0,0929 m²) bir alana sahip bir modül (panel) üzerinde seri ve paralel devreler şeklinde bağlanır. PV dizi veya PV modül, gerekli akım ve gerilimi üretmek için

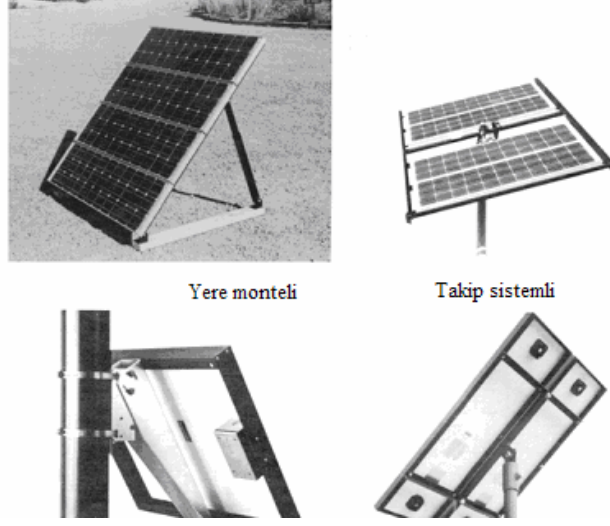
elektriksel olarak seri ve paralel bağı birkaç hücre grubu olarak tanımlanır. Resim 2.2 bir yapı üzerine monte edilebilen gövdedeki bir modülün gerçek yapısını göstermektedir. Modüllerin montaj Resim 2.3'te görüldüğü gibi değişik biçimde olabilir. Çatıya montajda, bir düzen içerisindeki modüller çatı üzerine direkt olarak yerleştirilir. Yeni geliştirilen amorf silikon teknolojisinde, ince tabakalardan yapılan PV tabakalar birbir temel üzerine geleneksel çatı tabakaları üzerine yerleştirilebilir.



Şekil 2.18 Birkaç PV hücresi modülü, birkaç modül de diziyi meydana getirir (Patel 1999).



Resim 2.2 PV modül yapısı : 1) çerçeve, 2) jonksiyon kutusu, 3) etiket, 4) 30 yıl ömürlü hava koruması, 5) PV hücre, 6) sertleştirilmiş yüksek iletkenli lameller, 7) elektriksel baranın dış kısmı, 8) çerçeve temizleyici (Patel 1999).



Resim 2.3 PV modül montaj metotları (Patel 1999)

2.1.10 Modül Çıkış Gücüne Etki Eden Faktörler

2.1.10.1 Sıcaklık

Modül çıkış gücü modül sıcaklığının artmasıyla azalır. Çatıya yerleştirilmiş bir PV modül sıcaklığı yeteri kadar artar ve iç sıcaklık 50–75 °C'ye ulaşır. Kristal modüller için tipik olarak sıcaklık indirim faktörü Kaliforniya Enerji Komisyonu (CEC) tarafından %89 yâda 0,89 olarak belirtilmiştir.

2.1.10.2 Kir ve Toz

Kir ve toz PV modül yüzeyi üzerinde toplanabilir, gün ışığının bir kısmını engelleyebilir ve çıkışı azaltabilir. Bunun yanında tipik olarak kir ve toz her yağmurlu mevsim boyunca temizlenir, sistem çıkışını hesaplamak için kuru mevsimde biriken tozu almak için gerekli indirimin hesaba katılması daha gerçeğe uygundur. Tipik olarak yıllık toz alma indirim faktörü %93 yâda 0,93'e tekâmül eder.

2.1.10.3 Uyumsuzluk ve Elektrik Tertibat Kayıpları

Tüm PV dizinin maksimum çıkış gücü her zaman münferit modüllerin toplam maksimum çıkışından daha azdır. Bu fark, performansında bir modülden sonrakine küçük bir aykırılığın sonucudur ve modül uyumsuzluğu olarak adlandırılır ve sistem gücünde en az %2 kadar bir miktar kaybolur. Güç aynı zamanda sistemin elektrik tertibatındaki dirençten dolayı kaybolmaktadır. Bu kayıplar en düşük seviyede tutulmalıdır ancak sistem için bu kayıplar %3'ten daha az tutmak zordur. Bu kayıplar için en makul indirim %95 yâda 0,95'tir.

2.1.10.4 DA – AA Dönüşüm Verimi

AA'nin gerekli olduğu sistemlerde PV modül tarafından üretilen DA güç, bir invertör kullanılarak şebeke gerilimine dönüştürülmelidir. Dönüşüm işlemi sırasında bir miktar güç kaybolur ve çatıya monte edilmiş diziden dışarıdaki ev paneline ve aşağıdaki invertöre giden kablolardaki kayıplar da bunlara eklenir. Modern invertörler genellikle üreticileri tarafından belirtilen %92-94'lik verime sahip ev PV sisteminde kullanılır. Ancak bu değerler yine iyi kontrollü etki koşullarında ölçülür. Gerçek koşullar altında genelde DA-AA dönüşüm verimi %88–92 değeri civarındadır (Anonymous 2001).

2.1.11 Temel PV Güç Sistemi Biçimleri

PV güç sistemleri genellikle işlevsel ve işlemsel ihtiyaçlarına, eleman biçimlerine ve teçhizatın, elektriksel yüklere ve diğer güç kaynaklarına bağlanma şekillerine göre sınıflandırılırlar. PV piller, elektrik enerjisinin gerekli olduğu her uygulamada kullanılabilir. PV modüller uygulamaya bağlı olarak, akümülatörler, invertörler, akü şarj kontrol cihazları ve çeşitli elektronik destek devreleri ile birlikte kullanılarak bir PV pil sistemi oluştururlar. Bu sistemler, özellikle yerleşim yerlerinden uzak, elektrik şebekesi olmayan yörelerde, jeneratöre yakıt taşımanın zor ve pahalı olduğu durumlarda kullanılırlar. Bunun dışında dizel jeneratörler yâda başka güç sistemleri ile birlikte

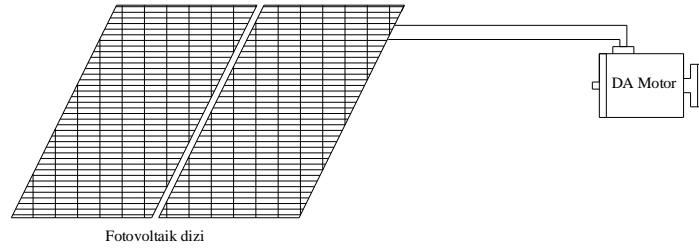
karma olarak kullanılabilirler de mümkündür. PV güç sistemleri başlıca iki sınıfa ayrılır. Bunlar; bağımsız PV sistemler ve şebeke bağlantılı PV sistemlerdir.

2.1.11.1 Bağımsız PV Sistemler

PV sistemlerinin en tipik ve en yaygın kullanım şekli, yerleşim yerlerinden uzak yörelerde enerji gereksinimini karşılayan bağımsız (stand-alone) sistemlerdir. Bağımsız PV sistemler elektrik şebekesinden bağımsız bir şekilde çalışabilecek şekilde tasarlanır ve genellikle DA ve/veya AA elektriksel yüklerle kesintisiz güç sağlamak üzere tasarlanırlar. Bu sistemler birkaç W'tan birkaç yüz kW'a kadar değişebilen güçlerde ve çok çeşitli türlerde yüklerin enerji talebini karşılayabilir. Şebekeye uzaklığı 1-2 km olan noktalardaki küçük yerleşim birimleri için güneş ışınım verileri yeterli olduğunda, PV güç sistemleri, yalnızca ilk yatırım giderleri bile göz önüne alındığında, şebekeye bağlanmak için gerekli olan yatırımdan daha kazançlı olabilmektedir. İlk yatırımın ardından, yakıt ve bakım giderleri sıfıra yakın olan PV sistemleri, bu tür uygulamalarda oldukça çekici bir seçenek olabilmektedir.

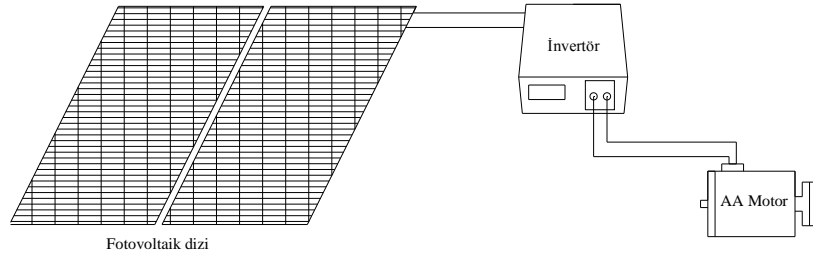
Bağımsız PV sistemler de işlevsel ve işlemsel ihtiyaçlara göre; direkt DA sistem, direkt AA sistem, depolamalı AA sistem ve karma AA/DA sistem olarak kendi aralarında ayrılabilir.

En basit PV sistem yüke direkt bağlı bir PV diziden meydana gelir. Dizi, birden fazla modülden oluşuyor ise, bypass diyotları kullanılır. Bypass diyotların ters yönde akmasını engeller. Günün en güneşli zamanları süresince fazla güç gereken uygulamalar için bu tip sistem idealdir. Sulama veya depolama tank amaçlı su pompalama, havalandırma amaçlı fanlar, güneş ısısını toplama işlemi bu uygulamalara örnektir. Işıklandırma ve diğer yükler günışığı saatleri süresince sağlanan güç ile kullanılabilir. Yük Şekil 2.19'da görüldüğü gibi, DA elektrik ile çalışmaktadır. Bu genellikle, bir pompayı, bir fanı veya başka bir aygıtı çalıştıran bir DA motor olarak düşünülebilir. Buna göre, gün ışığı yoğun olursa motor daha hızlı çalışacaktır. Böylece, daha fazla gün ışığı daha fazla su veya hava taşınıyor demektir.



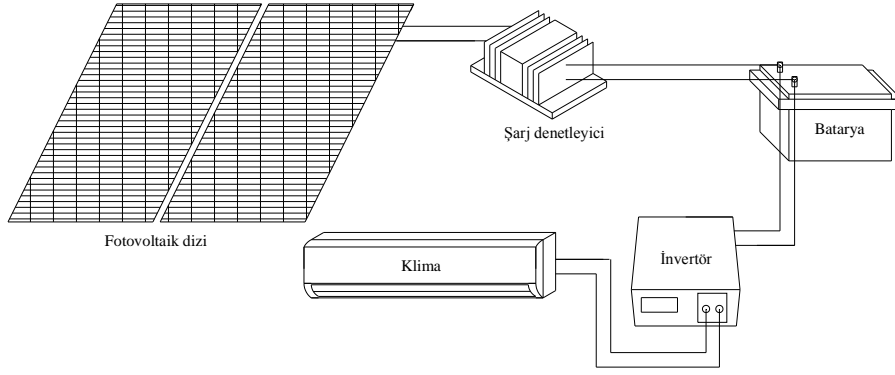
Şekil 2.19 Direkt DA sistem (Anonymous 1991).

Bazı durumlarda, derin kuyu suyu pompalama gibi, sadece gündüz zaman yükler AA güç ile beslenir. PV dizinin DA çıkışı bir invertör ile AA'ye dönüştürülürse, Şekil 2.20'de görüldüğü gibi direkt olarak AA yük beslenebilir. Bu sistem, direkt DA sistemdeki gibi aynı durumların çoğu için uygundur. Invertör aşırı sıcaklıktan ve sert havadan korunmalıdır. Çünkü invertör fiyatı sistem verimini etkilemektedir.



Şekil 2.20 Direkt AA sistem (Anonymous 1991).

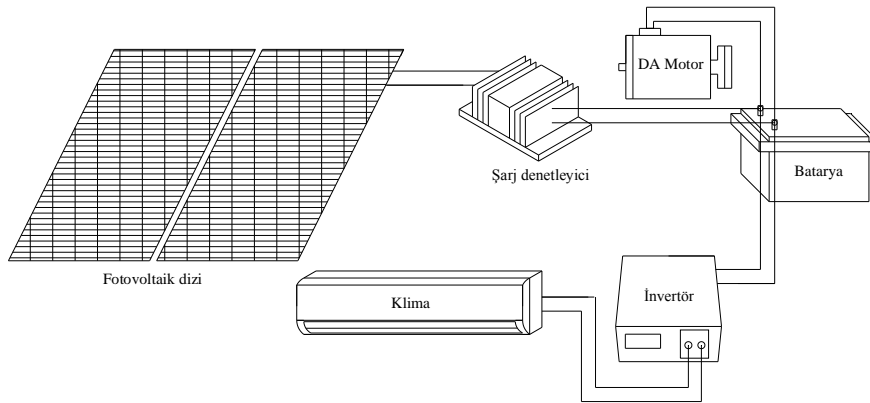
Güneş'in yetersiz olduğu zamanlarda ya da özellikle gece süresince kullanılmak üzere oluşturulan depolamalı sistemde akümülatör bulundurulur. Şekil 2.21'de görüldüğü gibi, PV pili modülleri tarafından gün boyunca elektrik enerjisi üretilerek akümülatörde (batarya) depolanır ve yüke gerekli olan enerji akümülatörden alınır. Akünün aşırı şarj ve deşarj olarak zarar görmesini engellemek için sistem bir şarj denetleyicisi içermelidir ve kullanılan kontrol birimi ise akünün durumuna göre, ya PV pillerden gelen akım ya da yükün çektiği akımı keser. Şebeke uyumlu alternatif akım elektriğinin gerekli olduğu uygulamalarda, sisteme bir invertör eklenerek akümülatördeki DA gerilim 220 V, 50 Hz'lik sinüs dalgasına dönüştürülür.



Şekil 2.21 Depolamal AA sistem (Anonymous 1991).

İnvertör ve bataryaların yetersiz birleşimi sistem performansını önemli ölçüde azaltır. Bunun yanında, var olan AA uygulamalar karmaşıklığı gerektirir ve PV sistemin bu tipi sisteme ek bir masraftır.

Şekil 2.22’de görüldüğü gibi, en iyi yöntem iki akım çeşidi kullanılarak her türlü yükü besleyebilecek karma sistemi kurmaktır. Bu sistem, PV diziden elde edilen enerjinin etkili biçimde kullanılmasına ve yük ihtiyacının karşılanmasına izin verir (Anonymous 1991).



Şekil 2.22 Karma AA/DA sistem (Anonymous 1991).

2.1.11.2 Şebeke Bağlantılı PV Sistemler

Şebeke bağlantılı PV sistemler, elektrik şebekesine paralel bağlı ve paralel olarak çalıştırılabilecek şekilde tasarlanırlar. Şebeke bağlantılı PV sistemlerin gücü, birkaç kW'tan birkaç MW'a kadar değişebilmektedir. Bu tür sistemler, iki ana gruba ayrılır.

İlk tür sistem, temelde bir yerleşim biriminin mesela, bir konutun elektrik ihtiyacını karşılar. Bu sistemlerde, üretilen fazla enerji elektrik şebekesine satılır, yeterli enerjinin üretilmediği durumlarda ise şebekeden enerji alınır. Böyle bir sistemde enerji depolama yapmaya gerek yoktur, yalnızca üretilen DA elektriğin, AA elektriğe çevrilmesi ve şebeke uyumlu olması yeterlidir. Sistemin ilk elemanı invertör veya güç kontrol ünitesidir. Güç kontrol ünitesi (PCU) PV dizilerde üretilen DA gücü, şebekenin ihtiyacı olan gerilim ve güce uygun AA güce çevirir ve şebeke enerjisiz kaldığı zaman şebekeye otomatik olarak güç sağlamayı durdurur. PV güç sistemi AA çıkış devreleri ile elektrik şebekesi arasında, iki yönlü bir ara yüzey bulunur. Bu, PV sistem çıkışı yük ihtiyacından daha büyük olduğu zaman şebekeye geri besleme veya elektriksel yüklerin yerine yâda her iki kaynağa PV sistemde üretilen AA gücü sağlar. Geceleyin ve diğer dönemler boyunca elektriksel yükler PV sistem çıkışından daha büyük olduğu zaman elektrik şebekesinden gerekli olan güç dengesi yüklerle alınır.

İkinci tür şebekeye bağlı PV sistemler, kendi başına elektrik üreterek, bunu şebekeye satan büyük güç üretim merkezleri şeklindedir. Bunların büyüklüğü 600–700 kW'tan MW'lara kadar değişir (İnt. Kyn. 4, Oktik 2001, Güneş 1999).

2.1.12 PV Güç Sistemi Elemanları

2.1.12.1 DA/AA İnvörtör

PV pilleri tarafından üretilen gerilim doğru akım karakterindedir. Bu sebeple alternatif gerilim üretmek için bir DA/AA gerilim eviricisine yani bir invörtöre gerek vardır. İnvörtörler ürettiği alternatif gerilimin dalga şekline göre kare dalga, düzeltilmiş kare

dalga ve sinüs dalga olmak üzere 3 ana gruba ayrılırlar. Kare dalganın tepe değeri ile etkin değerinin birbirine eşit olmasından dolayı yük üzerindeki meydana gelen stresi ortadan kaldırmak için düzeltilmiş kare dalga geliştirilmiştir. Kare ve düzeltilmiş kare dalga çıkışa sahip invertörler şebekeye bağlanmazlar. Çünkü şebekeye bağlı invertörlerde aşırı yüksek dolaşım akımlarının oluşmaması için üretilen gerilimin mümkün olduğu kadar sinüse yakın olması gerekir. Sinüs çıkışa sahip invertörler ise hem şebekeye bağlı hem de şebekeden bağımsız olarak çalışabilirler, üstelik saf sinüs dalga çıkışa sahip oldukları için bütün yükleri problemsizce besleyebilirler.

Başka bir açıdan invertörler şebekeden bağımsız ve şebekeye bağlı invertörler olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Şebekeden bağımsız invertörlerde üretilen alternatif gerilimin, 220 V efektif değere ve 50 Hz frekansa sahip olması yeterlidir. Ancak şebekeye bağlı invertörlerin şebekeye senkron olma, PV pillerini maksimum güç noktasında çalıştırabilme ve şebekeye kontrollü olarak güç aktarabilme yeteneklerinin olması gerekir (Boztepe 2002).

Invertörler aşağıda verilmiş değişken PV biçimlerinde kullanılan güç elektroniği aygıtlardır.

1. Şebeke bağlantılı sistemler,
2. Şarj edilebilir bataryalarla bağımsız sistemler,
3. Depolama bataryalarla olmayan pompalama sistemleri.

Bağımsız PV sistemler için kullanılan invertörler üzerindeki en önemli gereksinimler aşağıdaki listede özetlenmiştir.

1. Geniş giriş gerilimi bölgesi (nominal gerilimin -10% ile $+30\%$ u arasında).
2. Sinüzoidal eğriye yakın uygun çıkış gerilimi.
3. Çıkış gerilimi ve frekansında küçük dalgalanma.
4. $\pm 8\%$ gerilim, $\pm 2\%$ frekans kararlılığı.
5. Kısmi yüklenmede yüksek verim; 10% kısmi yükte en az 90% bir verim değeri.
6. Teçhizat başlangıç koşulları için kısa vadeli aşırı yüklenmeye karşı koyma kabiliyeti, örnek olarak buzdolabı ve çamaşır makineleri için 5 saniyede nominal akımın iki üç katına çıkması.

7. Endüktif ve kapasitif yüklerde olası çok düşük aşırı gerilim.
8. Diyot yardımıyla düşürülen gücün neden olduğu olası yarım dalga çalışma, örnek olarak saç kurutma makineleri.
9. Kısa devreye karşı koyabilme yeteneği.

Temelde, bağımsız ve şebeke bağlantılı invertör tiplerinin her ikisinin de işletimi çok benzer donanım elemanlarına sahiptir. İnvvertör kontrolünde farklar vardır.

2.1.12.2 Şarj Denetleyici

PV sistemler şarj denetleyicisiz kullanılabilirdiği ve bu uygulama küçük PV sistemlerde çok sık bulunduğu halde, bağımsız bir PV sistemin uzun vadeli işletim tasarlanırken aşırı şarj ve derin deşarjı engellenmelidir. Batarya, sistem fiyatının en önemli payını alan PV sistemin ömrünü üstüne fiyatlandırır. Batarya ömrü çalışma stratejisinin üzerindeki geniş bir düzey üzerine bağlıdır. Şarj denetleyici PV jeneratör, batarya ve yük arasına bağlanır. Bataryanın aşırı şarj ve derin deşarjlanmasını önler. Şarj denetleyicinin en önemli özellikleri aşağıda verildiği gibi olmalıdır.

1. Düşük münferit tüketim (<5 mA).
2. Yüksek verim değeri (%96-98).
3. Derin deşarj anında yükün enerjisini kesmek (akım-bağımlı, deşarj kesme gerilimi).
4. Gazlanmayı yükseltmek için daha yüksek bir gerilimde düzenli şarj.
5. Şarj kesme geriliminin sıcaklık dengelemesi.
6. İmkânsız düşey iksayı tersine çevirme.
7. PV jeneratörün açık devre geriliminin en az iki katından fazla iletken elemanların geriliminin bozulması.
8. Bütünleşik aşırı gerilim koruması (iletim kapasite sınırı bir 8/20 tipi impuls: PV jeneratörün kurulu kWp başına 3 kA).
9. Çevresel sıcaklık (0 °C'den 50 °C dereceye kadar standart model).

Sistem karmaşıklığı arttığı zaman, bağımsız bir PV sistemin tasarımında diğer bakımları, yaklaşık enerji yönetim şemaları ile üretilen elektriğin kullanımı, hesaba katılmalıdır ve duyarlı sistem elemanlarının ömrü ayrıca en uygun şekilde getirilebilir. Örnek olarak, daha az önemli yük devresini açmak, bir su deposunu doldurmak için su pompalarının giriş enerjisinin devresini kapamak ve bataryalarda kritik durumlardan kaçmak için jeneratörü yedeklemeye destek çıkmaktır. Bu enerji yönetim birimleri özellikle önceden tahmin edilebilen uygulamalar için tasarlanabilir (Luque and Hegedus 2003).

2.1.12.3 Depo Bataryaları

Bataryalar seri bağlı hücrelerden oluşmaktadır. Tek bir hücre yaklaşık olarak 2 voltluk bir voltaja sahiptir ve 6 hücreden oluşan bir grup, 12 voltluk bir bataryayı oluşturur.

Depo bataryalarının iki tipi PV sistemlerde yaygın olarak kullanılır: kurşun-asit bataryalar ve nikel-kadmiyum bataryalar. Bu her iki tip batarya da yeniden şarj edilebilmektedir. Nikel-kadmiyum bataryalar daha uzun ömürlüdür fakat daha masraflıdır. Birçok PV sistemde daha ucuz olan, daha yüksek kapasiteli kurşun-asit bataryalar kullanılmaktadır.

Bir bataryanın kapasitesi, o bataryada ne kadar elektrik depolanabileceği ile ölçülür. Batarya kapasitesi, kaç saat boyunca ne kadar sabit akımın çekilebileceğini belirten, amper-saat (Ah) cinsinden ölçülür. Örnek olarak, 60 Ah kapasiteli bir batarya 10 saat boyunca 6 A akım ya da 20 saat boyunca 3 A akım sağlayabilir. Batarya kapasitesi boşalma akımına bağlıdır ve bu boşalma akımı arttıkça belirlenen batarya kapasitesi azalır. Bunun sonucu olarak belirli bir boşalma hızı için batarya kapasitesi tanımlanır ve buna da, Ah kapasitesinin saat cinsinden boşalma süresine bölünmesiyle hesaplanan, C_h denir. Burada zaman alt karakter olarak gösterilir. Mesela 60 Ah'lık bir bataryanın kapasitesi C₁₀ şeklinde gösterilirse 10 saat boyunca 6 amper akım sağlayabilir demektir.

Bir devir, bataryanın tam dolu iken boşalması ve tekrar tam dolu hale gelmesine kadar geçen süredir. Boşalma derinliği boşalma seviyesini gösterir. Derin devirde bataryanın tekrar dolmadan önceki boşalma oranı %50'den fazladır. Sığ devirde ise tekrar dolmadan önce sadece yüzde birkaçı boşalır.

Batarya birçok devir geçirdikten sonra kapasitesi azalır. Batarya kapasitesini %80'den aşağı düşmesi durumunda devir ömrü tamamlanmış olur. Kurşun-asit bir bataryanın ömrü yaklaşık 1200 devirdir. PV uygulamalarda kullanılan ve derin devir yaşayan bataryalar uzun ömürlü olmalıdır. Bu demektir ki batarya değiştirilmeden önce oldukça fazla derin devir yaşmalıdır.

Bu depolama bataryaları kullanılmadıkları zamanlarda belirli bir hızda boşalırlar ve buna kendi kendine boşalma denir. Bu boşalma genelde bataryanın aylık boşalma yüzdesi ile ifade edilir.

Batarya tam olarak doldurulduktan sonra şarj etme işlemi devam ederse gazlama adı verilen, bataryanın içindeki elektrolit sayısını azaltan bir kimyasal reaksiyon oluşur. Gazlama bataryanın kullanım ömrünü azaltır ve bu yüzden batarya tam dolduktan sonra şarj etme işlemi durdurulmalıdır.

PV elektrik uygulamalarında kullanılacak bataryalar için aşağıdaki özellikler gereklidir.

1. Derin devirler için uzun devir ömrü.
2. Yüksek kapasite.
3. Kendi kendine düşük boşalma yüzdesi.
4. Düşük maliyet.
5. Düşük bakım gereksinimleri.

2.1.13 PV'lerin Avantaj ve Dezavantajları

1. Hareketli parça olmadan gün ışığını doğru akıma dönüştürürler.
2. Elde edilen enerji temizdir ve herhangi bir zararlı atığı yoktur.

3. Hücreler genellikle silikondan yapılır ve uzun ömürlüdür.
4. Görevlerini sessiz yaparlar.
5. Mekaniksel basitlikleri dolayısıyla az bakım gerektirirler.
6. Tesis otomatik olarak çalışmakta ve hiçbir teknisyen görevliye ihtiyaç duyulmaz.
7. İşletme giderleri düşüktür.
8. Bulutlu havalarda bile etkili olarak çalışır aynı zamanda düşük sıcaklıklarda daha verimlidirler.
9. Bulutların geçişi sırasında oluşabilecek ışık girişindeki ani değişimlere hızlı biçimde tepki verirler.
10. Modülerdir. Onarım genelde, hatalı bir modülün yenisi ile değiştirilmesi şeklindedir.
11. Arızalı modül değiştirilene kadar sistem çalışmaya devam eder.
12. PV güç tesisleri hızlı ve kolay bir şekilde kurulabilir.
13. İhtiyaç duyulan yerde güç üretilebildiğinden iletim hattı kaybı söz konusu değildir.
14. Birim ağırlık başına güç kapasitesi yüksektir.
15. Yeni bir santral için tasarım, yerleşim ve işletim için kısa bir hazırlık dönemi yeterlidir.
16. Güç verimi en yüksek yük talebini iyi karşılar.
17. Enerji bağımlılığı yoktur.

Yukarıda ifade bulunan avantajlarının yanında dezavantajları da aşağıdaki gibidir.

1. Pahalıdır.
2. Birçok uygulamada depolama elemanına ihtiyaç gösterir (özellikle geceleri ve bulutlu havalarda).
3. Çok fazla güneş ışığı olan bölgelerde yüksek sıcaklık nedeniyle verim düşer (İnt. Kyn. 10, Patel 1999).

2.2 KLİMALAR

Teneffüs ettiğimiz ve bizi çevreleyen havanın, kapalı bir mekânda sıcaklığının, nem oranının ve hava dolaşımının ve temizliğinin yıl boyunca istenen koşullarda tutulması işlemine iklimlendirme, ortam sıcaklığının kontrolü (ısıtma ve soğutma), ortam havasının dolaştırılması ve nem alma işlemlerini sağlayan cihazlara da klima adı verilir.

2.2.1 Klima Sistemleri

Hava soğutma sistemleri bir yâda birkaç ortama birden hizmet verebilirler. Bu sistemler bir muhafaza kabı içine yerleştirilmiş elektrik motoru, soğutucu, fan ve diğer küçük detaylardan meydana gelmektedir. Bu sistemin içine bazen de ısıtıcı da yerleştirilerek, yazın serinletme, kışın da ısıtma amaçlı olarak kullanılabilir. Normal şartlarda hava soğutma sistemlerinde havanın nemlendirilebilmesi mümkün olmamakla birlikte, soğutucu yüzeyden geçen hava içindeki bir miktar su buharının yoğunlaşması ile de havadan bir miktar nem çekilebilmektedir.

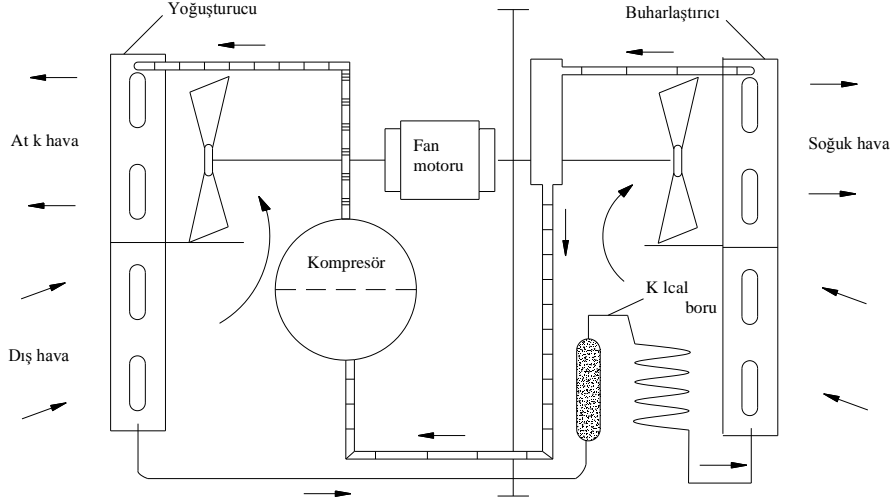
Büyüklik ve montaj durumuna göre klima sistemleri aşağıda verilen çeşitlilikleri gösterirler.

2.2.1.1 Pencere Tipi Klima Sistemi

Büro ve oturma odaları gibi küçük hacimlerin havalandırılması yâda havanın serinletilmesi için mahal penceresine montaj yapılan küçük çaplı havalandırma yâda hava soğutma sistemlerine pencere tipi klima sistemi denilmektedir. Bu kombine sistem genelde pencerelere yerleştirildiği için bu adı almaktadır. Ancak, aynı sistem ortamın herhangi bir dış duvarına da yerleştirilebilir.

Pencere kliması denilen bu havalandırma ya da hava soğutma sistemi, Şekil 2.23'te görüldüğü gibi; bir muhafaza içine yerleştirilmiş gaz sıkıştırıcı (kompresör veya

ekovat), yoğuşturucu (kondenser), buharlaştırıcı (evaporatör), bir yâda iki fan (vantilatör), soğutucu akışkan boruları ve bir de kısma vanasından (genleşme valfi) oluşmaktadır.



Şekil 2.23 Pencere tipi klima sistemi (Doğan 2002).

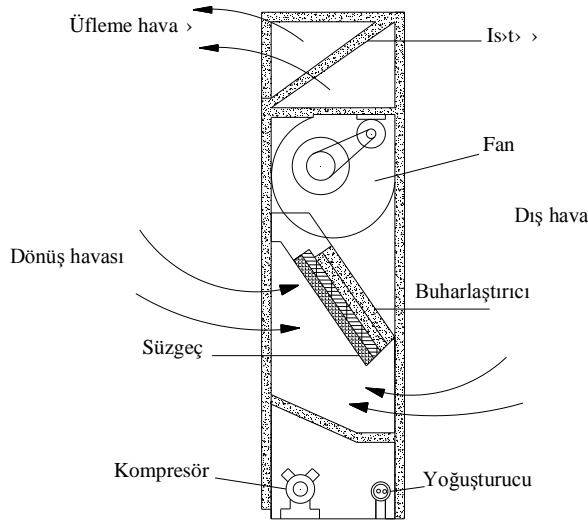
Pencere klima sistemleri değişik büyüklük ve kapasitelerde 0,5'den 3 kW'a kadar üretilmektedirler. Her kW için soğutma gücü 2,5 kW artmakta olup, %40 bağıl nem ve 32 °C dış sıcaklık şartlarında mahal havasını yaklaşık 26 °C sıcaklık ve %40 bağıl nemde tutmaktadırlar. Pencere tipi klima sistemlerinin ağırlıkları 50 kg ile 100 kg arasında ve hava debileri de 300 ile 800 m³/h arasındadır. Bu hava debisinin yaklaşık ¼'ü dış havadır.

2.2.1.2 Oda Klima Sistemi

Oda klima sistemleri kalorifer radyatörlerinin (peteklerinin) montajının yapıldığı yerlere montaj yapıldıkları gibi duvarın müsait iç kısımlarına da yerleştirilebilirler. Oda klima sistemleri genel olarak bürolar, oturma odaları ve otel gibi yerlerde kullanılmakta olup, soğutma güçleri 5 ile 6 kW arasında ve hava debileri de yaklaşık 2.000 m³/h'tir.

2.2.1.3 Dolap Tipi Klima Sistemi

Dolap tipi klimalar da sistem olarak oda klima sistemlerine benzerler. Ancak dolap şeklinde mahallere yerleştirildikleri için bu adı almışlardır. Şekil 2.24’de dolap tipi bir klima sisteminin iç yapısı görülmektedir. Bu sistemlerin hava debileri 20.000 m³/h’a kadar çıkmaktadır.

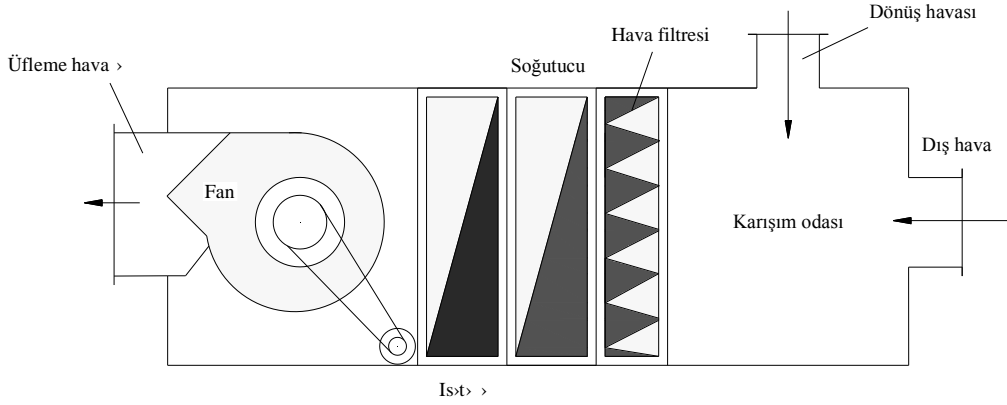


Şekil 2.24 Dolap tipi klima sistemi (Doğan 2002).

2.2.1.4 Sandık Tipi Klima Sistemi

Sandık tipi klima sistemleri de prensip olarak dolap tipi klima sistemleri ile aynıdır. Sistem içindeki komponentler yatay olarak peş peşe eklenerek sandık görünümünü aldığı için sandık klima sistemi olarak tarif edilmiştir. Bu tip klima sistemleri genelde tavana asılı olarak kullanıldıklarından tavan klimaları olarak da adlandırılabilirler.

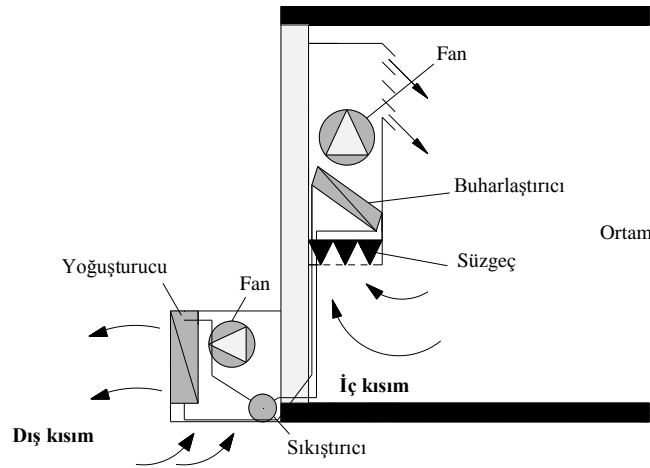
Şekil 2.25’te görüldüğü gibi, bir fan, bir hava süzgeci, bir ısıtıcı, bir soğutucu ve bir de bunları koruyan muhafaza kabından oluşan bu sistemlerin yapıları çok basittir. Çoğu kez sistem içine bir soğutma makinesi de yerleştirilmeyip, soğutma işi içinden soğuk su geçirilen ısı dönüştürücüleri tarafından sağlandığı gibi, aynı şekilde içinden sıcak su dolaştırılan ısı dönüştürücüleriyle de sıcak hava üretilmektedir.



Şekil 2.25 Sandık tipi klima sistemi (Doğan 2002).

2.2.1.5 Ayrık Sistem Klima (Split Klima)

Şekil 2.26’da split tipi bir klima sisteminin içyapısı görülmektedir. Ayrık tip klima sistemi iki ayrı parçadan oluşmaktadır. Bu parçalardan birisi ortama diğeri de dışarıya yerleştirilmektedir. Eğer sistem soğutma amaçlı ise içeriye soğutma makinesinin buharlaştırıcı (evaporatör) kısmı yerleştirilir. İçerinin havası buharlaştırıcı üzerinden geçirilerek, mahal havasının serinletilmesi sağlanır. Dışarıya konulan da soğutma sisteminin yoğuşturucu (kondenser) kısmıdır. İçerideki buharlaştırıcı ile mahal havasından çekilen ısı bakır borular içinde dolaşan soğutucu akışkan tarafından yoğuşturucuya ulaştırılır ve yoğuşturucu tarafından da sistem dışına atılır (Doğan 2002).



Şekil 2.26 Split tipi klima sistemi (Doğan 2002).

Pencere tipi klimaların iç ve dış ünitelerinin (kompresör, kondenser, evaporatör ve fanların) bir arada olması nedeniyle, cihazda oluşan mekanik gürültü, iklimlendirme yapılan iç ortamda oldukça fazla duyulur. Bu durum özellikle evlerde veya sessiz ortamlarda kullanılabilecek boyutta olabilir. Bundan dolayı split klimalarda klimanın asıl gürültü yapan kısmı olan kompresörün (kondenser fan ve kondenser ile birlikte) içinde bulunduğu, Resim 2.4b’de görülen dış ünite iç ortamdaki uzak bir yere aktarılmıştır. Resim 2.4a’da gösterilen iç ünite ise iklimlendirilecek ortama yerleştirilir. Bu, split klimaları diğer klimalardan ayıran bir özelliktir. Bunun yanında split klimaların avantajları, her mekâna uygun model, hava dağıtımının en uygun şekilde yapılabilme imkânı, ortamın estetik özelliklerinin korunmasını ve montaj kolaylığı sağlamasıdır. Bazı modellerde uzaktan kumanda, zaman ayarı, programlanabilme, nem alma, kapasite kontrolü gibi ilave fonksiyonlar mevcuttur.

Split tip klimalar uygulama şekline göre duvar tipi, yer tipi, salon tipi, tavan tipi, asma tavan tipi ve kanallı tip split klimalar ve iç ünite sayısına göre ise bir iç, bir dış üniteli split klimalar ve birden fazla iç, bir dış üniteli split klimalar şeklinde sınıflandırılır.



Resim 2.4 Split tipi klimalara ait üniteler, a) İç ünite, b) Dış ünite (İnt. Kyn. 7).

2.2.1.6 Çatı Tipi Klima Sistemi

Bu tip klimalar, tamamı açık havada çalışacak şekilde tasarlanmış olup, çoğunlukla teras tip çatılara yerleştirilirler. Genellikle, klima cihazı ile hava santralinin birleştirilmiş hali olarak tarif edilebilir.

Çatı tip klima cihazlarının uygulanmasındaki en büyük avantaj; teras imkân olan mekânlarda, cihaz için bina içerisinde maddi değeri yüksek herhangi bir yer işgal edilmemesidir. Tüm klima donanımının tek bir hücre içerisinde olmasının nedeni, az yer kaplaması, merkezi klima sistemlerine nazaran daha ekonomik olması ve daha az bakım gerektirmesidir.

Genellikle terasa monte edilmiş olduklarından, terastan mekâna inen kanalların sızdırmazlıklarının çok iyi bir şekilde yapılması gereklidir (Doğan 2002).

2.2.1.7 Kanallı Tip Klima Sistemi

Kanallı tip klima sistemleri, split klimalar gibi bir iç bir dış ünitesi olan sistemlerdir. İç üniteye bir emiş ağzı bir üfleme ağzı bulunup, iklimlendirilecek ortama kanallar yardımıyla soğuk veya sıcak hava nakledilir.

3. MATERYAL VE METOT

Sistem tasarımı, Afyonkarahisar ili başta olmak üzere Türkiye'nin yedi bölgesinden en fazla güneş enerjisi alan yedi ili (Antalya, Çanakkale, Çorum, İzmir, Konya, Mardin ve Van) ile birlikte toplam sekiz il için yapılacaktır. Sistem için kullanılan klima alt ay (Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül) boyunca soğutma amaçlı olarak çalıştırılacaktır.

Sistemin boyutlamasında Sandia National Laboratories'in internet adresindeki boyutlama bölümünden faydalanılmıştır. Sistem kurulumunu gerçekleştirebilmek için öncelikle bazı hesaplamalar yapmak ve bu hesaplamalara göre sistem elemanlarını seçmek gerekir. Buna göre izlenecek adımlar aşağıdaki gibi olacaktır.

1. BTU hesabı ,
2. Klima seçimi,
3. Sistem voltaj seçimi,
4. Yük hesabı ,
5. PV dizi akımı ve eğimi hesabı,
6. Batarya seçimi ve sistem bataryası hesabı ,
7. PV panel seçimi ve PV dizi hesabı ,
8. Şarj denetleyici seçimi ve hesabı ,
9. İnvvertör gücü hesabı ve seçimi,
10. DA ve AA iletken ve sigorta seçimi.

3.1 BTU Hesabı

Klimaların soğutma değerini ifade eden birim, kısaltılmış hali BTU olan İngiliz Sıcaklık Birimi'dir. BTU, 1 atm basınç altında bir libre (453,6 gr) suyun sıcaklığını 63 °F'den ($^{\circ}\text{F}=1,8\times^{\circ}\text{C}+32$) 64 °F'ye çıkartmak için gerekli olan enerji miktarıdır. Watt ve Joule arasında direkt ilişki kurulabilen bu birim, soğutma gücü için özellikle kullanılmaktadır. Soğutulacak odanın özellikleri, soğutma için gereken BTU değerini etkilemektedir.

Tasarımlanacak tüm sistemler için, klimanın kullanılacağı standart odanın eni 4m, boyu 5m ve yüksekliği 3m'dir. Odanın kuzeye bakan 1,8x1,4 ebadında bir penceresi vardır ve panjur vs. bulunmamaktadır. Odayı 4 kişi paylaşmaktadır. Odada 71 ekran, 170 W'lık bir adet televizyon ve odanın aydınlatması için 80 W'lık bir armatür bulunmaktadır. Buna göre, BTU değeri aşağıda maddeler halinde hesaplanabilir (İnt. Kyn. 16).

3.1.1 Oda Alanının BTU Etkisi

$$BTU_{alan} = Genislik(m) \times Uzunluk(m) \times 337 \quad (3.1)$$

$$BTU_{alan} = 4 \times 5 \times 337 = 6740$$

3.1.2 Pencerelerin BTU Etkisi

Pencere yok ise bu etki hesaba katılmaz.

$$BTU_{guney} = GuneyeBakanPencereAlani \times PencereSayisi \times 870 \quad (3.2)$$

$$BTU_{kuzey} = KuzeyeBakanPencereAlani \times PencereSayisi \times 165 \quad (3.3)$$

$$BTU_{pencere} = BTU_{guney} + BTU_{kuzey} \quad (3.4)$$

$$BTU_{kuzey} = 1,8 \times 1,4 \times 1 \times 165 = 415,8$$

Odada panjur vs. güneş ışınlarını engelleyici bir teçhizat bulunmadığından sonuç 1,5 ile çarpılır;

$$BTU_{pencere} = 415,8 \times 1,5 = 623,7$$

3.1.3 Odayı Paylaşan Kişi Sayısının BTU Etkisi

$$BTU_{insan} = KisiSayisi \times 400 \quad (3.5)$$

$$BTU_{insan} = 4 \times 400 = 1600$$

3.1.4 Elektrikli Alet ve Aydınlatma Araçlarının BTU Etkisi

$$BTU_{alet} = AletlerinEnerjisi \times 3,5 \quad (3.6)$$

$$BTU_{aydinlatma} = AydinlatmaEnerjisi \times 4,25 \quad (3.7)$$

$$BTU_{alet} = 170 \times 3,5 = 595$$

$$BTU_{aydinlatma} = 80 \times 4,25 = 340$$

Yukarıda hesaplanan değerlerin toplamı, özellikleri verilen bu oda için gerekli BTU değerini verir. İnternet kaynağında belirtilmiş olan bu formüllerdeki katsayılar ise ısı kazanç çarpanlarıdır.

$$BTU_{oda} = BTU_{alan} + BTU_{pencere} + BTU_{insan} + BTU_{alet} + BTU_{aydinlatma} \quad (3.8)$$

$$BTU_{oda} = 6740 + 623,7 + 1600 + 595 + 340 = 9898,7$$

Bu nedenle, yukarıda yapılan hesaplamalara göre, soğutulacak odanın gerekli BTU değeri en az 10.000'dir.

3.2 Klima Seçimi

Buna göre klima olarak Mitsubishi DXK12Z2-S İnverter Klima seçilebilir. Bu klima, Mitsubishi firmasının inverter duvar tipi split bir klimadır. Klima seçiminde, klimanın diğer klimalara göre daha fazla enerji tasarrufu sağlaması ve ilk çalışma esnasında çekmiş olduğu akımın daha az olması etkili olmuştur. Seçilen klimanın iç ünitesi resmi Resim 3.1'de ve klima teknik özellikleri Çizelge 3.1'de verildiği gibidir.



Resim 3.1 Mitsubishi DXK12Z2-S İnverter Klima (İnt. Kyn. 7).

Çizelge 3.1 Klima teknik özellikleri (İnt. Kyn. 7).

Klima Teknik Özellikleri	
Güç Beslemesi	220V, 50Hz, 1 faz
Soğutma Kapasitesi	11940 Btu/h
Isıtma Kapasitesi	14330 Btu/h
Soğutma Sarfıyatı	1,05 kW
Isıtma Sarfıyatı	1,14 kW
Çalışma Akımı (Soğutma)	4,9 A
Çalışma Akımı (Isıtma)	5,3 A

3.3 Sistem Voltaj Seçimi

Sandia National Laboratories'in (SNL) Mart 1995 yılında yayımladığı "Stand-Alone Photovoltaic Systems A Handbook of Recommended Design Practices" isimli bildirisinde sistem voltajı seçimi için aşağıdaki tabloyu öngörmüştür.

Çizelge 3.2 Sistem voltaj seçimi (Anonymous 1995).

Sistem Voltaj Seçimi	
AA güç talebi (W)	İnvertör giriş gerilimi (V)
<1500	12
1500 – 5000	24 veya 48
>5000	48 veya 120

Çizelge 3.2'ye göre sistemin talep edilen gücü 1,5 kW'tan düşük olması nedeniyle sistem voltaj olarak 12 V DA seçilebilir. Ancak biz sistemimizde sistem gerilimini 24 V olarak da seçebiliriz.

3.4 Yük Hesabı

Genellikle sistem boyutu en kötü duruma göre boyutlandırılır. PV düzeneğin besleyeceği yük miktarı, klimanın soğutmada çektiği akım değeri ile şebeke geriliminin çarpımından bulunabilir.

Buna göre bu miktar;

$$P_{Yuk} = I_{Yuk} \times V_{Sebeke} \quad (3.9)$$

$$P_{Yuk} = 4,9 \times 220 = 1078W$$

Klima günde beşer saat kullanılacak ve haftanın yedi günü çalıştırılacaktır. Amper-saat cinsinden ortalama günlük enerji ihtiyac (3.10) fonksiyonundan bulunabilir. Güç dönüşüm verimi DA-DA dönüşüm için 0,9, DA-AA dönüşüm için ise 0,85 olarak alınır.

$$P_{Ah} = P_{Yuk} \times K_{Gun} \times K_{Haf} \div S_{Hafgun} \div \eta_{Gucdon} \div V_{Nomsis} \quad (3.10)$$

$$P_{Ah} = 1078 \times 5 \times 7 \div 7 \div 0,85 \div 24 = 264,21Ah / gun$$

Tepe akım değeri yük tarafından çekilen gücün nominal sistem gerilimine bölümü ile bulunur.

$$I_{Tepe} = P_{Yuk} \div V_{Nomsis}$$

(3.11)

$$I_{Tepe} = 1078 \div 24 = 44,91A$$

Düzeltilmiş Ah yük miktarı;

$$P_{Ahduz} = P_{Ah} \div \eta_{Kab} \div \eta_{Bat} \quad (3.12)$$

$$P_{Ahduz} = 264,21 \div 0,98 \div 0,90 = 299,55 \approx 300Ah / gun$$

olarak bulunur. İletkenlerde meydana gelen gerilim düşümünün nominal değerinin %5'ini aşmaması istenir. İyi tasarlanmış bir sistemde ise gerilim düşümü %2'de tutulmalıdır. Bu durumda kablo verim faktörü 0,98, batarya verim faktörü ise 0,9 alınır.

3.5 PV Dizi Akım ve Eğimi Hesap

Sistemin tasarım akım (3.14) fonksiyonundan hesaplanabilir. Ancak, öncelikle o yerin güneş enerjisi tepe değeri bulunmalıdır. Afyonkarahisar ilinin güneş enerjisi tepe değeri, ekte verilen altı aya (Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül) ait aylık

ortalama günlük güneş enerjisi değerlerinin toplamının altıya ve sonra kendi birimine çevrilmesi için de 3,6'ya bölünmesi ile bulunur (1 kWh/m².gun=3,6 Mj/ m².gun).

$$E_{TepeGun} = (E_N + E_M + E_H + E_T + E_A + E_E) \div 6 \div 3,6 \quad (3.13)$$

$$E_{TepeGun} = (17,6 + 21,4 + 24,8 + 25,2 + 23,8 + 18,6) \div 6 \div 3,6 = 6,08kWh / m^2 .gun$$

Sistem tasarım akımı ;

$$I_{Tas} = P_{Ahduz} \div E_{TepeGun} \quad (3.14)$$

$$I_{Tas} = 300 \div 6,08 = 49,34 \approx 49A$$

Eğer yük yerkürenin kuzey yarım küresinde yer alıyor ve sistem genellikle yazın çalıştırılacaksa yerleşim yerinin enlem derecesinden 15⁰ eksiltilir. Kışın çalıştırılacaksa 15⁰ arttırılır. Sistem hem yazın hem de kışın çalıştırılacaksa enlem açısı değişmez. Sistem genellikle yazın kullanılacağı için Afyonkarahisar ili 38,45⁰ kuzey paraleli ve 30,33⁰ doğu meridyeninde olduğundan PV dizi eğim açısı 23,45⁰'dir (İnt. Kyn. 8).

3.6 Batarya Seçimi

Resmi Resim 3.2'de verilen BPL210-12 kurşun-asit bataryası sistem için seçilebilir. Batarya performans özellikleri Çizelge 3.3'te verilmiştir.



Resim 3.2 12 V 210 Ah'lik BPL210-12 kurşun-asit PV aküsü (İnt. Kyn. 2).

Çizelge 3.3 Seçilen bataryanın performans özellikleri (İnt. Kyn. 2).

Batarya Performans Özellikleri	
Nominal Gerilim (V)	12 Volt (6 pil seri bağlı)
Nominal Kapasitesi (Ah)	20 saat oranla 210 Ah

Maksimum Deşarj Akımı 5sn (A)	2100 A
Maksimum Şarj Akımı (A)	63 A

3.7 Sistem Bataryas› Hesap

Batarya ihtiyacının değeri büyük oranda depolama gün sayısına bağlıdır. Depolama gün sayısı (Onat 2005);

$$S_{Depgun} = -0,48 \times T_{Min} + 4,58 \quad (3.15)$$

$$S_{Depgun} = -0,48 \times 6,2 + 4,58 = 1,60 \approx 2$$

En düşük güneşlenme süresi (T_{Min}), altı aya ait günlük güneşlenme süresinin en düşük değeridir. Bu da Afyonkarahisar ili için Ek 2’de verildiği gibi 6,2 saat/gün’dür. Gerekli batarya kapasitesi;

$$K_{Gerbat} = P_{Ahdüz} \times S_{Depgun} \div D_{Makde} \div K_{Sic} \quad (3.16)$$

$$K_{Gerbat} = 300 \times 2 \div 0,75 \div 0,9 = 888,88Ah$$

Burada batarya ortam sıcaklık katsayısı 0,9, maksimum deşarj derinliği kurşun-asit sığdır devir batarya için 0,25, kurşun-asit dip devir batarya için 0,75 ve nikel kadmiyum batarya için 0,90 olarak alınır.

Paralel bağlı batarya sayısı;

$$S_{Parbat} = K_{Gerbat} \div K_{Secbat} \quad (3.17)$$

$$S_{Parbat} = 888,88 \div 210 = 4,23 \approx 4$$

Seri bağlı batarya sayısı ;

$$S_{Serbat} = V_{Nomsis} \div V_{Nombat} \quad (3.18)$$

$$S_{Serbat} = 24 \div 12 = 2$$

Toplam batarya sayısı ;

$$S_{Topbat} = S_{Parbat} \times S_{Serbat} \quad (3.19)$$

$$S_{Topbat} = 4 \times 2 = 8$$

Sistem batarya kapasitesi;

$$K_{Sisbat} = S_{Parbat} \times K_{Secbat} \quad (3.20)$$

$$K_{Sisbat} = 4 \times 210 = 840Ah$$

Uygun batarya kapasitesi;

$$K_{Uybat} = K_{Sisbat} \times D_{Makde} \quad (3.21)$$

$$K_{Uybat} = 840 \times 0,75 = 630Ah$$

3.8 PV Panel Seçimi

Buna göre Mitsubishi Elektrik PV modülü PV-MF170EB3 170 Wp seçilebilir. Resim 3.3'te bu panele ait resim ve Çizelge 3.4'te de teknik özellikler bulunmaktadır.



Resim 3.3 Mitsubishi Elektrik PV modülü PV-MF170EB3 170 Wp (İnt. Kyn. 5).

Çizelge 3.4 Seçilen panele ait elektriksel özellikler (İnt. Kyn. 5).

PV Panel Elektriksel Özellikleri	
Hücre Tipi ve Sayı	Polikristal silikon 150 mm ² , 50 seri bağlı
Maksimum Güç (P _m)	170 W
Açık Devre Gerilimi (V _{OC})	30,6 V
Kısa Devre Akımı (I _{SC})	7,38 A

Maksimum Güç Gerilimi (V_m)	24,6 V
Maksimum Güç Akım (I_m)	6,93 A

3.9 PV Dizi Hesabı

Sistemin nominal tasarım akımı ;

$$I_{Nomtas} = I_{Tas} \div \eta_{Mod} \quad (3.22)$$

$$I_{Nomtas} = 49 \div 0,90 = 54,44A$$

Modül verimi, kullanılan panelin yapım malzemesine göre belirlenir. Kristal silikon malzeme için 0,9, amorf silikon malzeme için 0,7 alınır.

Paralel bağlı modül sayısı;

$$S_{ParMod} = I_{Nomtas} \div I_{Mod} \quad (3.23)$$

$$S_{ParMod} = 54,44 \div 6,93 = 7,85 \approx 8$$

Yük için gerekli gerilim;

$$V_{Ger} = 1,1 \times V_{Nombat} \times S_{Serbat} \quad (3.24)$$

$$V_{Ger} = 1,1 \times 12 \times 2 = 26,4V$$

Seri bağlı modül sayısı;

$$S_{Sermod} = V_{Ger} \div V_{Mod} \quad (3.25)$$

$$S_{Sermod} = 26,4 \div 24,6 = 1,07 \approx 1$$

Toplam modül sayısı ;

$$S_{Topmod} = S_{Sermod} \times S_{Parmod} \quad (3.26)$$

$$S_{Topmod} = 1 \times 8 = 8$$

Seri bağlı modül sayısı yapılacak diğer tasarımlar için de 1 çıkacağından, paralel bağlı modül sayısı toplam modül sayısı olacaktır. Nominal dizi akımı ;

$$I_{Nomdiz} = S_{Par\ mod} \times I_{Nom\ mod} \quad (3.27)$$

$$I_{Nomdiz} = 8 \times 6,93 = 55,44A$$

Dizi kısa devre akımı ;

$$I_{SCdiz} = S_{Par\ mod} \times I_{SC} \quad (3.28)$$

$$I_{SCdiz} = 8 \times 7,38 = 59,04A$$

Nominal dizi gerilimi;

$$V_{Nomdiz} = S_{Ser\ mod} \times V_{Nom\ mod} \quad (3.29)$$

$$V_{Nomdiz} = 1 \times 24,6 = 24,6V$$

Dizi açık devre gerilimi;

$$V_{OCdiz} = S_{Ser\ mod} \times V_{OC} \quad (3.30)$$

$$V_{OCdiz} = 1 \times 30,6 = 30,6V$$

Seri modül sayısı 1 olduğundan nominal dizi gerilimi ile dizi açık devre geriliminin diğer tasarımlar için de hesaplanmasına gerek yoktur.

3.10 Şarj Denetleyici Hesabı

Minimum şarj denetleyici akımı;

$$I_{Minden} = 1,25 \times I_{SCdiz} \quad (3.31)$$

$$I_{Minden} = 1,25 \times 59,04 = 73,8 \approx 74A$$

Şarj denetleyicinin güneş ışınımı altında maksimum akım üretimine izin vermesi için (3.31) fonksiyonunda görüldüğü gibi kısa devre dizi akımı değeri 1,25 ile çarpılır.

3.11 Şarj Denetleyici Seçimi

Sistemde kullanılacak şarj denetleyici olarak 150 A Orjin Solar Şarj Denetleyici seçilebilir. Resim 3.4'te bu denetleyici görülmektedir. Seçilen şarj denetleyicinin teknik özellikleri Çizelge 3.5'te verilmiştir.



Resim 3.4 150 A Orjin solar şarj denetleyici (İnt. Kyn. 11).

Çizelge 3.5 Seçilen şarj denetleyicinin teknik özellikleri (İnt. Kyn. 11).

Şarj Denetleyici Teknik Özellikleri	
Yük Akımı	150 A
Maksimum Yük Akımı (60 sn.)	165 A
İşletimde Kullanılan Akım	0,010 A

3.12 İnvörtör Gücü Hesabı

İnvörtör verimi %90 olarak alınırsa;

$$P_{Invertor} = P_{Yuk} \times 1,1 \quad (3.32)$$

$$P_{Invertor} = 1078 \times 1,1 = 1185,8 \approx 1200W$$

İnvörtör her bir tasarım için aynı olacağından diğer tasarımlar için ayrı olarak invörtör gücü hesaplanmayacaktır.

3.13 İnvörtör Seçimi

Buna göre sistem için 1500 W'lık bir invörtör gereklidir. YK-PSW12150 model saf sinüs dalga 1500 W invörtör seçilebilir. Resim 3.5'te seçilen invörtör resmi verilmiştir. İnvörtör teknik özellikleri Çizelge 3.6'da verildiği gibidir.



Resim 3.5 YK-PSW12150 model saf sinüs dalga 1500 W invörtör (İnt. Kyn. 1).

Çizelge 3.6 İnvörtör teknik özellikleri (İnt. Kyn. 1).

İnvörtör Teknik Özellikleri	
Giriş Gerilimi	24 V DA
Çıkış Dalga Tipi	Saf sinüs dalga
Frekans	50 Hz/60 Hz anahtarlı çıkış
Denetleyici	Gelişmiş mikroişlemci
Koruma	Düşük gerilim girişi, aşırı yük, kısa devre ve aşırı sıcaklık koruma >
Soğutma	Termostat kontrollü soğutma fanı

3.14 Maliyet Hes >

Sistem için maliyet analizi yapabilmek için öncelikle kullanılan devre elemanların fiyatlarını belirlemek gerekir. Firmaların internet sitelerindeki fiyatlar göz önünde bulundurularak, batarya birim fiyat 135 Euro (€), şarj denetleyici 170€, invertör 1000€, PV modül birim fiyat 800€, kablolu ve koruma elemanları toplam maliyeti 250€ olarak alınabilir. Buna göre Afyonkarahisar ilinde kurulan sistemin toplam maliyeti;

$$M_{Top} = (S_{Topbat} \times F_{Bat}) + (S_{Topmod} \times F_{Mod}) + F_{Invertor} + F_{Sarjden} + F_{Kabkor} \quad (3.33)$$

$$M_{Top} = (8 \times 135) + (8 \times 800) + 1000 + 170 + 250 = 8900€$$

3.15 Diğer İller İçin Sistem Tasarımları

Bu bölümde, PV dizi akımı ve eğimi, batarya, PV dizi, ve şarj denetleyici hesaplamaları diğer iller için ayrı ayrı başlıklar altında yapılacaktır.

3.15.1 Antalya İli İçin Sistem Tasarım Hesaplamaları

Antalya ili güneş enerjisi tepe değeri;

$$\begin{aligned} E_{TepeGun} &= (22,3 + 25,8 + 28,6 + 28,1 + 25,9 + 21,5) \div 6 \div 3,6 \\ &= 7,04kWh / m^2 \cdot gun \end{aligned} \quad (3.13)$$

Sistem tasarım akımı ;

$$I_{Tas} = 300 \div 7,04 = 42,61 \approx 43A \quad (3.14)$$

Antalya ili $36,52^0$ kuzey paraleli ve $30,45^0$ doğu meridyeninde bulunmaktadır. Buna göre sistemin PV dizi eğim açısı $21,52^0$ 'dir (İnt. Kyn. 8).

Antalya ili için depolama gün sayısı (Onat 2005);

$$S_{Depgun} = -0,48 \times 8,4 + 4,58 = 0,54 \approx 1 \quad (3.15)$$

En düşük güneşlenme süresi, Antalya ili için Ek 2’de verildiği gibi 8,4 saat/gün’dür.

Gerekli batarya kapasitesi;

$$K_{Gerbat} = 300 \times 1 \div 0,75 \div 0,9 = 444,44Ah \quad (3.16)$$

Paralel bağlı batarya sayısı;

$$S_{Parbat} = 444,44 \div 210 = 2,11 \approx 2 \quad (3.17)$$

Seri bağlı batarya sayısı;

$$S_{Serbat} = 24 \div 12 = 2 \quad (3.18)$$

Toplam batarya sayısı ;

$$S_{Topbat} = 2 \times 2 = 4 \quad (3.19)$$

Sistem batarya kapasitesi;

$$K_{Sisbat} = 2 \times 210 = 420Ah \quad (3.20)$$

Uygun batarya kapasitesi;

$$K_{Uybat} = 420 \times 0,75 = 315Ah \quad (3.21)$$

Sistemin nominal tasarım akımı ;

$$I_{Nomtas} = 43 \div 0,90 = 47,77A \quad (3.22)$$

Paralel bağlı modül sayısı;

$$S_{ParMod} = 47,77 \div 6,93 = 6,89 \approx 7 \quad (3.23)$$

Toplam modül sayısı ;

$$S_{Topmod} = 1 \times 7 = 7 \quad (3.26)$$

Nominal dizi akımı ;

$$I_{Nomdiz} = 7 \times 6,93 = 48,51A \quad (3.27)$$

Dizi kısa devre akımı ;

$$I_{SCdiz} = 7 \times 7,38 = 51,66A \quad (3.28)$$

Minimum şarj denetleyici akımı;

$$I_{Minden} = 1,25 \times 51,66 = 64,57 \approx 65A \quad (3.31)$$

Sistem maliyeti;

$$M_{Top} = (4 \times 135) + (7 \times 800) + 1000 + 170 + 250 = 7560€ \quad (3.33)$$

3.15.2 Çanakkale İli İçin Sistem Tasarım Hesaplamaları

Çanakkale ili güneş enerjisi tepe değeri;

$$\begin{aligned} E_{TepeGun} &= (18,9 + 22,5 + 25,8 + 26,1 + 24,3 + 18,7) \div 6 \div 3,6 \\ &= 6,31kWh / m^2.gun \end{aligned} \quad (3.13)$$

Sistem tasarım akımı ;

$$I_{Tas} = 300 \div 6,31 = 47,54 \approx 48A \quad (3.14)$$

Çanakkale ili $40,08^0$ kuzey paraleli ve $26,24^0$ doğu meridyeninde bulunmaktadır. Buna göre sistemin PV dizi eğim açısı $25,08^0$ 'dir (İnt. Kyn. 8).

Çanakkale ili için depolama gün sayısı (Onat 2005);

$$S_{Depgun} = -0,48 \times 7,5 + 4,58 = 0,98 \approx 1 \quad (3.15)$$

En düşük güneşlenme süresi, Çanakkale ili için Ek 2'de verildiği gibi 7,5 saat/gün'dür. Gerekli batarya kapasitesi;

$$K_{Gerbat} = 300 \times 1 \div 0,75 \div 0,9 = 444,44Ah \quad (3.16)$$

Paralel bağlı batarya sayısı;

$$S_{Parbat} = 444,44 \div 210 = 2,11 \approx 2 \quad (3.17)$$

Seri bağılı batarya sayısı;

$$S_{Serbat} = 24 \div 12 = 2 \quad (3.18)$$

Toplam batarya sayısı ;

$$S_{Topbat} = 2 \times 2 = 4 \quad (3.19)$$

Sistem batarya kapasitesi;

$$K_{Sisbat} = 2 \times 210 = 420Ah \quad (3.20)$$

Uygun batarya kapasitesi;

$$K_{Uybat} = 420 \times 0,75 = 315Ah \quad (3.21)$$

Sistemin nominal tasarım akımı ;

$$I_{Nomtas} = 48 \div 0,90 = 53,33A \quad (3.22)$$

Paralel bağılı modül sayısı;

$$S_{ParMod} = 53,33 \div 6,93 = 7,69 \approx 8 \quad (3.23)$$

Toplam modül sayısı ;

$$S_{Topmod} = 1 \times 8 = 8 \quad (3.26)$$

Nominal dizi akımı ;

$$I_{Nomdiz} = 8 \times 6,93 = 55,44A \quad (3.27)$$

Dizi kısa devre akımı ;

$$I_{SCdiz} = 8 \times 7,38 = 59,04A \quad (3.28)$$

Minimum şarj denetleyici akımı;

$$I_{Minden} = 1,25 \times 59,04 = 73,8 \approx 74A \quad (3.31)$$

Sistem maliyeti;

$$M_{Top} = (4 \times 135) + (8 \times 800) + 1000 + 170 + 250 = 8360\text{€} \quad (3.33)$$

3.15.3 Çorum İli İçin Sistem Tasarım Hesaplamaları

Çorum ili güneş enerjisi tepe değeri;

$$\begin{aligned} E_{TepeGun} &= (17,1 + 20,8 + 23,7 + 24,2 + 22,7 + 17,8) \div 6 \div 3,6 \\ &= 5,84kWh / m^2.gun \end{aligned} \quad (3.13)$$

Sistem tasarım akımı ;

$$I_{Tas} = 300 \div 5,84 = 51,36 \approx 52A \quad (3.14)$$

Çorum ili $40,30^0$ kuzey paraleli ve $34,57^0$ doğu meridyeninde bulunmaktadır. Buna göre sistemin PV dizi eğim açısı $25,30^0$ 'dir (İnt. Kyn. 8).

Çorum ili için depolama gün sayısı (Onat 2005);

$$S_{Depgun} = -0,48 \times 6,1 + 4,58 = 1,65 \approx 2 \quad (3.15)$$

En düşük güneşlenme süresi, Çorum ili için Ek 2'de verildiği gibi 6,1 saat/gün'dür.

Gerekli batarya kapasitesi;

$$K_{Gerbat} = 300 \times 2 \div 0,75 \div 0,9 = 888,88Ah \quad (3.16)$$

Paralel bağlı batarya sayısı;

$$S_{Parbat} = 888,88 \div 210 = 4,23 \approx 4 \quad (3.17)$$

Seri bağlı batarya sayısı;

$$S_{Serbat} = 24 \div 12 = 2 \quad (3.18)$$

Toplam batarya sayısı ;

$$S_{Topbat} = 4 \times 2 = 8 \quad (3.19)$$

Sistem batarya kapasitesi;

$$K_{Sisbat} = 4 \times 210 = 840Ah \quad (3.20)$$

Uygun batarya kapasitesi;

$$K_{Uybat} = 840 \times 0,75 = 630Ah \quad (3.21)$$

Sistemin nominal tasarım akımı ;

$$I_{Nomtas} = 52 \div 0,90 = 57,77A \quad (3.22)$$

Paralel bağlı modül sayısı;

$$S_{ParMod} = 57,77 \div 6,93 = 8,33 \approx 8 \quad (3.23)$$

Toplam modül sayısı ;

$$S_{Topmod} = 1 \times 8 = 8 \quad (3.26)$$

Nominal dizi akımı ;

$$I_{Nomdiz} = 8 \times 6,93 = 55,44A \quad (3.27)$$

Dizi kısa devre akımı ;

$$I_{SCdiz} = 8 \times 7,38 = 59,04A \quad (3.28)$$

Minimum şarj denetleyici akımı;

$$I_{Minden} = 1,25 \times 59,04 = 73,8 \approx 74A \quad (3.31)$$

Sistem maliyeti;

$$M_{Top} = (8 \times 135) + (8 \times 800) + 1000 + 170 + 250 = 8900\text{€} \quad (3.33)$$

3.15.4 İzmir İli İçin Sistem Tasarım Hesaplamaları

İzmir ili güneş enerjisi tepe değeri;

$$\begin{aligned} E_{TepeGun} &= (19,2 + 23,0 + 26,3 + 26,1 + 24 + 19,2) \div 6 \div 3,6 \\ &= 6,37\text{kWh} / \text{m}^2 \cdot \text{gun} \end{aligned} \quad (3.13)$$

Sistem tasarım akımı ;

$$I_{Tas} = 300 \div 6,37 = 47,09 \approx 47\text{A} \quad (3.14)$$

İzmir ili $38,25^0$ kuzey paraleli ve $27,08^0$ doğu meridyeninde bulunmaktadır. Buna göre sistemin PV dizi eğim açısı $23,25^0$ 'dir (İnt. Kyn. 8).

İzmir ili için depolama gün sayısı (Onat 2005);

$$S_{Depgun} = -0,48 \times 7,4 + 4,58 = 1,02 \approx 1 \quad (3.15)$$

En düşük güneşlenme süresi, İzmir ili için Ek 2'de verildiği gibi 7,4 saat/gün'dür.

Gerekli batarya kapasitesi;

$$K_{Gerbat} = 300 \times 1 \div 0,75 \div 0,9 = 444,44\text{Ah} \quad (3.16)$$

Paralel bağlı batarya sayısı;

$$S_{Parbat} = 444,44 \div 210 = 2,11 \approx 2 \quad (3.17)$$

Seri bağlı batarya sayısı;

$$S_{Serbat} = 24 \div 12 = 2 \quad (3.18)$$

Toplam batarya sayısı ;

$$S_{Topbat} = 2 \times 2 = 4 \quad (3.19)$$

Sistem batarya kapasitesi;

$$K_{Sisbat} = 2 \times 210 = 420Ah \quad (3.20)$$

Uygun batarya kapasitesi;

$$K_{Uybat} = 420 \times 0,75 = 315Ah \quad (3.21)$$

Sistemin nominal tasarım akımı ;

$$I_{Nomtas} = 47 \div 0,90 = 52,22A \quad (3.22)$$

Paralel bağlı modül sayısı;

$$S_{ParMod} = 52,22 \div 6,93 = 7,53 \approx 8 \quad (3.23)$$

Toplam modül sayısı ;

$$S_{Topmod} = 1 \times 8 = 8 \quad (3.26)$$

Nominal dizi akımı ;

$$I_{Nomdiz} = 8 \times 6,93 = 55,44A \quad (3.27)$$

Dizi kısa devre akımı ;

$$I_{SCdiz} = 8 \times 7,38 = 59,04A \quad (3.28)$$

Minimum şarj denetleyici akımı;

$$I_{Minden} = 1,25 \times 59,04 = 73,8 \approx 74A \quad (3.31)$$

Sistem maliyeti;

$$M_{Top} = (4 \times 135) + (8 \times 800) + 1000 + 170 + 250 = 8360€ \quad (3.33)$$

3.15.5 Konya İli İçin Sistem Tasarım Hesaplamaları

Konya ili güneş enerjisi tepe değeri;

$$E_{TepeGun} = (19,6 + 22,7 + 25,6 + 25,9 + 24,1 + 20,0) \div 6 \div 3,6 \quad (3.13)$$
$$= 6,38kWh / m^2 .gun$$

Sistem tasarım akımı ;

$$I_{Tas} = 300 \div 6,38 = 47,02 \approx 47A \quad (3.14)$$

Konya ili $37,52^0$ kuzey paraleli ve $32,35^0$ doğu meridyeninde bulunmaktadır. Buna göre sistemin PV dizi eğim açısı $22,52^0$ 'dir (İnt. Kyn. 8).

Konya ili için depolama gün sayısı (Onat 2005);

$$S_{Depgun} = -0,48 \times 7,2 + 4,58 = 1,124 \approx 2 \quad (3.15)$$

En düşük güneşlenme süresi, Konya ili için Ek 2'de verildiği gibi 7,2 saat/gün'dür.

Gerekli batarya kapasitesi;

$$K_{Gerbat} = 300 \times 2 \div 0,75 \div 0,9 = 888,88Ah \quad (3.16)$$

Paralel bağlı batarya sayısı;

$$S_{Parbat} = 888,88 \div 210 = 4,23 \approx 4 \quad (3.17)$$

Seri bağlı batarya sayısı;

$$S_{Serbat} = 24 \div 12 = 2 \quad (3.18)$$

Toplam batarya sayısı ;

$$S_{Topbat} = 4 \times 2 = 8 \quad (3.19)$$

Sistem batarya kapasitesi;

$$K_{Sisbat} = 4 \times 210 = 840Ah \quad (3.20)$$

Uygun batarya kapasitesi;

$$K_{Uybat} = 840 \times 0,75 = 630Ah \quad (3.21)$$

Sistemin nominal tasarım akımı ;

$$I_{Nomtas} = 47 \div 0,90 = 52,22A \quad (3.22)$$

Paralel bağlı modül sayısı;

$$S_{ParMod} = 52,22 \div 6,93 = 7,53 \approx 8 \quad (3.23)$$

Toplam modül sayısı ;

$$S_{Topmod} = 1 \times 8 = 8 \quad (3.26)$$

Nominal dizi akımı ;

$$I_{Nomdiz} = 8 \times 6,93 = 55,44A \quad (3.27)$$

Dizi kısa devre akımı ;

$$I_{SCdiz} = 8 \times 7,38 = 59,04A \quad (3.28)$$

Minimum şarj denetleyici akımı;

$$I_{Minden} = 1,25 \times 59,04 = 73,8 \approx 74A \quad (3.31)$$

Sistem maliyeti;

$$M_{Top} = (8 \times 135) + (8 \times 800) + 1000 + 170 + 250 = 8900€ \quad (3.33)$$

3.15.6 Mardin İli İçin Sistem Tasarım Hesaplamaları

Mardin ili güneş enerjisi tepe değeri;

$$\begin{aligned} E_{TepeGun} &= (23,1 + 27,0 + 29,8 + 29,3 + 26,7 + 22,1) \div 6 \div 3,6 \\ &= 7,31kWh / m^2.gun \end{aligned} \quad (3.13)$$

Sistem tasarım akımı ;

$$I_{Tas} = 300 \div 7,31 = 41,03 \approx 41A \quad (3.14)$$

Mardin ili $37,20^0$ kuzey paraleli ve $40,43^0$ doğu meridyeninde bulunmaktadır. Buna göre sistemin PV dizi eğim açısı $22,20^0$ 'dir (İnt. Kyn. 8).

Mardin ili için depolama gün sayısı (Onat 2005);

$$S_{Depgun} = -0,48 \times 7,6 + 4,58 = 0,932 \approx 1 \quad (3.15)$$

En düşük güneşlenme süresi, Mardin ili için Ek 2'de verildiği gibi 7,6 saat/gün'dür.

Gerekli batarya kapasitesi;

$$K_{Gerbat} = 300 \times 1 \div 0,75 \div 0,9 = 444,44Ah \quad (3.16)$$

Paralel bağlı batarya sayısı;

$$S_{Parbat} = 444,44 \div 210 = 2,11 \approx 2 \quad (3.17)$$

Seri bağlı batarya sayısı;

$$S_{Serbat} = 24 \div 12 = 2 \quad (3.18)$$

Toplam batarya sayısı ;

$$S_{Topbat} = 2 \times 2 = 4 \quad (3.19)$$

Sistem batarya kapasitesi;

$$K_{Sisbat} = 2 \times 210 = 420Ah \quad (3.20)$$

Uygun batarya kapasitesi;

$$K_{Uybat} = 420 \times 0,75 = 315Ah \quad (3.21)$$

Sistemin nominal tasarım akımı ;

$$I_{Nomtas} = 41 \div 0,90 = 45,55A \quad (3.22)$$

Paralel bağlı modül sayısı;

$$S_{ParMod} = 45,55 \div 6,93 = 6,57 \approx 7 \quad (3.23)$$

Toplam modül sayısı ;

$$S_{Top\ mod} = 1 \times 7 = 7 \quad (3.26)$$

Nominal dizi akımı ;

$$I_{Nomdiz} = 7 \times 6,93 = 48,51A \quad (3.27)$$

Dizi kısa devre akımı ;

$$I_{SCdiz} = 7 \times 7,38 = 51,66A \quad (3.28)$$

Minimum şarj denetleyici akımı;

$$I_{Minden} = 1,25 \times 51,66 = 64,57 \approx 65A \quad (3.31)$$

Sistem maliyeti;

$$M_{Top} = (4 \times 135) + (7 \times 800) + 1000 + 170 + 250 = 7560€ \quad (3.33)$$

3.15.7 Van İli İçin Sistem Tasarım Hesaplamaları

Van ili güneş enerjisi tepe değeri;

$$\begin{aligned} E_{TepeGun} &= (19,8 + 23,3 + 26,0 + 26,1 + 23,8 + 19,5) \div 6 \div 3,6 \\ &= 6,41kWh / m^2.gun \end{aligned} \quad (3.13)$$

Sistem tasarım akımı ;

$$I_{Tas} = 300 \div 6,41 = 46,80 \approx 47A \quad (3.14)$$

Van ili $38,30^0$ kuzey paraleli ve $43,20^0$ doğu meridyeninde bulunmaktadır. Buna göre sistemin PV dizi eğim açısı $23,30^0$ dir (İnt. Kyn. 8).

Van ili için depolama gün sayısı (Onat 2005);

$$S_{Depgun} = -0,48 \times 7,8 + 4,58 = 0,836 \approx 1 \quad (3.15)$$

En düşük güneşlenme süresi, Van ili için Ek 2’de verildiği gibi 7,8 saat/gün’dür.

Gerekli batarya kapasitesi;

$$K_{Gerbat} = 300 \times 1 \div 0,75 \div 0,9 = 444,44Ah \quad (3.16)$$

Paralel bağlı batarya sayısı;

$$S_{Parbat} = 444,44 \div 210 = 2,11 \approx 2 \quad (3.17)$$

Seri bağlı batarya sayısı;

$$S_{Serbat} = 24 \div 12 = 2 \quad (3.18)$$

Toplam batarya sayısı ;

$$S_{Topbat} = 2 \times 2 = 4 \quad (3.19)$$

Sistem batarya kapasitesi;

$$K_{Sisbat} = 2 \times 210 = 420Ah \quad (3.20)$$

Uygun batarya kapasitesi;

$$K_{Uybat} = 420 \times 0,75 = 315Ah \quad (3.21)$$

Sistemin nominal tasarım akımı ;

$$I_{Nomtas} = 47 \div 0,90 = 52,22A \quad (3.22)$$

Paralel bağlı modül sayısı;

$$S_{ParMod} = 52,22 \div 6,93 = 7,53 \approx 8 \quad (3.23)$$

Toplam modül sayısı ;

$$S_{Top\ mod} = 1 \times 8 = 8 \quad (3.26)$$

Nominal dizi akımı ;

$$I_{Nomdiz} = 8 \times 6,93 = 55,44A \quad (3.27)$$

Dizi kısa devre akımı ;

$$I_{SCdiz} = 8 \times 7,38 = 59,04A \quad (3.28)$$

Minimum şarj denetleyici akımı;

$$I_{Minden} = 1,25 \times 59,04 = 73,8 \approx 74A \quad (3.31)$$

Sistem maliyeti;

$$M_{Top} = (4 \times 135) + (8 \times 800) + 1000 + 170 + 250 = 8360\text{€} \quad (3.33)$$

3.16 DA ve AA İletken ve Sigorta Seçimi

İletken kesitinin doğru olarak belirlenmesi için iletkenin geçecek akımın bilinmesi gerekir. Fakat düşük gerilimlerde doğru iletken seçimi uzunlukla da ilişkilidir. Genellikle bu iletkenlerin seçiminde gerilim düşümünü izin verilen limitlerde tutan iletkenleri bir cetvel haline getirerek seçim yapmak daha yararlıdır.

Sistem için sigorta seçiminde gerçekleşmesi kesin olan olumsuz koşullar dikkate alınmalıdır. Örnek olarak, panel üzerine düşen güneş ışığını azaltıcı kir, toz veya bulut vb. gibi. Böyle bir olay sistemdeki sigortanın artacak olan akım taşımamasını gerektirir. Maksimum akım değerini belirlemek için genellikle nominal akım 1,25 ile çarpılır ve seçilecek olan sigorta akımı belirlenir. Bu çarpımla elde edilen akıma en yakın bir üst standart sigorta akımı esas alınır. Dolayısıyla seçilen iletken kesitinin bu akımda taşınması gerektiği unutulmamalıdır. Ayrıca doğru akımda kullanılacak tüm sigortaların bu akımda çalışmaya uygun olması gerekir. Batarya sistemi hattındaki sigortalar hem bataryalarla hem de batarya ile denetleyici arasındaki iletim hattının korunması için

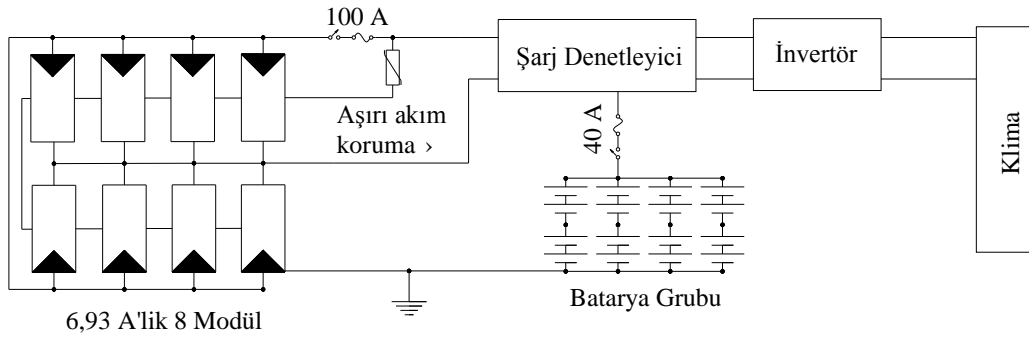
batarya sistemine yakın konumlandırılmalıdır. Diğer hatlardaki sigortalar uygun bir yere veya denetleyici yakınına konulabilir. Buna göre Afyonkarahisar ili için kurulan sisteme ait iletken kesitleri ve sigorta değerleri Çizelge 3.7’de verilmiştir (Onat 2005).

Çizelge 3.7 Sisteme ait iletken kesit ve sigorta değerleri.

İletken Yeri	Maksimum Akım (A)	Mesafe (m)	Çalışma Gerilimi (V)	İletken Kesiti (mm ²)	Sigorta (A)
Klima-İnvertör	5	1	220	2,5	10
İnvertör-Batarya	40	5	24	10	50
Denetleyici-PV Dizi	90	10	24	25	100

3.17 Sistem Bağlantı Şeması

Afyonkarahisar koşullarında yapılan hesaplamalara uygun örnek sistemin bağlantı şeması Şekil 3.1’de verilmiştir. Sistemde 8 adet PV modül, 8 batarya ise, ikişer tanesi seri bağlı olarak birbiri ile paralel olarak bağlanmıştır. Ayrıca sistem elemanlar topraklanmıştır.



Şekil 3.1 Sistem bağlantı şeması.

4. BULGULAR

Çizelge 4.1’de, il il tasarlanan sistemler için, yapılan hesaplamalar sonucu bulunan devre elemanı sayıları verilmiştir. Tüm tasarımlarda kullanılan şarj denetleyici ve invertör sayıları eşit ve birer tanedir. Ancak batarya ve PV panel sayılarında farklılıklar vardır.

Çizelge 4.1 Sistemde kullanılan elemanların sayıları .

İller	Batarya Sayısı	Panel Sayısı	Şarj Denetleyici Sayısı	İnvertör Sayısı
Afyonkarahisar	8	8	1	1
Antalya	4	7	1	1
Çanakkale	4	8	1	1
Çorum	8	8	1	1
İzmir	4	8	1	1
Konya	8	8	1	1
Mardin	4	7	1	1
Van	4	8	1	1

Sistemde PV paneller sabit olduğundan, en üst seviyede güneş enerjisinden istifade edebilmek için, paneller yer ile belli açılı olarak güneye bakacak şekilde yerleştirilmelidir. Buna göre, hesaplamalarda illere göre PV dizi yerleşim eğim açıları da yer almıştır. Bu değerler Çizelge 4.2’de verilmiştir. Tablodan da anlaşılacağı üzere, Türkiye’nin güneyinden kuzeyine doğru eğim açılarının arttığı görülmektedir.

Çizelge 4.2 İllere göre PV dizi yerleşim eğim açıları.

İllere Göre PV Dizisi Yerleşim Eğim Açılı	
İller	Eğim Açısı (°)
Afyonkarahisar	23,45
Antalya	21,52
Çanakkale	25,08
Çorum	25,30

Çizelge 4.2 (Devam) İllere göre PV dizi yerleşim eğim açıları.

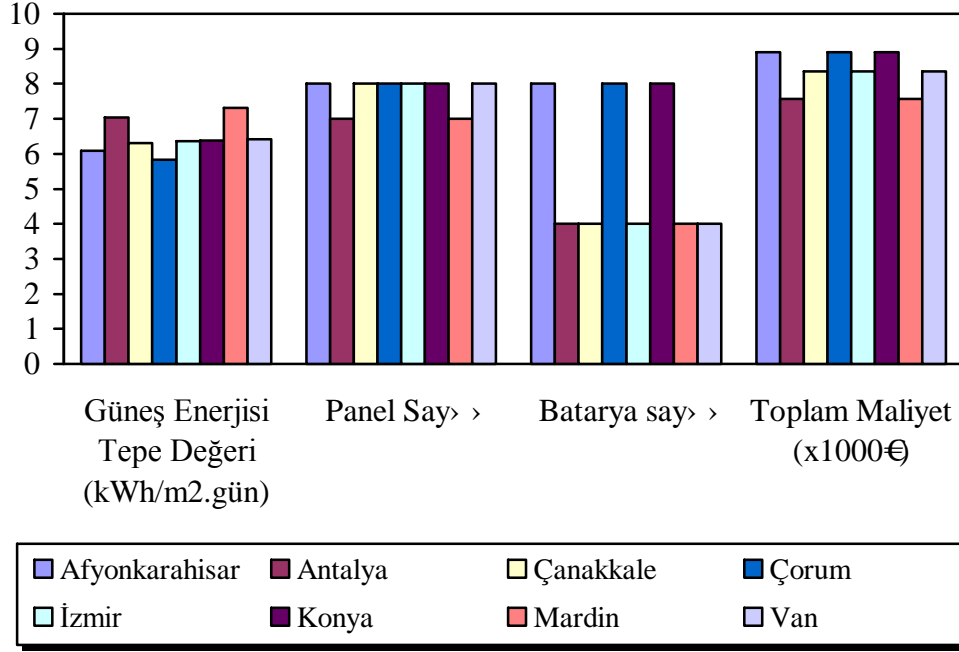
İllere Göre PV Dizisi Yerleşim Eğim Açılıarı	
İller	Eğim Açısı (°)
İzmir	23,25
Konya	22,52
Mardin	22,20
Van	23,30

Çalışmada sistem boyutlaması yanında, her bir sistem senaryosu için maliyet analizi de yapılmıştır. Çizelge 4.3'te elde edilen sistem maliyetleri ayrı ayrı verilmiştir. İntertör, şarj denetleyici ve kablolama ve koruma elemanları tüm tasarımlarda aynı olduğu için, maliyete standart katkı olacak. Buna göre batarya ve panel sayılarındaki fark dolayısıyla maliyette değişiklik oluşmuştur.

Çizelge 4.3 İllere göre sistem maliyet analizi.

İller	Batarya Maliyeti (€)	Panel Maliyeti (€)	İntertör + Şarj Denetleyici Maliyeti (€)	Kablolama ve Koruma Maliyeti (€)	Toplam Maliyet (€)
Afyonkarahisar	1080	6400	1000+170	250	8900
Antalya	540	5600	1000+170	250	7560
Çanakkale	540	6400	1000+170	250	8360
Çorum	1080	6400	1000+170	250	8900
İzmir	540	6400	1000+170	250	8360
Konya	1080	6400	1000+170	250	8900
Mardin	540	5600	1000+170	250	7560
Van	540	6400	1000+170	250	8360

Çizelge 4.4 İllerin güneş enerjisi tepe değerleri ile birlikte sisteme ait panel, batarya sayıları ve toplam maliyet değerleri.



Çizelge 4.4'te illerin güneş enerjisi tepe değerleri ile birlikte sisteme ait panel, batarya sayıları ile toplam maliyet değerleri verilmiştir. İller farklı renklerle kodlanmıştır. Çizelge düşey eksenini rakamsal olarak ifade edilmiş ancak değerler kendi birimlerinde belirtilmiştir.

Güneş enerjisi tepe değeri baz alınır, en yüksek değerler Antalya ili ile Mardin ilinde, en düşük değer ise Çorum ilinde görülmektedir. Dikkat edilecek olursa; güneş enerjisi değerindeki değişim en fazla batarya sayısını etkilemektedir. Panel sayısı çok fazla etkilenmemektedir. Bunda depolanma gün sayısının etkisi görülmektedir. Buna göre Afyonkarahisar ili başta olmak üzere Çorum ve Konya illerinde batarya ihtiyacı diğer illere nazaran daha fazladır. Karasal iklimin görüldüğü bölgelerimizde, fotovoltaik sistem kurulumu maliyet açısından daha fazla yük getirmektedir. Akdeniz ikliminin görüldüğü ve ülkenin güney bölgelerinde bu değerlerin aşağılarda seyrettiği söylenebilir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu tez çalışması ile, Afyonkarahisar ili ile birlikte Türkiye'nin yedi bölgesinden en fazla güneş enerjisi alan illeri olan; Antalya, Çanakkale, Çorum, İzmir, Konya, Mardin ve Van illeri için, yılın belli aylarında belli ebatlardaki bir odayı soğutma amaçlı kullanılan pencere tipi klimay , fotovoltaik yöntemle elde edilen elektrik enerjisi ile besleyen birer sistem tasarlanmış ve bu sistem kurulumu için gerekli hesaplamalar ve sisteme uygun elemanların seçimi yapılmıştır.

Tasarımın uygulanabilirliğinin yüksek olması için, materyal ve metot olarak önceden yapıp uygulanmış ve alanında iyi sonuçlar alınmış yerli ve yabancı birçok kaynaktan faydalanılmıştır. Hesaplamalarda kullanılmak üzere sistem tasarım hesaplamaları yapılacak illere ait aylık ortalama günlük güneş enerjisi değerleri ile güneşlenme süresi değerleri verileri, bir yayını olarak Elektrik İşleri Etüt İdaresi'nden temin edilmiştir. C++ programlama dilinde yazılmış, basit bir sistem tasarım yazılımı da ekte verilmiştir.

Sistemin işletileceği aylar; Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarıdır. Klimanın soğutacağı alan ise eni 4 m, boyu 5 m ve yüksekliği 3 m olan bir odadır. Odanın kuzeye bakan 1,8x1,4 ebadında bir penceresi vardır. Odayı 4 kişi paylaşmaktadır. Odada 170 W gücünde bir televizyon ve 80 W gücünde bir armatür bulunmaktadır. Yapılan hesaplamalar sonunda bu odanın soğutması için gerekli en düşük BTU değeri 10.000 olarak bulunmuştur. Bulunan bu BTU değerine göre inverter duvar tipi bir split klima seçilmiştir. İnverter model klima seçilmesinin nedeni diğer model klimalara oranla ilk kalkış akımlarının daha az olmasıdır.

Sistemin besleyeceği yük belirlendikten sonra sistemin DA voltaj seçimi yapılmıştır. Klimanın çalışma süresi, günlük 5'er saatten hafta boyunca çalışacak şekilde belirlenmiştir. Klimanın bulutlu günlerde veya güneş ışınımının yetersiz olduğu zamanlarda da çalıştırılabilmesi için yaklaşık değerle günlük Ah düzeltilmiş aküleme hesabı yapılmıştır. Bunun yanında sistemin tasarım akımı bulunmuştur. Fotovoltaik panellerin daha verimli enerji üretebilmeleri için, panellerin güneşe bakacak şekilde ve yer ile yapacağı eğim açıları belirlenmiştir. Aküleme hesabına göre batarya seçimi

yapılmıştır. EİE'den alınan veriler ışığında bataryaların depolanma gün sayı tespit edilmiş ve batarya sayıları hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucu sistem için gerekli toplam batarya sayıları bulunmuştur. Batarya hesabından sonra PV panel belirlenmiş ve sistemi sorunsuz besleyebilecek modül sayısı hesap edilmiştir. Bu paneller birbirleri ile paralel bağlıdır. Sistemin ve bataryaların verimli olarak çalışması için uygun şarj denetleyicisi eklenmiştir. PV panellerin çıkışı DA olmasından klimayı beslemek için invertöre ihtiyaç olduğu görülmüş ve hesabı yapılarak 1500 W gücünde bir invertör sisteme dâhil edilmiştir. Daha sonra bağlantılarda kullanılacak iletkenlere ait kesit ve sigorta değerleri belirlenmiştir. Aynı hesaplamalar diğer illerde kurulacak sistemler için de yapılmıştır.

Çalışma sonunda; belli değerlerde bir yükü besleyecek fotovoltaik sistem, Türkiye'nin yedi bölgesi için tasarlanmış, gerekli hesaplamalar yapılmış, sistem elemanlar belirlenmiş, her bir kurulumun maliyeti tespit edilmiş ve sistemler arasında belli açılardan kıyaslama yapılmıştır. Sistemde alternatif akım ile çalışan yük beslemesi yapılmıştır.

Sonuçta, yaklaşık bir tahminle, örnek olarak Afyonkarahisar ili için 40.000 konut ve her konutun birer odasının fotovoltaik enerji ile soğutulduğu düşünülürse, her bir sistemin 1.100 W'lık bir yükü beslediği göz önünde bulundurulursa, şebekeye 44 MW'lık bir güç sağladığı veya şebekenin yükleneceği bu miktarı münferit olarak konutlar n karşılayabileceği söylenebilir.

Yapılan çalışmayla, ülkemizde son zamanlarda gittikçe artan fotovoltaik güç araştırmalarına yeni bir tasarımla katkıda bulunulmuştur. Şu halde tez uygulanma aşamasındadır. Bundan sonraki çalışma, bu teze ait sistemin kurulmasıdır. Sonraki çalışmalarda maliyeti azaltma anlamında AA yerine DA ile çalışan bir klima tasarlanacaktır.

6. KAYNAKLAR

Akgün A., 2006, “Mikrodenetleyici Tabanlı Güneş Enerjisinden Elektrik Enerjisi Üretim Sisteminin Tasarım”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Akmeşe D., 2006, “Güneş Panelinden Beslenen Bir DA Motorunun Çalıştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Anonymous, 1991, “Maintenance and Operation of Stand-Alone Photovoltaic Systems”, Architectural Energy Corporation, December.

Anonymous, 1995, “Stand-Alone Photovoltaic Systems A Handbook of Recommended Design Practices”, Sandia National Laboratories, March, United States of America.

Anonymous, 2001, “A Guide To Photovoltaic (PV) System Design and Installation”, California Energy Commission Consultant Report, June, California.

Anonim, 2001, “Türkiye Güneş Işınımı ve Güneşlenme Süresi Değerleri”, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, Mayıs, 2001, Ankara.

Anonim, 2007, “Dosya Yenilenebilir Enerji Kaynaklar”, 3e Electrotech Aylık Enerji, Elektrik, Elektronik Teknolojileri Dergisi, 111-113, Ekim, 2007.

Bahtiyar B., 2006, “Fotovoltaik Sistemler İçin Gerçek Zamanlı Bir İzleme Merkezi Tasarım ve Uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla.

Boztepe M., 2002, “İzmir (Bornova) Koşullarında Şebekeye Bağlı Bir Fotovoltaik Enerji Sisteminin Tasarım ve Denenmesi”, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

- Çalık H. ve Bücür Y., 2007, “Konut İhtiyacı İçin Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi”, 3e Electrotech Dergisi, Temmuz, 116-122.
- Çelik A. ve Abut N., 2005, “Fotovoltaik PİL, Akü, Elektrik Motoru ve Su Pompası İçeren Kompleks Sistemin Dinamik Modeli”, II. Mühendislik Bilimleri Genç Araştırmacılar Kongresi, 17-19 Kasım, İstanbul.
- Doğan H., 2002, “Uygulamalı Havalandırma ve İklimlendirme Tekniği”, Seçkin Yay nevi, Ankara.
- Doğan İ., 2006, “Güneş Enerjisi Uygulamaları”, Bileşim Yayınevi, Eylül, İstanbul.
- Goetzberger A. and Hoffman V.U., 2005, “Photovoltaic Solar Energy Generation”, Springer-Verlag, Heidelberg, Germany.
- Göse E., 2001, “Refrigeration By Solar Cells”, Yüksek Lisans Tezi, Boğaziçi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Güneş M., 1999, “Fotovoltaik Sistemin Sağladığı Elektrik Enerjisi İle Çalışan Bir Uygulama Sisteminin Tasarım”, Yüksek Lisans Tezi, F rat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Hill R. and Pearsall N.M., 2001, “Photovoltaic Modules, Systems and Applications”,
- İnan D., 2001, “Güneşimizi Tanıyalım”, Temiz Enerji Vakfı Yayını, Kasım, Ankara.
- Luque A. and Hegedus, S., 2003, “Handbook of Photovoltaic Science and Engineering”, John Wiley and Sons, 1179 p., England.
- Oktik Ş., 2001, “Güneş-Elektrik Dönüşümleri Fotovoltaik Güneş Gözeleri ve Güç Sistemleri”, Temiz Enerji Vakfı Yayını, Kasım, Ankara.

- Okyay Y., 2006, “Kütahya Koşullarında Fotovoltaik Sistemin Deneysel İncelenmesi ve Ekonomik Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.
- Onat N., 2005, “Mini Hidroelektrik Santraller İçin Güneş Pilleri İle Uyarılan Senkron Generatör Tasarım”, Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Özcanlı Ö., 2001, “A Stand-Alone Power Supply Application With An 85 W Solar Panel”, Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Patel M.R., 1999, “Wind and Solar Power Systems”, CRC Press LLC, 348 p., United States of America.
- Penick T. and Louk B., 1998, “Photovoltaic Power Generation”, December.
- Sayın S., 2006, “Yenilenebilir Enerjinin Ülkemiz Yapı Sektöründe Kullanımının Önemi ve Yapılarda Güneş Enerjisinden Yararlanma Olanakları”, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Şentürk H., 2000, “Soğutma Tekniği ve Soğutma Elemanları”, 1. Baskı, Temsa Elektronik Bölümü Yayını, 250 s., Ekim, İstanbul.
- Tozlu C., 2004, “Muğla Üniversitesinde Kurulu Şebekeye Bağlı Fotovoltaik Güç Sistemlerinin Performans Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla.
- Ültanır M.Ö., 1996, “21. Yüzyılın Eşiğinde Güneş Enerjisi”, Bilim ve Teknik Dergisi, Mart,340,50-55.
- Yeşilata B. ve Işiker Y., 2006, “Fotovoltaik Güçle Çalışan Bir Buzdolab Sisteminin Deneysel Analizi”, Mühendis ve Makine Dergisi, 558, 54-60.

6.1. İnternet Kaynaklar

Erişim Tarihi

1- http://www.asian-electron.com	21.11.2007
2- http://www.bb-battery.com	21.11.2007
3- http://www.eie.gov.tr	13.04.2007
4- http://www.fsec.ucf.edu	31.08.2007
5- http://global.mitsubishielectric.com	11.04.2007
6- http://www.iea-pvps.org	23.01.2007
7- http://www.iklimsa.com	06.05.2007
8- http://www.mapsofworld.com	27.12.2007
9- http://www.nasa.gov.tr	20.02.2007
10- http://www.nrel.gov	21.06.2007
11- http://www.orjinsolar.com	23.02.2007
12- http://www.pvpower.com	30.09.2006
13- http://www.pvresource.com	22.03.2007
14- http://www.rise.org.au	25.01.2007
15- http://www.sandia.gov	24.01.2007
16- http://www.wikipedia.org	27.09.2007

EK 1

AFYONKARAHİSAR İLİNE AİT GÜNLÜK GÜNEŞ ENERJİSİ DEĞERLERİ

AYLIK ORTALAMA GÜNLÜK GÜNEŞ ENERJİSİ DEĞERLERİ (MJ/m ² -gün)														TOPLAM	YILLIK ORTALAMA
AY	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII			
YIL															
1990	7.5	10.0	16.4	18.3	20.6	24.3	25.5	23.6	18.3	13.1	8.6	6.3	5136.4	15.38	
1991	6.2	8.1	12.9	16.4	19.9	25.2	25.0	22.9	17.7	11.8	8.2	4.8	5460.3	14.96	
1992	6.0	10.0	12.2	18.4	20.5	22.6	23.4	23.9	19.3	12.6	8.4	5.1	5565.7	15.21	
1993	6.0	8.2	13.9	17.1	20.1	24.8	28.0	24.6	19.6	14.3	8.3	6.5	5839.0	16.00	
1994	6.5	9.0	13.3	18.0	23.2	25.7	25.0	23.6	19.8	11.8	7.8	5.3	5760.7	15.78	
1995	6.7	11.0	13.8	16.9	22.9	25.2	23.9	24.2	18.3	13.9	7.9	6.6	5829.0	15.97	
1996	5.4	8.8	10.9	18.1	22.7	25.9	25.4	23.7	17.4	11.0	9.5	4.7	5591.2	15.28	
TOPLAM	44.3	65.1	93.4	123.2	149.9	173.7	176.2	166.5	130.4	88.5	58.7	39.3	39182.3	108.57	
AYLIK ORTALAMA	6.3	9.3	13.3	17.6	21.4	24.8	25.2	23.8	18.6	12.6	8.4	6.6	5597.5		

Yıllık ortalama günlük güneş ışınımı değeri= 15.5

AFYONKARAHİSAR İLİNE AİT GÜNLÜK GÜNEŞLENME SÜRESİ DEĞERLERİ

AYLIK ORTALAMA GÜNLÜK GÜNEŞLENME SÜRESİ DEĞERLERİ (saat/gün)														TOPLAM	YILLIK ORTALAMA
AY	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII			
YIL															
1990	3.8	4.5	7.8	6.8	7.2	9.5	10.8	10.7	8.5	6.7	4.8	3.3	2241.6	6.71	
1991	2.5	2.8	4.6	5.4	6.6	10.1	10.4	10.0	7.9	5.4	4.2	1.4	2174.3	5.96	
1992	2.2	4.3	3.9	6.8	7.1	8.2	9.0	11.0	9.4	6.2	4.4	1.7	2262.8	6.18	
1993	2.3	2.7	5.4	5.8	6.8	9.9	13.3	11.8	9.7	8.0	4.3	3.3	2544.5	6.97	
1994	9.6	3.6	5.1	6.6	9.3	10.7	10.4	10.7	9.8	5.5	3.9	2.0	2661.4	7.29	
1995	2.9	5.6	5.3	5.7	8.9	10.1	9.6	11.2	8.3	7.7	3.8	3.2	2506.6	6.87	
1996	1.8	3.3	2.9	6.6	8.6	10.9	10.8	10.7	7.6	4.8	5.7	1.3	2284.3	6.24	
TOPLAM	25.1	26.8	35.0	43.7	54.5	69.4	74.3	76.1	61.2	44.3	31.1	16.2	16675.5	46.22	
AYLIK ORTALAMA	3.6	3.8	5.0	6.2	7.8	9.9	10.6	10.9	8.7	6.3	4.4	2.7	2382.2		

Yıllık ortalama günlük güneşlenme süresi değeri= 6.6

ANTALYA İLİNE AİT GÜNLÜK GÜNEŞ ENERJİSİ DEĞERLERİ

AYLIK ORTALAMA GÜNLÜK GÜNEŞ ENERJİSİ DEĞERLERİ (MJ/m ² -gün)														
AY	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	TOPLAM	YILLIK ORTALAMA
YIL														
1990	11,1	13,6	13,4	22,4	26,4	28,9	28,0	26,1	21,6	15,7	11,0	8,6	6906,1	20,68
1991	10,0	12,5	16,4	21,9	25,0	28,8	27,6	25,8	21,5	15,3	11,2	8,2	6829,3	18,71
1992	11,6	13,0	17,4	23,0	25,1	27,1	27,9	25,9	21,6	16,1	10,6	9,3	6965,3	19,03
1993	9,8	12,8	18,9	22,7	23,4	28,6	28,6	26,0	21,7	16,1	11,5	9,1	6982,3	19,13
1994	9,7	13,1	17,0	21,4	26,7	28,8	28,1	26,1	21,4	14,0	10,7	8,9	6881,3	18,85
1995	8,9	14,0	16,8	22,6	27,0	28,6	28,4	25,9	21,3	16,3	11,3	8,8	7001,1	19,18
1996	9,6	12,6	16,6	22,2	27,3	29,3	28,1	25,7	21,1	15,6	11,0	8,5	6934,2	18,95
TOPLAM	70,7	91,6	116,5	156,2	180,9	200,1	196,7	181,5	150,2	109,1	66,3	52,9	48499,6	134,53
AYLIK ORTALAMA	10,1	13,1	16,6	22,3	25,8	28,6	28,1	25,9	21,5	15,6	9,5	8,8	6988,5	

Yıllık ortalama günlük güneş ışıması değeri = 19,2

ANTALYA İLİNE AİT GÜNLÜK GÜNEŞLENME SÜRESİ DEĞERLERİ

AYLIK ORTALAMA GÜNLÜK GÜNEŞLENME SÜRESİ DEĞERLERİ (saat/gün)														
AY	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	TOPLAM	YILLIK ORTALAMA
YIL														
1990	7,3	7,2	9,0	8,5	10,2	12,3	11,5	11,8	10,2	8,1	5,9	4,8	2886,5	8,64
1991	5,8	5,7	6,2	8,0	9,0	12,2	11,2	11,2	10,0	7,5	6,4	4,2	2965,7	8,13
1992	7,4	6,1	6,7	9,0	9,2	10,2	11,7	11,7	10,3	8,2	5,9	5,5	3105,2	8,48
1993	5,5	5,9	8,4	8,5	7,4	11,9	12,6	11,8	10,3	8,4	6,7	5,0	3119,3	8,55
1994	5,0	6,5	6,9	7,7	10,8	12,3	11,8	12,0	9,9	6,3	5,8	5,0	3044,8	8,34
1995	3,8	7,5	6,8	8,8	11,0	11,6	12,2	11,5	10,0	8,8	6,4	4,8	3139,9	8,60
1996	5,2	5,8	6,2	8,5	11,0	13,0	11,8	11,3	9,6	8,0	6,0	5,0	3088,9	8,44
TOPLAM	40,0	44,7	50,2	59,0	68,6	83,5	82,8	81,3	70,3	55,3	37,1	29,3	21350,3	59,8
AYLIK ORTALAMA	5,7	6,4	7,2	8,4	9,8	11,9	11,8	11,6	10,0	7,9	5,3	4,9	3050,0	

Yıllık ortalama günlük güneşlenme süresi değeri = 8,5

ÇANAKKALE İLİNE AİT GÜNLÜK GÜNEŞ ENERJİSİ DEĞERLERİ

AYLIK ORTALAMA GÜNLÜK GÜNEŞ ENERJİSİ DEĞERLERİ (MJ/m ² -gün)														
AY	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	TOPLAM	YILLIK ORTALAMA
YIL														
1990	8,2	10,2	17,0	18,1	23,1	25,3	26,2	23,7	18,2	13,2	8,5	5,6	5280,9	15,81
1991	6,8	8,9	12,2	16,7	21,2	27,2	25,8	23,8	18,4	11,2	7,9	4,9	5638,1	15,45
1992	7,1	10,3	13,1	18,8	21,1	23,2	25,2	24,0	19,4	11,7	7,8	5,8	5722,7	15,64
1993	7,5	9,1	14,5	19,2	21,0	25,3	26,7	25,0	19,3	13,1	6,4	6,5	5904,1	16,18
1994	6,4	9,1	15,2	19,6	23,0	25,8	26,4	24,5	19,8	11,7	7,6	6,1	5951,1	16,30
1995	6,3	11,1	14,0	20,1	24,6	26,7	25,9	24,6	18,4	13,1	8,2	5,4	6043,7	16,56
1996	6,1	7,3	12,1	19,8	23,7	27,2	26,8	24,4	17,2	12,4	8,9	5,6	5841,5	15,96
TOPLAM	48,4	66,0	98,1	132,3	157,7	180,7	183,0	170,0	130,7	86,4	55,3	39,9	40382,1	111,89
AYLIK ORTALAMA	6,9	9,4	14,0	18,9	22,5	25,8	26,1	24,3	18,7	12,3	7,9	6,7	5768,9	

Yıllık ortalama günlük güneş ışınımı değeri = 16,0

ÇANAKKALE İLİNE AİT GÜNLÜK GÜNEŞLENME SÜRESİ DEĞERLERİ

AYLIK ORTALAMA GÜNLÜK GÜNEŞLENME SÜRESİ DEĞERLERİ (saat/gün)														
AY	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	TOPLAM	YILLIK ORTALAMA
YIL														
1990	5,4	5,2	8,7	6,8	9,4	10,6	11,5	10,9	8,9	7,3	5,1	2,8	2485,7	7,44
1991	3,6	3,6	4,3	5,8	7,8	12,0	11,4	11,0	8,7	5,2	4,3	1,9	2426,0	6,65
1992	4,0	5,1	5,0	7,4	7,8	8,7	10,6	11,3	10,0	5,8	4,2	3,0	2529,4	6,91
1993	4,5	4,1	6,3	7,7	7,7	10,4	12,0	11,9	9,8	7,1	2,5	4,0	2685,3	7,36
1994	3,1	4,0	7,0	7,8	9,3	10,7	11,6	11,8	10,2	5,8	4,1	3,5	2711,1	7,43
1995	2,9	6,0	6,0	8,6	10,6	11,4	11,3	11,9	8,8	7,2	4,6	2,5	2794,4	7,66
1996	2,7	2,4	4,2	8,2	9,6	11,9	12,0	11,7	7,8	6,4	5,5	2,7	2597,5	7,10
TOPLAM	26,2	30,4	41,5	52,3	62,2	75,7	80,4	80,5	64,2	44,8	30,3	20,4	18229,4	50,54
AYLIK ORTALAMA	3,7	4,3	5,9	7,5	8,9	10,8	11,5	11,5	9,2	6,4	4,3	3,4	2604,2	

Yıllık ortalama günlük güneşlenme süresi değeri = 7,2

ÇORUM İLİNE AİT GÜNLÜK GÜNEŞ ENERJİSİ DEĞERLERİ

AYLIK ORTALAMA GÜNLÜK GÜNEŞ ENERJİSİ DEĞERLERİ (MJ/m ² -gün)														
AY	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	TOPLAM	YILLIK ORTALAMA
YIL														
1990	6,9	8,7	15,8	16,4	20,3	23,7	24,4	22,9	17,9	12,8	7,8	6,1	4892,9	14,65
1991	5,9	7,3	12,3	16,2	20,9	23,1	24,8	23,2	17,6	11,1	6,7	4,4	5293,0	14,50
1992	5,7	8,9	12,3	18,1	21,0	21,9	22,7	22,9	17,1	11,7	7,2	3,9	5293,3	14,46
1993	5,8	7,6	13,7	16,3	18,9	23,3	24,8	21,9	18,1	13,5	6,5	5,7	5372,1	14,72
1994	6,5	8,1	12,0	19,3	20,4	25,7	25,4	22,0	18,9	11,9	6,9	4,1	5522,1	15,13
1995	5,8	10,4	13,2	16,6	21,7	24,2	22,3	23,1	17,7	12,1	6,9	4,9	5449,3	14,93
1996	5,5	9,7	10,1	16,7	22,6	23,9	25,3	22,9	17,3	11,2	8,6	4,9	5444,1	14,87
TOPLAM	42,1	60,7	89,4	119,6	145,8	165,8	169,7	158,9	124,6	84,3	50,6	34,0	37266,8	103,26
AYLIK ORTALAMA	6,0	8,7	12,8	17,1	20,8	23,7	24,2	22,7	17,8	12,0	7,2	5,7	5323,8	

Yıllık ortalama günlük güneş ışıması değeri = 14,8

ÇORUM İLİNE AİT GÜNLÜK GÜNEŞLENME SÜRESİ DEĞERLERİ

AYLIK ORTALAMA GÜNLÜK GÜNEŞLENME SÜRESİ DEĞERLERİ (saat/gün)														
AY	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	TOPLAM	YILLIK ORTALAMA
YIL														
1990	3,7	3,7	7,6	5,5	7,2	9,0	9,9	10,2	8,5	6,9	4,3	3,5	2125,4	6,36
1991	2,5	2,2	4,5	5,4	7,4	8,5	10,4	10,4	8,2	5,2	3,1	1,4	2113,4	5,79
1992	2,3	3,6	4,3	6,8	7,5	7,5	8,5	10,3	7,8	5,8	3,6	0,8	2099,9	5,74
1993	2,4	2,6	5,5	5,5	5,9	8,8	10,3	9,4	8,6	7,6	2,7	3,0	2207,9	6,05
1994	3,2	3,0	4,2	7,8	7,7	10,7	10,8	9,4	9,4	6,0	3,2	1,0	2328,3	6,38
1995	2,5	5,4	5,3	5,6	8,1	9,3	8,2	10,3	8,2	6,2	3,2	2,0	2260,8	6,19
1996	2,0	4,6	2,6	5,8	8,6	9,4	10,8	10,2	7,9	5,3	5,3	1,9	2264,2	6,19
TOPLAM	18,6	25,1	34,0	42,4	52,4	63,2	68,9	70,2	58,6	43,0	25,4	13,6	15399,9	42,70
AYLIK ORTALAMA	2,7	3,6	4,9	6,1	7,5	9,0	9,8	10,0	8,4	6,1	3,6	2,3	2200,0	

Yıllık ortalama günlük güneşlenme süresi değeri = 6,1

İZMİR İLİNE AİT GÜNLÜK GÜNEŞ ENERJİSİ DEĞERLERİ

AYLIK ORTALAMA GÜNLÜK GÜNEŞ ENERJİSİ DEĞERLERİ (MJ/m ² -gün)														
AY	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	TOPLAM	YILLIK ORTALAMA
YIL														
1990	8,8	11,6	17,8	19,3	24,2	26,1	26,6	26,7	19,3	14,0	9,5	7,0	5601,2	16,77
1991	8,4	10,5	15,1	14,8	19,0	26,5	26	23,4	19,1	13,0	9,9	6,9	5868,8	16,08
1992	9,2	11,3	14,2	19,7	22,7	24,9	25,6	23,3	19,6	13,8	9,4	7,7	6147,2	16,80
1993	9,0	10,3	16,4	19,3	22,9	26,5	26,3	23,7	19,3	14,4	9,2	7,0	6228,1	17,06
1994	7,9	10,5	16,2	20	24,5	26,2	26,1	23,9	19,6	13,1	9,3	7,2	6232,9	17,08
1995	7,6	11,8	15,5	20,6	24,0	26,6	25,9	23,7	19,0	14,5	9,2	7,0	6256,6	17,14
1996	7,4	9,9	14,7	20,8	23,8	27,0	26,3	23,6	18,3	13,6	9,9	6,6	6153,2	16,81
TOPLAM	58,3	75,9	109,9	134,5	161,1	183,8	182,8	168,3	134,2	96,4	66,4	49,4	42488,0	117,74
AYLIK ORTALAMA	8,3	10,8	15,7	19,2	23,0	26,3	26,1	24,0	19,2	13,8	9,5	8,2	6069,7	

Yıllık ortalama günlük güneş ışınımı değeri = 16,8

İZMİR İLİNE AİT GÜNLÜK GÜNEŞLENME SÜRESİ DEĞERLERİ

AYLIK ORTALAMA GÜNLÜK GÜNEŞLENME SÜRESİ DEĞERLERİ (saat/gün)														
AY	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	TOPLAM	YILLIK ORTALAMA
YIL														
1990	5,2	6,0	9,6	7,4	10,4	12,4	13,2	11,9	10,0	8,0	5,2	3,3	2758,7	8,26
1991	4,6	4,3	6,1	3,6	5,3	12,1	12,1	11,1	9,3	6,3	5,7	3,3	2554,2	7,00
1992	5,4	5,4	5,1	7,6	8,6	9,8	11,3	10,9	10,5	7,4	5,4	4,6	2807,9	7,67
1993	5,6	5,2	7,5	7,4	8,8	11,9	12,5	11,4	10,0	8,0	5,0	3,6	2954,0	8,09
1994	3,7	4,5	7,7	8,2	10,6	11,5	12,0	12,0	10,3	6,6	5,2	3,9	2933,5	8,04
1995	3,3	6,2	6,6	8,8	10,0	12,0	11,7	11,7	9,6	8,6	5,0	3,6	2956,1	8,10
1996	3,3	3,9	5,4	8,8	9,6	12,7	12,5	11,5	8,8	7,2	5,9	3,0	2822,7	7,71
TOPLAM	31,1	35,5	48,0	51,8	63,3	82,4	85,3	80,5	68,5	52,1	37,4	25,3	19787,1	54,87
AYLIK ORTALAMA	4,4	5,1	6,9	7,4	9,0	11,8	12,2	11,5	9,8	7,4	5,3	4,2	2826,7	

Yıllık ortalama günlük güneşlenme süresi değeri = 7,8

KONYA İLİNE AİT GÜNLÜK GÜNEŞ ENERJİSİ DEĞERLERİ

AYLIK ORTALAMA GÜNLÜK GÜNEŞ ENERJİSİ DEĞERLERİ (MJ/m ² -gün)														
AY	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	TOPLAM	YILLIK ORTALAMA
YIL														
1990	8,4	10,6	17,5	19,2	21,9	25,4	26,3	24,8	20,0	14,8	9,6	7,6	5514,3	16,51
1991	7,5	10,0	14,9	18,7	22,1	25,8	25,5	23,8	19,8	13,8	9,3	6,6	6028,2	16,52
1992	7,8	10,8	14,8	20,6	22,4	23,8	24,9	24,2	20,1	14,6	9,6	6,8	6116,7	16,71
1993	7,8	10,7	16,3	19,9	20,8	25,7	26,8	24,4	20,9	15,5	9,4	7,5	6268,7	18,77
1994	8,4	10,9	15,6	20,3	24,2	26,9	25,7	24,2	20,4	13,8	9,2	7,1	6298,2	17,26
1995	7,9	12,6	16,4	19,2	23,6	24,8	25,3	24,1	19,6	15,2	9,3	8,1	6278,4	17,20
1996	8,1	10,9	14,4	19,1	23,6	27,0	26,5	23,3	19,1	13,8	11,0	7,0	6208,9	18,53
TOPLAM	55,9	76,5	109,9	137,0	158,6	179,4	181,0	168,8	139,9	101,5	67,4	50,7	42713,4	121,50
AYLIK ORTALAMA	8,0	10,9	15,7	19,6	22,7	25,6	25,9	24,1	20,0	14,5	9,6	8,5	6101,9	

Yıllık ortalama günlük güneş ışıması değeri = 17,4

KONYA İLİNE AİT GÜNLÜK GÜNEŞLENME SÜRESİ DEĞERLERİ

AYLIK ORTALAMA GÜNLÜK GÜNEŞLENME SÜRESİ DEĞERLERİ (saat/gün)														
AY	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	TOPLAM	YILLIK ORTALAMA
YIL														
1990	3,9	3,7	8,3	7,0	7,6	10,4	11,5	11,5	9,7	8,0	5,1	3,7	2402,6	7,19
1991	2,2	2,9	5,4	6,1	8,2	10,7	10,7	10,8	9,7	6,8	4,5	1,6	2427,9	6,65
1992	2,8	4,3	5,2	8,2	7,9	9,0	10,2	11,0	10,0	8,1	5,1	2,1	2560,0	6,99
1993	2,8	4,0	7,1	7,7	6,8	10,6	11,9	11,2	10,6	8,9	4,5	3,4	2729,1	8,17
1994	4,0	4,3	6,0	8,1	9,9	11,6	11,0	10,9	10,2	6,8	4,2	2,8	2736,8	7,50
1995	3,0	6,4	7,4	7,0	9,3	10,0	10,7	10,9	9,4	8,3	4,7	3,5	2758,3	7,56
1996	3,2	4,2	4,6	6,6	9,4	11,7	11,6	10,4	9,2	6,8	7,2	2,7	2668,3	7,97
TOPLAM	21,9	29,8	44,0	50,7	59,1	74,0	77,6	76,7	68,8	53,7	35,3	19,8	18283,0	52,03
AYLIK ORTALAMA	3,1	4,3	6,3	7,2	8,4	10,6	11,1	11,0	9,8	7,7	5,0	3,3	2611,9	

Yıllık ortalama günlük güneşlenme süresi değeri = 7,4

MARDİN İLİNE AİT GÜNLÜK GÜNEŞ ENERJİSİ DEĞERLERİ

AYLIK ORTALAMA GÜNLÜK GÜNEŞ ENERJİSİ DEĞERLERİ (MJ/m ² -gün)														
AY	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	TOPLAM	YILLIK ORTALAMA
YIL														
1990	10,7	13,1	19,6	22,5	27,4	30,0	29,3	26,8	22,4	16,4	11,9	10,2	6492,4	19,44
1991	10,7	13,5	17,2	22,6	27,3	29,5	29,0	26,4	22,4	15,9	11,5	8,7	7149,2	19,59
1992	10,1	12,4	18,8	24,0	26,3	29,1	29,5	26,6	21,8	16,8	11,1	9,1	7192,8	19,65
1993	10,2	12,4	18,7	21,9	25,1	30,0	29,3	26,6	22,3	16,6	11,0	9,2	7109,9	19,48
1994	10,4	13,5	18,0	23,9	27,1	30,1	29,5	26,8	21,6	16,2	10,6	9,0	7211,0	19,76
1995	10,0	12,9	18,3	23,2	27,5	29,6	29,5	26,8	22,2	16,5	11,6	10,2	7262,0	19,90
1996	9,4	14,5	16,7	23,7	28,0	30,2	29,0	26,7	21,8	16,0	12,3	9,0	7224,8	19,74
TOPLAM	71,5	92,3	127,3	161,8	188,7	208,5	205,1	186,7	154,5	114,4	80,0	65,4	49642,1	137,55
AYLIK ORTALAMA	10,2	13,2	18,2	23,1	27,0	29,8	29,3	26,7	22,1	16,3	11,4	10,9	7091,7	

Yıllık ortalama günlük güneş ışıması değeri = 19,6

MARDİN İLİNE AİT GÜNLÜK GÜNEŞLENME SÜRESİ DEĞERLERİ

AYLIK ORTALAMA GÜNLÜK GÜNEŞLENME SÜRESİ DEĞERLERİ (saat/gün)														
AY	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	TOPLAM	YILLIK ORTALAMA
YIL														
1990	5,5	4,6	8,2	6,8	10,5	12,8	12,6	12,2	11,0	7,8	6,4	5,9	2804,3	8,40
1991	5,5	5,2	5,0	7,0	10,1	11,8	11,9	11,1	11,0	6,8	5,4	2,9	2853,9	7,82
1992	4,2	3,3	6,9	8,8	8,6	11,2	13,2	12,0	9,8	8,9	4,9	3,6	2916,1	7,97
1993	4,3	4,4	6,9	6,0	7,2	12,8	12,8	11,7	10,8	8,3	4,5	4,0	2857,4	7,83
1994	4,8	5,2	6,1	8,9	9,5	13,1	13,0	12,3	9,4	7,6	3,9	3,4	2962,3	8,12
1995	3,8	5,4	6,6	7,7	10,4	12,2	13,2	12,3	10,6	8,5	5,8	5,9	3121,9	8,55
1996	2,8	6,2	3,8	8,3	11,2	13,4	12,3	12,2	10,1	7,5	7,2	3,8	3005,2	8,21
TOPLAM	30,9	34,3	43,5	53,5	67,5	87,3	89,0	83,8	72,7	55,4	38,1	29,5	20521,1	56,89
AYLIK ORTALAMA	4,4	4,9	6,2	7,6	9,6	12,5	12,7	12,0	10,4	7,9	5,4	4,9	2931,6	

Yıllık ortalama günlük güneşlenme süresi değeri = 8,1

VAN İLİNE AİT GÜNLÜK GÜNEŞ ENERJİSİ DEĞERLERİ

AYLIK ORTALAMA GÜNLÜK GÜNEŞ ENERJİSİ DEĞERLERİ (MJ/m ² -gün)														
AY	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	TOPLAM	YILLIK ORTALAMA
YIL														
1990	7,8	11,4	15,9	19,3	23,6	26,1	26,1	24,0	19,8	13,6	10,1	8,0	5523,2	16,54
1991	9,3	10,7	13,4	20,2	23,6	26,5	26,0	23,5	19,8	13,8	9,8	7,4	6215,6	17,03
1992	8,9	10,7	16,4	20,4	21,9	24,3	26,4	23,7	18,9	14,4	9,9	7,5	6210,5	16,97
1993	8,9	10,8	16,3	18,4	23,1	26,4	26,0	23,5	19,9	14,5	8,6	7,4	6212,1	17,02
1994	8,9	11,6	14,1	20,3	23,7	26,0	26,5	24,0	19,5	13,7	8,7	7,0	6214,7	17,03
1995	8,9	12,0	16,1	19,6	23,7	25,9	26,3	23,9	19,3	14,6	10,3	8,3	6364,8	17,44
1996	8,4	11,9	14,9	20,3	23,8	26,8	25,7	23,8	19,3	13,7	10,5	7,5	6292,0	17,19
TOPLAM	61,1	79,1	107,1	138,5	163,4	182,0	183,0	166,4	136,5	98,3	67,9	45,6	42800,4	119,22
AYLIK ORTALAMA	8,7	11,3	15,3	19,8	23,3	26,0	26,1	23,8	19,5	14,0	9,7	7,6	6114,3	

Yıllık ortalama günlük güneş ışınımı değeri = 17,0

VAN İLİNE AİT GÜNLÜK GÜNEŞLENME SÜRESİ DEĞERLERİ

AYLIK ORTALAMA GÜNLÜK GÜNEŞLENME SÜRESİ DEĞERLERİ (saat/gün)														
AY	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	TOPLAM	YILLIK ORTALAMA
YIL														
1990	3,4	5,3	7,1	7,0	9,6	11,8	12,2	12,2	10,8	7,4	6,6	5,5	2635,6	7,89
1991	6,1	5,3	4,5	8,3	9,8	12,1	12,0	11,2	11,0	7,4	6,0	4,1	2978,5	8,16
1992	5,2	4,8	7,6	8,2	7,6	9,3	12,8	11,8	9,7	8,8	6,2	4,3	2942,3	8,04
1993	5,2	5,0	7,6	6,3	8,0	12,2	12,1	11,5	11,1	9,0	4,3	4,3	2945,7	8,07
1994	5,7	5,9	5,2	8,8	9,6	11,7	13,0	12,5	10,4	7,7	4,3	3,7	3000,6	8,22
1995	5,4	6,5	7,3	7,6	9,6	11,5	12,6	12,0	10,2	8,8	7,0	5,6	3171,3	8,69
1996	4,6	6,2	5,9	8,2	9,6	12,6	11,8	12,2	10,4	7,8	7,5	4,0	2076,8	8,41
TOPLAM	35,6	39,0	45,2	54,4	64,1	81,2	86,5	83,4	73,6	56,9	41,9	27,5	20626,8	57,48
AYLIK ORTALAMA	5,1	5,6	6,5	7,8	9,2	11,6	12,4	11,9	10,5	8,1	6,0	4,6	2946,7	

Yıllık ortalama günlük güneşlenme süresi değeri = 8,2

EK 2

SİSTEMDE KULLANILAN KLİMA TEKNİK ÖZELLİKLERİ

DXK Serisi			DXK 09 Z2-S	DXK 12 Z2-S	DXK 18 Z2-S
Güç Kaynağı			220 V-1faz- 50 Hz	220 V-1faz- 50 Hz	220 V-1faz- 50 Hz
Soğutma Kapasitesi	ISO-T1(JIS)	kW	2,5(0,5-3)	3,5(0,5-3,9)	5,0(0,6-5,3)
	ISO-T1(JIS)	Btu/h	8530(1706-10236)	11940(1706-13306)	17060(2047-18083)
Isıtma Kapasitesi	ISO-T1(JIS)	kW	3,4(0,5-4,8)	4,2(0,5-5,1)	5,8(0,6-7,9)
	ISO-T1(JIS)	Btu/h	11600(1706-16380)	14330(1706-17401)	19790(2047-26950)
Sarıfiyat	Soğutma	kW	0,62(0,1-0,97)	1,05(0,1-1,22)	1,66(0,12-2,1)
	Isıtma	kW	0,93(0,09-1,3)	1,14(0,09-1,32)	1,7(0,11-2,71)
Enerji sınıfı	Soğutma		A	A	B
	Isıtma		A	A	B
EER (Soğutmada)			4.03	3.33	3.01
COP (Isıtmada)			3.66	3.68	3.41
Çalışma akımı	Soğutma	A	3.1	4.9	7.6
	Isıtma	A	4.5	5.3	7.9
Ses seviyesi (Hi-Me-Lo)	Soğutma (iç/dış)	dB(A)	36-30-22/44	40-32-23/48	47-42-26/48
	Isıtma (iç/dış)	dB(A)	36-33-26/47	41-36-27/50	48-40-34/50
Boyutlar (iç)	(YXGX D)	mm	268X790X199	268x790x199	268x790x199
Boyutlar (dış)	(YXGX D)	mm	540X780X290	540x780x290	640X850X290
Net ağırlık (iç/dış)		kg	8,5/35	8,5/38	8,5/43
Bağlantı boru çapı	Likit hattı	mm(inch)	6,35 (1/4")	6,35 (1/4")	6,35 (1/4")
	Gaz hattı	mm(inch)	9,52 (3/8")	9,52 (3/8")	12,7 (1/2")
Bağlantı şekli			Havşalı	Havşalı	Havşalı
Soğutucu akışkan			R410A	R410A	R410A
Filtre	Doğal enzim filtresi	adet	2	2	2
Maksimum yatay borulama mesafesi		m	15	15	25
Maksimum kot farkı	Dış ünite yukarıda	m	10	10	15
	İç ünite yukarıda	m	10	10	15

SİSTEMDE KULLANILAN İNVERTÖR TEKNİK ÖZELLİKLERİ

Specifications

Specification	Model					
Item	YK- PSW12150	YK- PSW24150	YK- PSW48150	YK- PSW12150E	YK- PSW24150E	YK- PSW48150E
Continuous Output Power	1500W					
Maximum Output Power (3mins)	1650W					
Surge Rating	3000W					
Input Voltage	12V	24V	48V	12V	24V	48V
Input Voltage Range	10-16 VDC	20-32 VDC	42-62 VDC	10-16 VDC	20-32 VDC	42-62 VDC
Output Voltage	100 /110 /115 /120V +/- 2%			200 / 220 / 230 / 240V +/- 2%		
Frequency (Switch Selectable)	50/60Hz +/- 0.05%					
Peak Output Current	25A			11A		
Efficiency (full load)	86%	88%	89%	87%	90%	92%
No Load Current Draw	1.2A	0.55A	0.3A	1.6A	0.7A	0.36A
Stand by Current Draw	≤ 1.5W Power Saving Mode					
Output Waveform	Pure Sine Wave <3% THD (R Load)					
Output Voltage adjustment	100 ~120V (Tune VR)			200 ~ 240V (Tune VR)		
Protection	Overload, Short Circuit, Reverse Polarity (Fuse), Over/Under Input Voltage, Over Temperature.					
Digital Display	OVP 、 UVP 、 OTP 、 OLP 、 VAC 、 AMP 、 WATT 、 VDC 、 TEMP 、 Hz					
Safety	Meet EN60950-1					
EMC	FCC Class B	EN55022: A2:2003 (class B) EN55024: 2003 EN61000-3-2: 2000 EN61000-3-3: 1995/A1:2001 IEC 61000-4-2:A2:2003 IEC61000-4-3:2002/A1:2002 IEC61000-4-4:2004 IEC61000-4-6:A1:2004 IEC61000-4-8:A1:2000			E-Mark E9-10R-02,6033	
Power Saving Recovery Time	3 Minutes					
Interface Control Port	RS-232C With Baud Rate 2400, 4800,9600,19200 (Switch Selectable)					
Remote Control Unit	Optional (RF Remote Control) or (wire Control)					
Operating Temperature Range	-30°C to 60°C					
Storage Temperature Range	-30°C to 70°C					
Dimensions	413(L) ×278(W) ×102(H) mm					
Cooling	Thermostatically controlled cooling fan					
Weight	7.2kgs					

SİSTEMDE KULLANILAN BATARYA TEKNİK ÖZELLİKLERİ



BPL210-12

The battery is constructed by plates, separators, safety valves, flame arrestor and container. Since the electrolyte is held by a glass-mat separator and plates, the battery can be used in any direction and position without leakage.

PERFORMANCE SPECIFICATIONS

Nominal Voltage(V).....	12 volts(6cells in series)
Nominal Capacity(AH)	
20 Hour rate F.V.(1.75V/cell) (10.50A to 10.50volts)	210.0A.H.
10 Hour rate F.V.(1.75V/cell) (19.95A to 10.50volts)	199.5A.H.
5 Hour rate F.V.(1.75V/cell) (35.70A to 10.50volts)	178.5A.H.
1 Hour rate F.V.(1.55V/cell) (126.0A to 9.30volts)	126.0A.H.
Approximate Weight.....	73.2kg(161.4lbs)
Terminal	
Standard.....	Type B9
Optional.....	Type I3
Internal Resistance (Fully Charged Battery).....	<2.5m Ω
Maximum Discharge Current For 5 sec.(A).....	2100A
Maximum Charge Current(A).....	63A
Ambient Temperature	
Charge.....	0°C(32°F)~40°C(104°F)
Discharge.....	-20°C(-4°F)~50°C(122°F)
Storage.....	-20°C(-4°F)~40°C(104°F)
Case.....	ABS
Dimension(mm/inch)	
Length ±2mm.....	522/20.55
Width ±2mm.....	240/9.45
Container Height ±2mm.....	216/8.50
Total Height ±2mm.....	240/9.45
Application.....	UPS, Telecom.

SİSTEMDE KULLANILAN ŞARJ DENETLEYİCİ TEKNİK ÖZELLİKLERİ

150 Amps.Orjin Solar Charge Controller



For Home systems.
Completely encapsulated
Available in 150 amp versions



Available in , 12 volt

Load Current	Amp.	150
Load current max (60 sec)	Amp	165
Max. Pv Panel Volt	Volt	22
Used current for working	Amp	0.010
High set point (Charge Termination)	Volt	14.3 \pm 0.2
Reconnect point (Charge Resumption)	Volt	13.2 \pm 0.3

SİSTEMDE KULLANILAN PV PANEL TEKNİK ÖZELLİKLERİ

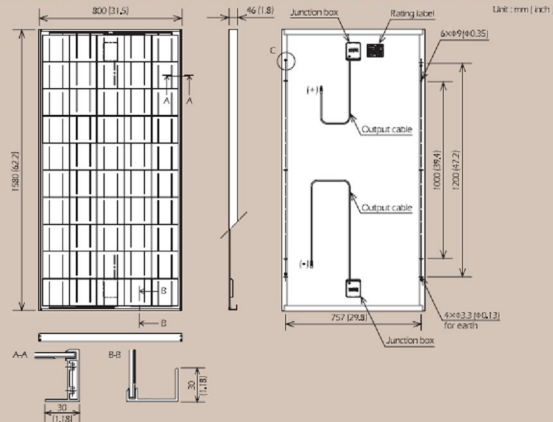
PV-MF170EB3_{170Wp}

SPECIFICATIONS

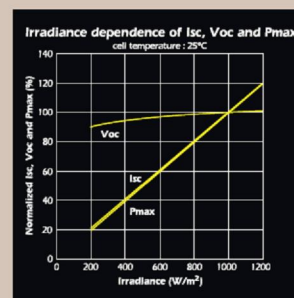
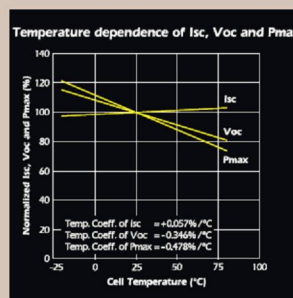
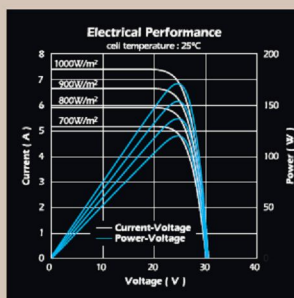
Model name	PV-MF170EB3
Cell type	Polycrystalline silicon 150mm square
No. of cells	50 in series
Maximum power rating*1 [Pmax]	170W
Warranted minimum Pmax*1	161.5
PTC Rating*2[W]	152.5W
Open circuit voltage [Voc]	30.6V
Short circuit current [Isc]	7.38A
Maximum power voltage [Vmp]	24.6V
Maximum power current [Imp]	6.93A
Maximum system voltage	DC 780V
Fuse rating	15A
Output terminal	Cable with MC connector
Dimensions	1580x800x46mm (62.2x31.5x1.8")
Weight	15.5kg (34.2lb)
Module efficiency	13.5%
Packing condition	2pcs-1 carton

*1 (STC) Standard Test Conditions
25°C, AM1.5, 1000W/m²
*2 (PTC) Pacific Test Conditions
20°C, AM1.5, 1000W/m², 1m/s wind speed
Specifications are subject to change
without notice.

DRAWINGS AND DIMENSIONS



ELECTRICAL CHARACTERISTICS



MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION
 HEAD OFFICE: MITSUBISHI DENKI BLDG., 2-2-3, MARUNOUCHI, CHIYODA-KU, TOKYO 100-8310, JAPAN
<http://Global.MitsubishiElectric.com/solar>

EK 3

SİSTEM TASARIM PROGRAMI

```
#include <conio.h>
#include <stdio.h>
#include <math.h>
void main(void)
{
char Mevsim,Battip,Modmal,tus;
int Vyuk,Kgun,Khafta,Vnomsis,Ksecbat,Vnombat;
int Sdepguny,Sparbaty,Sserbaty,Sparmody,Ssermody,Stopbat;
float Iyuk,Pyuk,Pah,Itepe,Pahduz,Denlem,Aeg,Etepegun,Itas,Tmin,Sdepgun;
float Dmakde,Kgerbat,Sparbat,Sserbat,Ksisbat,Kuybat,Verimmod,Inomtas;
float Imod,Vger,Vmod,Ssermod,Sparmod,Stopmod,Inomdiz,Isc,Iscdiz,Vnomdiz;
float Vocdiz,Voc,Iminden,Pinvertor;

printf ("\n\n-----SISTEM TASARIM PROGRAMI-----\n\n\n");
printf ("Bu program ile yükünüzü besleyecek fotovoltaik\n");
printf ("sistem elemanlarinin degerlerini hesaplayabilirsiniz.\n\n");
printf ("Sistemin besleyeci yükün akim degerini giriniz          :");
scanf ("%f",&Iyuk);
printf ("\nYükün gerilim degerini giriniz          :");
scanf ("%d",&Vyuk);

Pyuk=Vyuk*Iyuk;

printf ("\nYükün günlük kullanım saat sayisini giriniz (saat/gün)          :");
scanf ("%d",&Kgun);
printf ("\nYükün haftalik kullanım gün sayisini giriniz (gün/hafta)          :");
scanf ("%d",&Khafta);
printf ("\nSistemin nominal gerilimini, yükünüz, <1500W ise 12,\n");
printf ("1500-5000W arasi ise 24-48 arasi bir deger,\n");
printf (">5000W ise 48-100 arasi bir deger olarak giriniz          :");
scanf ("%d",&Vnomsis);

Pah=Pyuk*Kgun*Khafta/7/0.85/Vnomsis;
Itepe=Pyuk/Vnomsis;
Pahduz=Pah/0.98/0.90;

printf("\nBulundugunuz yerin enlem degerini giriniz          :");
scanf("%f",&Denlem);

printf ("\nSistem yazin kullanılacaksa Y, kisin kullanılacaksa K,\n");
printf ("yil boyunca kullanılacaksa D yaziniz          :");
scanf ("%s",&Mevsim);
if (Mevsim == 'Y') Aeg=Denlem-15;
if (Mevsim == 'K') Aeg=Denlem+15;
if (Mevsim == 'D') Aeg=Denlem;
```

```
printf ("\nSistemin kurulacagi yerin kWh/metreka.re.gün cinsinden\n");
printf ("ortalama günlük günes enerjisi degerini giriniz          :");
scanf ("%f",&Etepegun);
```

```
Itas=Pahduz/Etepegun;
```

```
printf ("\nBataryalarin depolama gün sayisini hesaplamak icin\n");
printf ("sistemin kurulacagi bolgenin saat/gün cinsinden\n");
printf ("en düşük güneslenme süresi degerini giriniz          :");
scanf ("%f",&Tmin);
Sdepgun=-0.48*Tmin+4.58;
```

```
printf ("\nSectiginiz batarya kursun asit dip devirli ise K,\n");
printf ("kursun asit sig devir ise S, nikel kadmiyum ise N yaziniz  :");
scanf ("%s",&Battip);
if (Battip=='K') Dmakde=0.75;
if (Battip=='S') Dmakde=0.25;
if (Battip=='N') Dmakde=0.90;
```

```
Kgerbat=Pahduz*Sdepgun/Dmakde/0.90;
```

```
printf ("\nSectiginiz bataryanın kapasite degerini giriniz      :");
scanf ("%d",&Ksecbat);
printf ("\nSectiginiz bataryanın nominal gerilim degerini giriniz  :");
scanf ("%d",&Vnombat);
```

```
Sparbat=Kgerbat/Ksecbat;
Sserbat=Vnomsis/Vnombat;
Ksisbat=Sparbat*Ksecbat;
Kuybat=Ksisbat*Dmakde;
```

```
printf ("\nKullanacaginiz pv modul malzemesi\n");
printf ("kristal silikon ise S, amorf silikon ise A yaziniz        :");
scanf ("%s",&Modmal);
if (Modmal=='S') Verimmod=0.9;
if (Modmal=='A') Verimmod=0.7;
```

```
Inomtas=Itas/Verimmod;
```

```
printf ("\nModül akimini giriniz                                  :");
scanf ("%f",&Imod);
```

```
Sparmod=Inomtas/Imod;
Vger=1.2*Vnombat*Sserbat;
```

```
printf ("\nModül gerilimini giriniz                               :");
scanf ("%f",&Vmod);
Ssermod=Vger/Vmod;
```

```

Stopmod=Ssermod*Sparmod;
Inomdiz=Sparmod*Imod;

printf ("\nModül kısa devre akimini giriniz                :");
scanf ("%f",&Isc);
Iscdiz=Sparmod*Isc;
Vnomdiz=Ssermod*Vmod;

printf ("\nModülün acik devre gerilimini giriniz          :");
scanf ("%f",&Voc);
Vocdiz=Ssermod*Voc;
Iminden=1.25*Iscdiz;
Pinvertor=Pyuk*1.1;

Sdepguny=ceil(Sdepgun);
Sparbaty=ceil(Sparbat);
Sserbaty=ceil(Sserbat);
Sparmody=ceil(Sparmod);
Ssermody=ceil(Ssermod);
Stopbat=Sserbaty*Sparbaty;
clrscr ();

printf ("\n\n-----ACIKLAMALAR-----\n\n");
printf ("1. DA-AA donüsüm için güc donüsüm verimi 0,85,\n");
printf ("\n2. Düzeltimis Ah yük miktarı hesabı için,\n");
printf ("kablo verimi 0,98 ve batarya verimi 0,90,\n");
printf ("\n3. Batarya ortam sıcaklık katsayısı 0,90,\n");
printf ("\n4. Invertor verimi 0,90 olarak alınmıştır.\n\n");

getch ();
clrscr ();

printf ("\n\n-----SISTEME AIT ELDE EDILEN SONUCLAR-----\n\n");
printf ("Yükün güc miktarı                : %6.1f W\n",Pyuk);
printf ("\nYükün günlük kullanım saati          : %d saat\n",Kgun);
printf ("\nYükün haftalık kullanım gün sayısı     : %d gün\n",Khafta);
printf ("\nYükün Ah cinsinden yük miktarı        : %6.1f Ah\n",Pah);
printf ("\nTepe akım değeri                      :%6.1f A\n",Itepe);
printf ("\nDüzeltimis Ah cinsinden yük miktarı    :%6.1f Ah\n",Pahduz);
printf ("\nYerlestirilen pv panelin egim acisi    :%6.1f derece\n",Aeg);
printf ("\nSistemin tasarim akimi                 :%6.1f A\n",Itas);

getch ();
clrscr ();

printf ("\nBataryaların depolama gün sayısı      : %d gün\n",Sdepguny);
printf ("\nSistem için gerekli batarya kapasitesi :%6.1f Ah\n",Kgerbat);

```

```

printf ("\nSistem icin secilen batarya kapasitesi      : %d Ah\n",Ksecbat);
printf ("\nSecilen bataryanın nominal gerilim degeri    : %d V\n",Vnombat);
printf ("\nParalel bagli batarya sayisi                  : %d adet\n",Sparbaty);
printf ("\nSeri bagli batarya sayisi                      : %d adet\n",Sserbaty);
printf ("\nToplam batarya sayisi                          : %d adet\n",Stopbat);
printf ("\nSistemin batarya kapasitesi                    :%6.1f Ah\n",Ksisbat);
printf ("\nSistem icin uygun batarya kapasitesi           :%6.1f Ah\n",Kuybat);

getch ();
clrscr ();

printf ("\nNominal sistem tasarim akimi                  :%6.1f A\n",Inomtas);
printf ("\nSistemde kullanılan pv modül akim degeri      :%6.1f A\n",Imod);
printf ("\nSistemde kullanılan pv modül gerilim degeri     :%6.1f V\n",Vmod);
printf ("\nNominal pv dizi akimi                             :%6.1f A\n",Inomdiz);
printf ("\nNominal pv dizi gerilimi                          :%6.1f V\n",Vnomdiz);
printf ("\nPV modül kısa devre akimi                         :%6.1f A\n",Isc);
printf ("\nPV dizi kısa devre akimi                          :%6.1f A\n",Iscdiz);
printf ("\nPV modül acik devre gerilimi                      :%6.1f V\n",Voc);
printf ("\nPV dizi acik devre gerilimi                       :%6.1f V\n",Vocdiz);
printf ("\nSistem icin gerekli gerilim                       :%6.1f V\n",Vger);
printf ("\nSistemdeki paralel bagli pv modül sayisi          : %d adet\n",Sparmody);
printf ("\nSistemdeki seri bagli pv modül sayisi             : %d adet\n",Ssermody);
printf ("\nSistemdeki toplam pv modül sayisi                 :%6.1f adet\n",Stopmod);
printf ("\nSistemin minimum sarj denetleyici akimi          :%6.1f A\n",Iminden);
printf ("\nSistem icin gerekli minimum invertor gücü        : %6.1f W\n",Pinvertor);
printf ("\n\n\n-----Cikmak icin enter tusuna basiniz!-----");
scanf ("%c",&tus);
getch();
}

```

ÖZGEÇMİŞ

Ad› Soya › Cemil DUMAN

Doğum Yeri Isparta

Doğum Tarihi 26.07.1980

Medeni Hali Bekâr

Yabancı Dili İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise Isparta Anadolu Meslek Lisesi 1998

Lisans F rat Üniversitesi 2003

Yüksek Lisans

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl aralığı

Muş Anadolu Teknik 2005 – Halen devam ediyor

Lisesi

Diğer konular

Kitap okumak, seyahat etmek, müzik dinlemek, kültürel etkinliklerde bulunmak ilgi alanlarımdır.