

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GÜNEŞ ENERJİ KAYNAĞINDAN ELEKTRİK
ENERJİSİ ÜRETİMİ

Nimet ÇITANAK

Yüksek Lisans Tezi
Elektrik Eğitimi Anabilim Dalı
Danışman: Yrd. Doç. Dr. Çetin GENCER

MART-2014

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GÜNEŞ ENERJİ KAYNAĞINDAN ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİMİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Nimet ÇITANAK

DANIŞMAN
Yrd. Doç. Dr. Çetin GENCER

MART-2014

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GÜNEŞ ENERJİ KAYNAĞINDAN ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİMİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Nimet ÇİTANAK

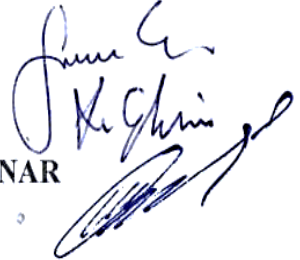
Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 11.03.2014

Tezin Savunulduğu Tarih: 21.03.2014

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Çetin GENCER

Diğer Jüri Üyeleri: Doç. Dr. Sami EKİCİ

Yrd. Doç. Dr. Mehmet GEDİKPINAR



TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın her safhasında bana yol gösteren ve yakın ilgisi ile büyük destek sağlayan saygıdeğer danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Çetin GENCER'e değerli fikir ve yardımlarından yararlandığım Sayın Prof. Dr. Hüseyin ALTUN' a, ve tez çalışmalarına sınırsız destek veren aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Nimet ÇİTANAK
ELAZIĞ 2014

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET	VI
SUMMARY	VII
ŞEKİLLER LİSTESİ	VIII
TABLolar LİSTESİ	IX
SEMBOLLER LİSTESİ.....	X
KISALTMALAR.....	XI
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Güneş Enerjisi	3
1.2. Güneşin Kullanım Alanları.....	4
1.3. Elektrik Üretiminde Güneş Enerjisi ve Tarihi	6
2. GÜNEŞ ENERJİSİNDEN ELEKTRİK ÜRETİMİ	8
2.1. Güneşin yapısı.....	9
2.2. Güneş Termal Güç Santrallerinin Tasarım İlkeleri	11
2.3. Güneş Enerjisinden Yararlanma Alanları.....	12
2.3.1. Dünyaya Ulaşan Güneş Enerjisi	12
2.3.2. Dünya Üzerine Gelen Güneş Işınlarnını Dalga Boyları.....	13
2.4. Güneş Enerjisi Teknolojileri Ve Uygulamaları	14
2.4.1. Pasif Sistemler.....	15
2.4.2. Aktif Güneş Kolektör Sistemleri.....	15
3. GÜNEŞ PİLİ (FOTOVOLTAİK) SİSTEMLERİ	17
3.1. Güneş Pillerinin Çalışma İlkeleri	19
3.1.1. Fotovoltaik Pilin P-N Birleşimi	20
3.1.2. Foton.....	22

3.2.	Fotovoltaik Sistemin Blok Diyagramı ve Görünümü	23
3.3.	Kristal Silisyum.....	24
3.4.	Galyum Arsenit (GaAs).....	25
3.5.	Amorf Silisyum.....	25
3.6.	Kadmiyum Tellürid (CdTe).....	25
3.7.	Bakır İndiyum Diselenid (CuInSe ₂)	26
3.8.	Optik Yoğunlaştırıcı Hücresel	26
4.	GÜNEŞ PİLLERİNİN YAPISI.....	27
4.1.	Bir fotovoltaik modülün katmanları.....	30
4.2.	Güneş pili modülleri.....	30
4.2.1.	Monokristalin	30
4.2.2.	Polikristalin	31
4.2.3.	CIS.....	31
4.3.	İnverter (Evirici).....	31
4.4.	Akümülatör (Pil Bankası)	33
5.	SİSTEM TASARIMI.....	34
5.1.	Panel Gruplarının Yerleşimi Ve Açılı Ayarları	37
5.2.	Güneş ışığı takip devresi.....	38
5.3.	Panel Gruplarının Bağlantı Şekilleri	40
5.3.1.	Panel Gruplarının Paralel Bağlanması	40
5.3.2.	Panel Gruplarının Seri Bağlanması	41
6.	GÜNEŞ ENERJİSİ İLE BİR EVİN ENERJİ İHTİYACININ KARŞILANMASI	42
7.	YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	45
7.1.	Malzemeler	46
7.1.1.	150 W Mono Kristal Güneş paneli (4 adet).....	46
7.1.2.	Evirici (12 Volt 1000 Watt Tam Sinüs İnverter).....	46

7.1.3.	Akü Grubu	47
7.1.4.	12-24V/30 AH Şarj Kontrol Cihazı	47
7.1.5.	Dijital ölçü aleti.....	48
8.	GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİNDE ÖRNEK MALİYET VE VERİM	
	HESABI	56
	SONUÇ	63
	KAYNAKLAR	66
	ÖZGEÇMİŞ.....	68

ÖZET

Günümüzde, artan enerji ihtiyacına paralel olarak çevre sorunlarının da büyümesi, yeni ve temiz enerji kaynaklarına yönelme gereğini gündeme getirmiştir. Gerek fosil kökenli enerji kaynaklarının rezervlerinin sınırlı oluşu, gerekse bunların çevre üzerindeki olumsuz etkileri, özellikle yirminci yüzyılın son çeyreğinde alternatif enerji kaynaklarına ilgiyi arttırmıştır. Başlıca alternatif enerji kaynakları, hidrolik enerji, jeotermal enerji, rüzgar enerjisi ve güneş enerjisidir. Elektrik üretiminde kullanılan enerji kaynakları arasında, nükleer enerji ve jeotermal enerji dışındaki diğer tüm kaynaklar güneş kökenlidir. Güneşten doğrudan elektrik enerjisi elde edilmesi, fotovoltaik güneş pilleri ile yapılmaktadır.

Güneş pili aydınlatma sistemleri, elektrik şebekesinin uzatılmasının mümkün olmadığı durumlarda ya da anlamlı olmadığı yerlerde özellikle küçük güçte enerji taleplerini karşılamak için kurulan ve şebekeden bağımsız sistemler olarak adlandırılan uygulamaların tipik örneğidir.

İlk yatırım maliyeti yüksek olmasına rağmen bu sistemler, işletme maliyetlerinin düşük olması nedeniyle kullanılma oranı günden güne artmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Fotovoltaik Piller, Yenilebilir Enerji Kaynakları, Evirici

SUMMARY

ELECTRICITY PRODUCTION FROM SOLAR ENERGY SOURCE

Todays, due to the increasing rate of energy consumption and the environmental problems, electric utilities go towards environment-friendly green energy sources. Since the reserves of the fossil sources are limited and these sources have adverse effects on the environment, alternative energy sources become important especially in the last quarter of 20th century. The main alternative energy sources are hydraulic energy, geothermal energy, wind energy and solar energy. All, but nuclear and geothermal, energy resources, which generate electricity, are originated from the sun. Electrical energy is directly obtained from the sun by means of photovoltaic solar cells.

The lighting systems by Solar Battery is the typical sample of the applications which is established to provide the small amount of energy demands and named as the independent from the central net, in case that the net of electricity is not possible to reach or doesn't require at all.

Although the first cost of investment is expensive, the rate of using these systems increases day by day due to their low expense of operation.

Key Words: Photovoltaic Cells, Renewable Energy Sources, Inverter

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1. PLC kontrollü güneş enerjisinden elektrik üretimi tasarımı	18
Şekil 3.2. Silikondan yapılmış bir güneş pili hücresi	19
Şekil 3.3. P-N Kavşağı ve N tipi	21
Şekil 3.4. P – N kavşağı ve set gerilimi	21
Şekil 3.5. Bir güneş hücresinin çalışma prensibi	22
Şekil 3.6. Fotovoltaik sistemin blok diyagramı	23
Şekil 3.7. Fotovoltaik sistemin görünümü	24
Şekil 3.8. Kristal Silisyum	24
Şekil 3.9. Galyum Arsenit	25
Şekil 3.10. Amorf Silisyum	25
Şekil 3.11. Kadmiyum Tellürid	26
Şekil 3.12. Bakır İndiyum Diselenid	26
Şekil 4.1. Güneş Pili Yapısı	27
Şekil 4.2. Tipik Bir Silisyum Güneş Pili Ön Yüzü	28
Şekil 4.3. Pillerden Modül ve Dizilerin Yapılması	28
Şekil 4.4. Pillerden Modül ve Dizilerin Yapılması	29
Şekil 5.1. Şebekeye enerji veren sistem tasarımı yapılması	35
Şekil 5.2. Küçük ölçekli sistem tasarımı yapılması	36
Şekil 5.3. Küçük ölçekli sistem tasarımı yapılması	37
Şekil 5.4. Kışın ve yazın yansıma açıları	38
Şekil 5.5. Güneş ışığı takip devresi	39
Şekil 5.6. Panel Gruplarının Paralel Bağlanması	40
Şekil 5.7. Panel Gruplarının Seri Bağlanması	41
Şekil 6.1. 5 kW'lık bir güç besleme sistemi	43
Şekil 7.1. Güneş Enerjisi İle Bir Evin Enerji İhtiyacının Karşılanması	49
Şekil 7.2. Inverter çıkış geriliminin zamana göre değişimi.	53
Şekil 7.3. Inverter çıkış akımının zamana göre değişimi.	53
Şekil 7.4. Inverter çıkış gücünün zamana göre değişimi.	54
Şekil 7.5. Paralel bağlı panellerin toplam gerilimin zamana göre değişimi.	54
Şekil 8.1. Türkiye üzerine gelen toplam güneş radyasyonu.	60
Şekil 8.2. Türkiye güneş enerjisi termik santral potansiyel.	61
Şekil 8.3. Türkiye üzerine gelen toplam güneş radyasyonu (Renkli)	62

TABLÖLER LİSTESİ

Tablo 4.1. Bir fotovoltaik modülün katmanları.....	30
Tablo 4.2. Modifiye sinüs ve tam sinüs inverterin teknik özellikleri	32
Tablo 4.3. Tanımlama	32
Tablo 6.1. 5 kW'lık sistemin özellikleri	42
Tablo 6.2. Bir evin ortalama günlük ve haftalık tüketim değerleri	44
Tablo 7.1. Sistem elemanlarının özellikleri	45
Tablo 7.2. 25/11/2013 tarihinden 25/12/2013 tarihleri arasında farklı günlerde ve sıcaklıklarda yapılan ölçümler.	50
Tablo 7.3. 25/12/2013 tarihinden 20/01/2014 tarihleri arasında farklı günlerde ve sıcaklıklarda yapılan ölçümler.	51
Tablo 7.4. 20/01/2014 tarihinden 10/02/2014 tarihleri arasında farklı günlerde ve sıcaklıklarda yapılan ölçümler.	52

SEMBOLLER LİSTESİ

A	: PV diyot alanı
cm²	: Santimetre kare
E	: Foton enerjisi
eV	: Elektronvolt
cal/cm²yıl	: Yıllık ışıma şiddeti
GWh	: Gigawattsaat
GW	: Gigawatt
I	: Akım
<i>mpp I</i>	: Maksimum güç noktasındaki akım değeri
max I	: Maksimum akım
Km	: Kilometre
KW	: Kilowatt
KWh	: Kilowatt saat
MW	: Megawatt
MWp	: Megawatt periyot
mm	: Milimetre
m²	: Metrekare
μA	: Mikro Amper
μm	: Mikro metre
max P	: Maksimum güç
T	: Mutlak sıcaklık
<i>ref V</i>	: Referans gerilim
max V	: Maksimum gerilim
<i>mpp V</i>	: Maksimum güç noktasındaki gerilim
λ	: Dalga boyu
W/m²	: Metrekareye düşen güç
KWh/m²	: Metrekareye düşen enerji
K	: Kelvin cinsinden sıcaklık
C	: Santigrat derece

KISALTMALAR

AC	: Alternatif akım
DC	: Doğru Akım
EİE	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi
MPP	: Maksimum güç noktası
MPPT	: Maksimum güç noktası izleyicisi
PV	: Fotovoltaik
PWM	: Darbe genişlik modülasyonu
SOC	: Şarj durumu
UV	: Ultraviole (Mor ötesi)
CIS	: Bakır-İndiyum-Diselenid

1. GİRİŞ

Günümüzün olmazsa olmazı haline gelen enerji insanların dünyada birincil ve ikincil ihtiyaçlarını karşılamak için gerekli olan en önemli olgudur. Bu ihtiyacın gerekliliği günümüze kadar farklı farklı kaynaklardan karşılanmıştır. Son yüz-yüzelli yılı dikkate alırsak kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil kökenli yakıtlar bu ihtiyaçta temel kaynak rolünü üstlenmişlerdir. Enerji, ekonomik büyümenin sürdürülebilmesi açısından kritik bir unsurdur.

Dünya'daki enerji ihtiyacı; nüfus artışı, sanayileşme ve yeni ihtiyaçlarla hızla artmaktadır. Buna karşın günümüz dünyasının temel enerji kaynağı olan fosil yakıtlarda artış yaşanmamakta, yani kaynakların ihtiyacı karşılayamadığı bir noktaya doğru gidilmektedir. Günden güne artan sanayileşme ve bunun sonucunda ortaya çıkan makinalaşma, gittikçe artan bir enerji gereksinimi doğurmaktadır [1]. Özellikle 1950'lerden önce kömür, enerji üretim ve tüketiminde önemli bir yer tutardı. Bu yıllardan sonra Ortadoğu ve Güney Amerika'da bulunan zengin petrol yatakları sayesinde petrol ön plana geçmiştir. 1950-1973 yılları arasında, neredeyse sabit seyreden petrol fiyatları nedeniyle enerji gereksinimi petrolden karşılanmıştır. Petrolle rekabet edilememesi nedeniyle Batı Avrupa ve ABD'de pek çok kömür madeni kapanmıştır. Ancak, 1972 yılında varili 2,5 \$ olan petrol, 1974 yılında 11 \$ 'a fırlamış ve politik bir baskı unsuru olarak kullanılmaya başlanmıştır. 1973 Arap-İsrail savaşı sırasında, ABD'nin İsrail yanlısı politika izlemesi üzerine petrol üreticisi Arap ülkelerinin petrol ihracatını kısıp, fiyatları arttırmaları dünyada bir krize yol açmıştır. Bu tarihten sonra fiyat artışı devam etmiştir [2].

Enerji talebini arttırıcı unsurların başında dünya nüfusundaki artış görülmektedir. Nüfus artışı ve giderek yükselen yaşam düzeyinin getirdiği kişi başı enerji tüketim artışı, önümüzdeki yıllarda dünya enerji tüketiminin daha da artacağını gösterir.

Mevcut enerji üretim kaynaklarının hızla tükenme eğilimi içine girmesi, hammadde fiyatlarının artması, çevreye ve insan sağlığı üzerine olan olumsuz etkileri, kullanımlarındaki bir takım sorunlar son yıllarda yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları üzerinde yapılan çalışmaları arttırmıştır [3,4]. Her geçen yıl sürekli artan petrol fiyatlarının yanı sıra dünya nüfusu da sürekli olarak artmakta, bu da enerji gereksinimini artırmaktadır. 1975 yılında 4 milyar olan dünya nüfusu, bugün 6 milyarı geçmiştir. Daha hızlı kalkınma isteği ve buna paralel olarak artan enerji gereksiniminin yanında kullanılan fosil yakıtların atıklarının çevreye onarılamaz zararlar vermesi alternatif yakıt arayışlarını arttırmıştır. Ayrıca,

bugünkü tüketim oranları baz alınarak yapılan hesaplamalara göre kömür 240 yıl, petrol 43 yıl ve doğalgaz 67 yıl sonra tükenecektir ve petrol, doğalgaz, kömür vb. fosil ve nükleer yakıtlara dayalı enerji üretim sistemlerinin çevreye verdiği zarar oldukça fazladır. Bu durumda, kullanılmakta olan yakıtlara alternatif olabilecek tükenme olasılığı daha az ve atıkları çevreye zarar vermeyecek enerji arayışına gidilmiştir. Bu çalışmalar sonucunda, geliştirilen pek çok alternatif enerji sistemi vardır ve ülkeler enerji gereksinimlerinin bir kısmını bu sistemlerle karşılamaktadırlar. Artan sanayileşme ve konfor gereksinimleri, elektrik enerjisine olan talebi de arttırmıştır. Artan talep sonucu, aranan alternatif elektrik üretim yöntemlerinden biri de güneş pillerinden yararlanmaktır. Güneş pilleri veya daha yaygın isimleriyle, fotovoltaik piller, üzerlerine düşen güneş ışınımını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren düzeneklerdir. Güneş pilleri, güneş ışığını doğru akım olarak elektrik enerjisine çevirirler. Elde edilen elektrik, doğru akım olarak kullanılabilirdiği gibi, alternatif akıma dönüştürülerek de kullanılabilir veya daha sonra kullanılmak amacıyla depolanabilir. Temel olarak güneş pili; yakıtı güneş ışığı olan, hareketli parçaları olmayan ve çevreye zarar vermeyen bir elektrik üretim sistemidir [2].

Her şeyden önce fotovoltaik enerji temiz, çevreye ve canlılara zararı olmayan ve hiçbir atık madde içermeyen bir enerji üretim sistemidir. Çevre dostu olmalarının yanı sıra fotovoltaik sistemler aynı zamanda modülerdir. Yani ihtiyaca göre istenilen yere monte edilebilirler. İhtiyacın artması durumunda, sisteme yeni fotovoltaik modüller kolaylıkla çok kısa sürede ilave edilebilir. Diğer enerji üretim sistemleri için bu durum söz konusu değildir. Özellikle son kullanıcıların yakınına kurulan fotovoltaik sistemler, iletim ve dağıtım cihazları gereksinimini azaltır ve yerel elektrik hizmetinin güvenilirliğini artırır. Fotovoltaik sistemlerin işletme ve bakım maliyetleri diğer enerji üretim sistemlerine göre son derece düşük hatta yok denecek kadar azdır. Özellikle kırsal alanlarda petrol kullanan enerji kaynakları arasında son derece ucuz ve temiz enerji elde edilebilir.

Güneş enerjisiyle elektrik üretimi imkanı sağlayan ve güneş ışınlarını elektrik enerjisine dönüştüren fotovoltaik teknolojisi, yenilenebilir enerji endüstrisinin son yıllarda en hızlı gelişen teknolojilerinden birisidir. Dünyanın özellikle gelişmiş ülkelerinde belirli bir yetkinliğe bir aşamaya ulaşan güneş elektrik sektörü 21. yüzyılın anahtar teknolojilerinden birisi olmaya adaydır. Karbon emisyonları, enerji güvenliği ve yükselen fosil yakıt fiyatlarıyla ilgili endişeler güneş enerjisiyle elektrik üretimine olanak sağlayan fotovoltaik teknolojinin gelişimini hızlandıran nedenlerdendir.

Solar ışıınııı doğru akım güneş elektrik enerjisine dönüştüren fotovoltaiik paneller, solar hücrelerin birleşmesiyle oluşur. Fotovoltaiik hücre yapımında kullanılan materyaller monokristal silisyum, polikristal silisyum, mikrokristal silisyum, kadmiyum tellür ve bakın indiyum selenür gibi elementlerden üretilmektedir.

1.1. Güneş Enerjisi

Güneşin yaydığı ve dünyamıza da ulaşan enerji, güneşin çekirdeğinde yer alan füzyon süreci ile açığa çıkan ışıma enerjisidir. Güneşteki hidrojen gazının helyuma dönüşmesinin nedeni füzyon sürecinden dolayıdır [5].

Dünya atmosferinin dışında güneş ışıınının şiddeti, aşağı yukarı sabit ve 1370 W/m² değerindedir, ancak yeryüzünde 0-1100 W/m² değerleri arasında değişim gösterir. Bu enerjinin dünyaya gelen küçük bir bölümü dahi, insanlığın mevcut enerji tüketiminden kat kat fazladır [5].

Güneş enerjisinden yararlanma konusundaki çalışmalar özellikle 1970'lerden sonra hız kazanmış, güneş enerjisi sistemleri teknolojik olarak ilerleme ve maliyet bakımından düşme göstermiş, güneş enerjisi çevresel olarak temiz bir enerji kaynağı olarak kendini kabul ettirmiştir.

Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi, 2640 saat (günlük toplam 7,2 saat), ortalama toplam ışıım şiddeti ise 1311 kWh/m² yıl (günlük toplam 3,6 kWh/m²) olarak tespit edilmiştir. Rakamlardan da görüldüğü gibi ülkemiz alternatif enerji kaynaklarına vakit kaybetmeden yönelmelidir.

Yeryüzünden 151.106 km uzaklıkta bulunan güneş, nükleer yakıtlar dışında, dünyada kullanılan tüm yakıtların ana kaynağıdır. İçinde, sürekli olarak hidrojenin helyuma dönüştüğü füzyon reaksiyonları gerçekleşmektedir ve oluşan kütle farkı ısı enerjisine dönüşerek uzaya yayılmaktadır. Ancak, bu enerjinin çok küçük bir kısmı yeryüzüne ulaşmaktadır. Atmosferin dış yüzeyine ulaşan enerji 173.1014 kW değerindeyken, yeryüzüne ulaşan değer 1.395 kW'a düşmektedir. Güneş ışıınıı;

- Güneş ışıınının tamamı yer yüzeyine ulaşmaz, %30 kadarı dünya atmosferi tarafından geriye yansıtılır.
- Güneş ışıınının %50'si atmosferi geçerek dünya yüzeyine ulaşır.
- Güneşten gelen ışıınının %20'si atmosfer ve bulutlarda tutulur.
- Dünya'ya gelen bütün güneş ışıınıı, sonunda ısıya dönüşür ve uzaya geri verilir.

Yeryüzüne ulaşabilen ışıının değeri bu kadar düşük olmasının nedeni, atmosferdeki CO₂, su buharı ve ozon gibi gazların ışıını emmelerinin yanı sıra kat etmesi gereken yolun uzunluğudur. Dış yüzey sıcaklığı 6000 K olarak kabul edilen ve bilinen en büyük siyah cisim olan güneşin yaydığı ışıının yeryüzüne ulaşabilen miktarı %70 kadardır. Bu eksilmeler ortaya çıkmadan önce, atmosferin dışında ışıının değeri 1367 W/m² dir ve bu değeri güneş sabiti olarak alınır. Pratik olarak, yeryüzüne ulaşan güneş ışıını değeri 1000 W/m² olarak kabul edilmektedir.

1.2. Güneşin Kullanım Alanları

Güneş enerjisi, daha çok binalarda ısıtma, soğutma ve sıcak su elde etmek için kullanılmaktadır. Sıcak su elde etmek amacıyla kullanım, en yaygın olan kullanım biçimidir. Isıtma amacıyla kullanım, ısıyı depolama tekniklerinin gelişimiyle daha verimli kullanılır hale gelecektir. Soğutma ise yıllık güneşlenme zamanının uzun olduğu bölgelerde verimli olmaktadır.

Yapılan ölçümlere göre, ülkemizin %63 'ünde 10 ay, %17'sinde ise 1 yıl boyunca güneş enerjisinden yararlanmak mümkündür. Özellikle güney bölgelerimizde, su ısıtmak amacıyla kullanılan güneş kolektörleri gün geçtikçe artmaktadır.

Güneş enerjisinden yararlanmak için kullanılan ısı uygulamaları düşük, orta ve yüksek sıcaklık uygulamaları olmak üzere üçe ayrılır. Düşük sıcaklık uygulamaları, daha çok düzlem toplayıcılarla su ısıtılması, konut ve sera ısıtılması için kullanılır. Orta sıcaklık uygulamalarında, güneş ışıını, odaklı toplayıcılarla toplanarak, sanayi için gerekli sıcak su veya buhar elde etmek için kullanılır. Genellikle bu tip toplayıcılarda, güneş ışıını sürekli olarak alabilmek için güneşi izleyen mekanizmalara gerek vardır. 300 C° sıcaklık değeri üzerine çıkılabilen, yüksek sıcaklık uygulamalarında ise, geniş bir alana gelen güneş ışıını bir noktaya odaklanarak, metal eritme fırınları çalıştırılabilir.

Teknolojik toplama başlığı altında kalan ikinci uygulama türü ise güneş pilleri olarak isimlendirilen fotovoltaik uygulamalardır. Üzerlerine düşen güneş ışıını direkt olarak elektrik enerjisine çeviren güneş pilleri, doğru akım üretirler. Bu piller, seri veya paralel bağlanarak, ürettikleri akım veya gerilim değeri yükseltilebilir. Üretilen akımı depolayabilmek için, bir akümülatöre gerek vardır.

Fotovoltaik Güneş pillerinin işlevi güneş veya solar kolektörlerinden farklıdır. Kolektörlerin işlevi güneşten gelen termik enerjiyi toplamak ve aktif veya pasif olabilen bir transfer sıvıya aktarılır. Bu sistemler genelde sıcak su elde edilebilmesi için kullanılır.

Güneş pilleri işlevi ise fotovoltaiktir. Güneş pilleri (fotovoltaik piller), yüzeylerine gelen güneş ışığını (foton) doğrudan elektriğe dönüştüren yarıiletken maddelerdir.

Güneş enerjisinden ekonomik olarak yararlanabilmek için, "Güneş Kuşağı" da denilen, 45° kuzey-güney enlemleri arasında yer almak gerekmektedir. Yapılan ölçümler, güneşlenme zamanı ve ışıyım şiddeti açısından, ülkemizin yüksek bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Ülkemizde, ortalama olarak, yılda 2600 saat güneşlenme zamanı, $0,15 \times 10^6$ cal/cm yıl değerinde ışıyım şiddeti olduğu bilinmektedir.

Artan sanayileşme ve konfor gereksinimleri, elektrik enerjisine olan talebi de arttırmıştır. Artan talep sonucu, aranan alternatif elektrik üretim yöntemlerinden biri de güneş pillerinden yararlanmaktır.

Güneş pili sistemlerinin şebekeden bağımsız (stand-alone) olarak kullanıldığı tipik uygulama alanları aşağıda sıralanmıştır.

- Haberleşme istasyonları, kırsal radyo, telsiz ve telefon sistemleri
- Petrol boru hatlarının katodik koruması
- Metal yapıların (köprüler, kuleler vb) korozyondan koruması
- Elektrik ve su dağıtım sistemlerinde yapılan telemetrik ölçümler, hava gözlem istasyonları
- Bina içi ya da dışı aydınlatma
- Dağ evleri ya da yerleşim yerlerinden uzaktaki evlerde TV, radyo, buzdolabı gibi elektrikli aygıtların çalıştırılması
- Tarımsal sulama ya da ev kullanımı amacıyla su pompajı
- Orman gözetleme kuleleri
- Uzay Sanayi
- Deniz fenerleri
- İlkyardım, alarm ve güvenlik sistemleri
- Deprem ve hava gözlem istasyonları

Çevre sorunlarına neden olmaması, temiz ve güvenilir olması ve tükenme olasılığının az olması gibi nedenlerle, güneş enerjisi, gittikçe daha çok önem kazanmaktadır. Örneğin, rüzgar enerjisi kullanımı, son on yılda, yaklaşık %25 oranında artarken, güneş pili kullanımı %300 den fazla artmıştır. Önümüzdeki on yıl için artış

oranları, rüzgar için %45, güneş için ise %800 olarak tahmin edilmektedir. ABD ve İsrail, 2000'li yıllarda, toplam enerji gereksinimlerinin % 20 kadarlık bir kısmını güneş enerjisinden karşılamayı hedeflemektedir.

1.3. Elektrik Üretiminde Güneş Enerjisi ve Tarihi

Güneş pilleri veya daha yaygın isimleriyle, fotovoltaik piller, üzerlerine düşen güneş ışınımını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren düzeneklerdir. İlk güneş pili, 1954 yılında, ABD'de, Bell Laboratuvarlarında geliştirilmiştir. İlk yıllarda, daha çok uzay çalışmalarında, uyduların güç gereksinimlerini karşılamak için kullanılmışlardır. Uzay programlarının gelişimiyle birlikte, yarı-iletken sınıfı silisyumdan üretilen güneş pilleri hızlı bir gelişim göstermişlerdir. Hareketli parçası olmadığı için güvenilir bir sistem olmasına karşılık pahalı olması uzun yıllar güneş pillerinin laboratuvar çalışması olarak kalmasına neden olmuştur. Güneş pillerinin, alternatif ve güvenilir bir enerji üretim sistemi olarak görülmeye başlanması, 1970'li yılların başında ortaya çıkan petrol krizi sayesinde gerçekleşmiştir.

Fotovoltaik üretimi 2002 yılından beri yıllık ortalama %48 büyüme hızıyla her iki senede 2 katına çıkarak en hızlı gelişen yeşil teknolojisi haline gelmiştir. 2008 senesi sonu itibarıyla toplam küresel güneş elektrik kurulu gücü 15.200 MW'lere kadar ulaşmıştır. Bu kapasitenin yaklaşık %90'lık bir bölümü elektrik şebekesine bağlı güneş elektrik üretimi sistemleridir. Gelişen performanslarının yanı sıra, maliyetlerinin azalması ve güvenilirliklerinin artması seçenek olarak öne çıkmalarını sağlamıştır.

Fotovoltaik diyotların tarihi gelişimi:

- 1839 Alexandre Edmond Becquerel tarafından sıvı elektrolit çözelti içerisine daldırılmış bir katı elektrot üzerine ışık düştüğünde elektrodun uçlarında bir gerilim olduğu gözlemlenmiştir.
- 1873 Willoughby Smith, selenyumun fotoiletkenlik özelliğini keşfetmiştir. Buluşunu "Nature" dergisinin 20 Şubat tarihli baskısında "Effect of Light on Selenium during the passage of an Electric Current" adıyla yayımlamıştır.
- 1883 Charles Fritz çok sayıda araştırmacının ilk gerçek PV diyot olarak gördüğü PV diyodu elde etmiştir. Fritz, yarı iletken olan selenyumu çok ince bir tabaka halinde altın ile kaplamıştır. Bu PV diyodun verimi yaklaşık %1'in altındadır.

- 1927 Bakır ve bakır oksitten oluşan yeni tip PV diyot geliştirildi. Bu PV diyodun verimi de yaklaşık % 1 civarında idi. Selenyum ve bakır oksitten oluşan PV diyotlar genellikle fotoğrafçılıkta ışık ölçümü amacı ile kullanıldı.
- 1941 Russell Ohl ilk silikon PV diyodu geliştirdi. 1946 yılında bu PV diyot “Light sensitive device” adı ve U.S. Patent 2,402,662 numarası ile patent altına alındı.
- 1954 Silikon PV diyotun gelişimi ile araştırmacılar PV diyotlarda doğrudan ışınım altında %6 verime ulaşmıştır.
- 1954 Bell laboratuvarlarında %4’lük verimle başlayan çalışmalarda silikon malzemenin başka katkı malzemeleri ile birlikte ışığa oldukça duyarlı olduğu tespit edilmiş ve PV diyotların verimliliği %11’e kadar arttırılmıştır.
- 1957 Ruslar PV diyotları ilk olarak Sputnik 3 uydusunda kullandılar.
- 1958 Amerikalılar PV diyotları ilk olarak Vanguard uydusunda kullandılar.
- 1970 Yüksek verimli ilk GaAs PV diyot Zhores Alferov tarafından elde edildi.

2. GÜNEŞ ENERJİSİNDEN ELEKTRİK ÜRETİMİ

Güneşten elektrik enerjisi üretimi iki yol ile yapılabilir. Bunlar:

- Fotovoltaik Düzeneklerle Güneş Elektriği
- Termik Düzeneklerle Güneş Elektriği

Bugüne kadar güneş enerjisi ile elektrik üretiminde başlıca iki sistem kullanılmıştır. Birincisi, güneş enerjisini direkt olarak elektrik enerjisine dönüştüren fotovoltaik sistemlerdir. Fakat geçen 20 yıl içerisinde fotovoltaik sistem uygulamalarının artışına rağmen, teknolojinin karmaşıklığı ve maliyetinin yüksek oluşu, geniş çapta elektrik üretimi için yetersiz olduğunu ortaya çıkarmıştır. İkinci seçenek ise, güneş enerjisinin yoğunlaştırıcı sistemler kullanılarak odaklanması sonucunda elde edilen kızgın buhardan, konvansiyonel yöntemlerle elektrik üretimidir.

Elektrik üretimi için pek çok yöntem olmasına rağmen, güneş pilleri ile elektrik üretiminin bazı faydaları vardır. Bunlar aşağıda kısaca aşağıda belirtilmiştir.

- Mevcut sistemlerden farklı olarak en büyük yararı, herhangi bir fosil yakıt veya bağlantı gerektirmeden bağımsız olarak elektrik üretebilmesidir.
- Her yerde ve bedava bulmak mümkündür. Yakıtın taşınması ve depolanması gibi sorunları yoktur.
- Sistemde kullanılan hareketli parçalar çok az olduğundan çok az bakım gerektirirler. Elektrik üretiminde kullanılan diğer sistemler (jeneratörler, rüzgar veya hidroelektrik türbinleri vs) düzenli olarak bakıma gerek duyarlar.
- Diğer elektrik üretim sistemleriyle karşılaştırıldıklarında en büyük yararları güvenilir olmalarıdır. Hareketli parçaları ya çok azdır; ya da yoktur.
- Enerjiyi istenilen yerde üretmek mümkündür. Böylece enerjiyi taşımak gerekmez. Örneğin, dağ evleri GSM operatörleri v.b.
- Enerji kaynağı ile kullanım yeri arasında, uzun iletkenler ve aparatları kullanılmadığından arada oluşabilecek güç kaybından kaçınılmış olunur. Bu sistemle, çok sayıda tüketim noktası beslenmek istendiği zaman bile yerel kayıplar yok denecek kadar azdır. Modüler bir sistem olduğu için güç çıkışı kolaylıkla arttırılabilir. Mevcut modüllere yenilerinin eklenmesi ile sistem, artan güç gereksinimini karşılayabilecek duruma getirilebilir

2.1. Güneşin yapısı

Güneş sistemi içerisinde yer alan dünya için güneş temel bir enerji kaynağıdır. Özellikle güneş yaşam için en önemli kaynaklardan biridir. Günümüzde kullanılan enerji kaynaklarına baktığımızda bunların hepsi güneş kökenli olduğunu görürüz. Güneş enerjisi ile dünyamız aydınlanabilmekte, iklimsel döngüler sağlanabilmekte, güneşin bir türevi olan rüzgar meydana gelmekte ve en önemlisi fotosentez ile canlı yaşam sürdürülebilmektedir.

Güneş kendisini oluşturan maddeleri kütle çekimi ile birbirlerini çekmeleri sonucu oluşturulmuştur. Evrensel toz bulutlarında, bu toz bulutlarındaki parçacıkların birbirleri kütle çekimi ile çekmesi sonucu oluşan yoğunlaşma ile birbirlerine doğru yaklaşan ve yaklaşırken de hızlanan parçacıklar, kütle çekim enerjisini kinetik enerjiye dönüştürerek güneşin çok sıcak olmasına yol açmışlardır. Bu sıcaklıklarda ortaya çıkan çekirdeksel tepkimeler sonucu oluşan ışıınımların ortaya çıkarttığı basınç güneşin daha fazla yoğunlaşarak çökmesini engellemiş ve güneş bugünkü boyutlarını oluşturmuştur.

Güneş dünya yarıçapının yaklaşık 109 katı çapında yoğun sıcak gazlar içeren bir küredir. Güneş'in kütlesi dünya kütlesinin yaklaşık 330.000 katıdır. Güneş kendi eksenini çevresinde dönmektedir. Bu dönüş güneşin ekvator bölgesinde yirmi dört günde kutup bölgelerinde de otuz günde olmaktadır.

Güneşin merkezinde ortaya çıkan çekirdeksel tepkimeler temelde hidrojen çekirdeklerinin kaynaşmasıdır. Güneşin yaklaşık yüzde doksanı hidrojendir. Güneşin merkezinde hidrojen çekirdekleri kaynaşarak helyum çekirdekleri oluşmakta ve bu tepkimeler sonucu meydana büyük bir enerji ortaya çıkmaktadır. Proton- proton döngüsü olarak adlandırılan bu tepkimelerle dört protondan (hidrojen atomu çekirdeği) ile bir helyum çekirdeği oluşmaktadır. Birleşme çok yüksek sıcaklıkta olmaktadır. Füzyon adı verilen bu olay yüksek sıcaklıkta ve atom çekirdeği yardımıyla olduğundan termonükleer reaksiyon adını alır. Güneşin iç kısmında yakıtı hidrojen ve ürünü helyum olan bir fırına benzetilebilir. Güneşte oluşan helyum miktarı harcanan hidrojen miktarından daha az olduğundan aradaki fark güneşten radyasyon (ışınım) enerjisini verir.

Bugünkü veriler ışığında güneşte bu döngünün olduğu bu bölge, güneş kütlesi yüzde kırkının toplandığı ve toplam enerji üretiminin yüzde doksanı bulunduğu bölgedir. Bu bölgeye güneşin merkezi dersek bu merkezde üretilen enerji yavaş bir şekilde yüzeye doğru yayılır. Bu yayılma merkezden yayılan yüksek enerjili gamma ışınlarının atom

çekirdeklerince soğurulmaları ve yeniden yayılmaları izleyerek sürer ve giderek güneş radyasyonlarının (güneş ışınlamalarının) enerjilerini azaltır. Bu bölge güneş radyasyonun giderek taşınarak daha yukarıya aktarıldığı bölgedir. Burada radyasyon enerjisi yukarılara çıktıkça daha fazla gazı ısıtmak zorunda kalır ve dolasıyla soğur. Bu bölgenin sonunda taşınım (konveksiyon) bölgesi gelir. Bu bölgeye gelen fotonlar çevrelerini saran gazı ısıtırlar ancak buradaki gazlar enerji yeniden hücreler şeklinde yavaş devinen gaz akımlarını ısı enerjisini bölgenin alt kısmından üst kısmına doğru taşır. Böylece yükselen gaz bölgenin üstüne yaklaştıkça genişler ve soğur. Soğuyan gaz alt kısımlarına alçalırken yeniden ısınır ve yüzeye enerji taşımak üzere yeniden yükselir böylece bir ısı taşımının yapıldığı bu bölgeye taşınım bölgesi denmektedir. Yüzeyde yirmi bin kilometre içeride düşen sıcaklık sonucu atomlarının oluşması yani atom çekirdeklerinin artık çıplak olmayıp elektronlarla bağ yaptıkları duruma ulaşır.

Dünyaya ulaşan güneş enerjisi daha seri ve birkaç yüz kilometrelik dar bir bölgesinden güneş yüzüne yakın fotosferden (ışık küreden) gelmektedir.

Bu bölgenin dışında üç belirgin saydam bölge daha vardır. İlk bölge yüzlerce kilometre kalınlığındaki tersleyici katmandır ve daha seri gazlardan oluşur bundan sonraki bölge daha kalın (yaklaşık dokuz bin km) olmasına rağmen daha az yoğundur. Bu bölgenin sıcaklığı ışık küreden daha yüksektir. Bu bölgeye kromosfer adı verilir. En son bölgeye ise güneş tacı ismi verilmiştir. Bu bölgede yoğunluk çok düşüktür. Ancak sıcaklık çok yüksektir.

Güneş eskiden beri insanların ilgisini çekmiş ve üzerinde birçok incelemeler yapılmış bir yıldızdır. Ancak bugün güneşi tam olarak bildiğimiz söylenemez. Güneşin birçok yönü daha çözümlenememiştir.

Güneş enerjisinin üstünlükleri şu şekilde sıralanabilir:

- Güneş enerjisi tükenmeyen bir enerji kaynağıdır.
- Güneş enerjisi, arı bir enerji türüdür. Gaz, duman, toz, karbon veya kükürt gibi zararlı maddeleri yoktur.
- Güneş, tüm dünya ülkelerinin yararlanabileceği bir enerji kaynağıdır. Bu sayede ülkelerin enerji açısından bağımlılıkları ortadan kalkacaktır.
- Güneş enerjisinin bir diğer özelliği, hiçbir ulaştırma harcaması olmaksızın her yerde sağlanabilmesidir.
- Güneşi az veya çok gören yerlerde biraz verim farkı olmakla birlikte, dağların tepelerinde vadiler ya da ovalarda da bu enerjiden yararlanmak mümkündür.

- Güneş enerjisi doğabilecek her türlü bunalımın etkisi dışındadır. Örneğin, ulaşım şebekelerinde yapılacak bir değişiklik bu enerji tümünü etkilemeyecektir.
- Güneş enerjisi hiçbir karmaşık teknoloji gerektirmemektedir. Hemen hemen bütün ülkeler, yerel sanayi kuruluşları sayesinde bu enerjiden kolaylıkla yararlanabilirler.

Bugünkü güneş enerjisinin karşılaştığı sorunlar ise şöyledir:

- Güneş enerjisinin yoğunluğu azdır ve sürekli değildir. İstenilen anda istenilen yoğunlukta bulunamayabilir.
- Güneş enerjisinden yararlanmak için yapılması gereken düzeneklerin yatırım giderleri bugünkü teknolojik aşamada yüksektir.
- Güneşten gelen enerji miktarı bizim isteğimize bağlı değildir ve kontrol edilemez.
- Birçok kullanım alanının, enerji arzı ile talebi arasındaki zaman farkı ile karşılaşılmaktadır.

Güneş enerjisinden elde edilen ısıtım talebinin yoğun olduğu zamanlarda kullanılmak üzere depolanmasını gerektirir. Enerji depolaması ise birçok sorun yaratmaktadır.

2.2. Güneş Termal Güç Santrallerinin Tasarım İlkeleri

Güneş termal güç santrallerinin tasarımında dikkate alınması gereken en önemli parametreler şunlardır;

- Bölge seçimi,
- Güneş enerjisi ve iklim değerlendirmesi,
- Parametrelerin optimizasyonu,

Santralın tesis edileceği ideal bölge seçilirken aşağıdaki kriterler göz önünde bulundurulmalıdır.

- Yıllık yağış miktarının düşük olması,
- Bulutsuz ve sissiz bir atmosfere sahip olması,
- Hava kirliliğinin olmaması,
- Ormanlık ve ağaçlık bölgelerden uzak olması,

- Rüzgar hızının düşük olması.

2.3. Güneş Enerjisinden Yararlanma Alanları

Güneş enerjisinden, ısı enerjisine dönüştürerek, elektrik enerjisine dönüştürerek yararlanılmaktadır. Yarı iletkenler kullanarak doğrudan elektrik üretimi de mümkündür. Isıya dönüştürerek yararlanma alanları sıcaklık sınırlarına göre üç bölüme ayrılır:

Düşük Sıcaklıklarda: 150 C' den düşük sıcaklıklar

- Kullanma suyunun ısıtılması
- Bina ısıtma ve havalandırma
- Tarım da ürün kurutma, seracılık
- Su damıtıcı, tuz üretimi

Orta Sıcaklıklarda: 600 C' a kadar olan sıcaklıklar

- Sulama için su pompaları
- Küçük motorlar, güneş tencereleri
- Buhar jeneratörüyle elektrik üretimi

Yüksek Sıcaklıklarda: 600 C' nin üzeri sıcaklıklar

- Güneş fırınları
- Elektrik üretimi
- Madde araştırılması
- Egzotik maddeler yapımı, seramikler.

2.3.1. Dünyaya Ulaşan Güneş Enerjisi

Dünya güneşten yaklaşık yüzelli milyon kilometre uzakta bulunmaktadır. Dünya hem kendi çevresinde dönmekte güneş çevresinde eliptik bir yörüngede dönmektedir. Bu yönüyle dünyaya güneşten gelen enerji hem günlük olarak değişmekte hem de yıl boyunca değişmektedir.

Dünyanın güneşten yaklaşık kendi çevresinden dönüşünden kaynaklanan güneş enerjisi değişimi gece gündüzü oluştururken dünyanın güneş çevresinde dönüşünden kaynaklanan güneş enerjisi değişimi de mevsimlerini oluşturmaktadır. Dünyanın kendi çevresindeki dönüş eksenini güneş çevresindeki dolanma yörüngesi düzlemiyle 23.50

derecelik bir açı yaptığından yeryüzüne düşen güneş şiddeti yörünge boyunca (yıl boyunca) değişmekte ve mevsimlerde böylece oluşmaktadır. Dünyaya bir günde gelen güneş enerjisi güneşin toplam enerjisinin yaklaşık milyarda biridir. Atmosfer dışında güneş ışınlarına dik birim alan bütün dalga boylarında bir anda meydana gelen güneş radyasyonunun değeri dünya güneş mesafesi değiştiğinde sabit değildir. Bunun için dünyanın güneşe olan uzaklığının bir yıllık değerlerinin ortalaması olan değer mesafe hesaplamalarda kolaylık sağlar. Bu değer yapılan ölçümler ve hesaplamalar sonucunda yüzde bir hata ile 1367 değeri güneşin sabit değeri kabul edilmiştir.

Dünyaya gelen güneş enerjisi 130 trilyon ton kömüre eşdeğerdir. Bu değer dünyada tüketilen toplan enerjinin 15 bin katına eşdeğerdir. Türkiye üzerine bir yılda düşen güneş enerjisi sabittir. Sabit değer bir yıl boyunca Türkiye'nin elektrik santralleri tarafından üretilen enerji gücünün beş yüz katını geçmektedir.

2.3.2. Dünya Üzerine Gelen Güneş Işınlarnın Dalga Boyları

Dünya üzerine gelen güneş ışınlarının dalga boyları, içinde görünür bölgeyi de içerecek şekilde ultraviyolede infrarota kadar uzanmaktadır. Başka bir deyişle, güneş ışınlarnının dalga boyları 200 nm- 24000 nm arasındadır.

Her dalga boyunun şiddeti aynı değildir. Dalga boylarnının şiddetlere göre değişimlerine bakıldığında güneşin yaklaşık 6000K de ışıma yapan bir kara cisme benzediğini görülür.

Ultraviole (UV) ışınlar enerjik ışınlardır ve canlıların derisini bozucu yakıcı gözlere zarar verici etkileri vardır. Bu yönüyle ozon katmanındaki morötesi ışınların soğrulması yeryüzünde canlıların sağlıkları ile doğrudan ilişkilidir. Bu soğurulmalar sonucu morötesi bölgede 200-400nm aralarındaki dalga boylarında olan ışınlarn yeryüzüne ulaşabilir ki bunlarda güneş altında derimizin yanmasında etkilidirler. Bunun dışında görünür bölge ve kızılötesi bölgelerdeki ışınların havadaki gaz molekülleri ve toz parçacıklarıyla etkileşimleri sonucu saçılmaları önemlidir. Bu saçılma her yöndedir. Bu yönüyle gelen güneş enerjisinin bir kısmı yeryüzüne ulaşmadan uzaya geri gider. Saçılma en çok kısa dalga boyundaki ışınlar için etkindir. Yani mavi renge karşılık gelen dalga boyları, kırmızı renge karşılık gelenlere kıyasla daha çok saçılırlar.

Yeryüzünden bakıldığında gökyüzünün mavi renkte görünmesinin nedeni de budur. Su damlacıkları da ışınlarnı saçılmaya uğratmada etkindirler. Yoğun bulutlar gelen

ışınımların yüzde seksen geri saçarak (aynı zamanda yansıtarak) bu ışıınımları yeryüzüne ulaşmalarını önlerler. Dünyanın ortalama bulut örtüsünün yüzde elli dolayında olduğu düşünülürse güneş enerjisinde önemli bir kaybın bu şekilde ortaya çıktığı görülür.

Gelen güneş ışıınımlarını görünür bölgeye düşen kesimi için (400-750nm) atmosfer saydam özellik gösterir. Ancak bazı toz kirleticilerin, bu bölgelerdeki ışıınımları soğurdıkları göz ardı edilmemelidir.

Yakın kızılötesi bölgeye düşen ışıınımlarının (750-24000nm arası) yaklaşık yüzde yirmisi havada su buharı ve karbondioksitçe soğurlar. Bu soğurmalar bu bölgeye düşen dalga boylarına karşılık gelen radyasyon frekanslarının moleküllerinin bağ titreşimlerinin uygun frekansta olmasından kaynaklanır ve soğurmalar sonucu hava kürenin ısınması ortaya çıkar.

Güneş ışıınımlarının atmosfer ile bu etkileşimleri sonucu yeryüzüne gelen güneş radyasyon şiddeti atmosfer dışına gelen şiddetin yarısına biraz fazla kalacak şekilde azalmaktadır. Aynı zamanda belli dalga boyları artık süzölmüş, böylece enerji dağılımı da bundan etkilenmiştir. Doğal olarak atmosfer etkileri güneş ışıınımlarını havada aldıkları yola bağımlıdır. Eğik gelen güneş ışıınımları, dik gelmeye kıyasla daha uzun yol alacakları için, bunların etkileri de artacaktır. Tüm bu etkiler sonucu yeryüzüne ulaşan güneş ışıınımları, doğrudan ve yayınık olarak iki kesimde yeryüzüne çarparlar. Yayınık ışıınımlar bulutlarca ve tozlarca saçılmaya uğratılmış ışıınımlardır. Doğrudan gelenler ise bu tür etkilere uğramamış ışıınımlardır.

Güneşten gelen ışıınımların dağılımına bakıldığında, bunların %7'si morötesi bölgesinde, % 46'sı görünür ışık bölgesinde ve geri kalan % 47'si kızılötesi bölgesinde bulunurlar.

Güneş ışıınımları atmosferi geçerken belli soğurmalarla uğrarlar. Bu soğurmalar, atmosfer oluşturan gazlardan ve toz parçacıklarından kaynaklanır.

Güneşten gelen enerjinin yaklaşık % 30 yansıma ve saçılmalarla uzaya geri gider. Yaklaşık % 20'si havakürede soğurur. Geri kalan % 50'si de yeryüzünde soğurulmaktadır.

2.4. Güneş Enerjisi Teknolojileri Ve Uygulamaları

Güneş enerjisi bilinen en eski birincil enerji kaynağıdır, temizdir, yenilenebilir ve dünyamızın her tarafında fazlasıyla mevcuttur. Hemen hemen bütün enerji kaynakları

direkt veya indirekt olarak güneş enerjisinden türemişlerdir. Güneş enerjisi kesikli ve değişkendir. Günlük ve mevsimlik değişimler söz konusudur. Ayrıca güneş enerjisinin ısıtım miktarı (radyasyon) atmosferik koşullarla belirlenir. Bütün bu özelliklerinden ötürü bazı güneş enerjisi uygulamaları enerjinin depolanmasını gerekli kılmaktadır. Diğer geleneksel enerji kaynaklarıyla karşılaştırıldığında, güneş enerjisinin yoğunluğu düşüktür. Fakat güneş enerjisini mekanik ve elektrik enerjilere uygun bir verimlilikle çevirmek mümkündür. Ayrıca güneş enerjisi fotosentezi ve fotokimyasal tepkimeleri başlatmak için gereklidir.

Güneş pilleri, uzay programları için geliştirilmeye başlanmış; ancak, sonraki yıllarda, bilinen yollarla elektrik üretiminin güç olduğu ya da güç üretim merkezine uzak olan, deniz fenerleri, orman gözetleme kuleleri, çiftlik evleri, dağ evleri gibi yerlerde de kullanılmaya başlanmıştır. Güneş enerjisi günümüzde evlerde sıcak suyun sağlanması, ısıtma, soğutma, endüstride proses ısısının üretiminde, tarımda sulamada, kurutma ve pişirmede kullanılan temiz enerji kaynaklarından biridir. Çeşitli güneş ışınlarını toplama seçeneklerinin gösterildikleri şekillerde de görüldüğü gibi temelde dolaylı ve dolaysız olmak üzere iki seçenek vardır.

2.4.1. Pasif Sistemler

Güneş enerjisini toplamada en basit yöntem, binaların pencerelerini soğuk mevsimde mevcut güneş enerjisini sistematik olarak toplayacak biçimde dizayn etmektedir. Fan ve pompalar gibi yardımcı ekipmanlardan yararlanılamayan güneş toplama yöntemleri pasif sistemler olarak bilinir.

Pasif sistemler güneş enerjisini toplamanın en basit ve en ucuz yoludur. Bu tekniklerin çoğu yüzyıllarca kullanılmış fakat enerji maliyetlerinin düşük olduğu yıllarda unutulmuşlardır.

2.4.2. Aktif Güneş Kolektör Sistemleri

Aktif güneş kolektör büyük çoğunluğu düzlem toplayıcıları (kolektörler) şeklinde dizayn edilmişlerdir. Kolektörler aşağıdaki elemanlardan oluşturulmuştur.

- Şeffaf cam
- Kolektör örtüsü

- Yutucu yüzey
- Sistem akışkanı
- Yalıtım malzemeleri
- Koruyucu
- Kasa
- Cam çitası
- Boyalı yüzey
- Panel
- Kasa izolasyonu
- İzolasyon
- Alt plaka
- Cam fitili
- Boğaz lastiği

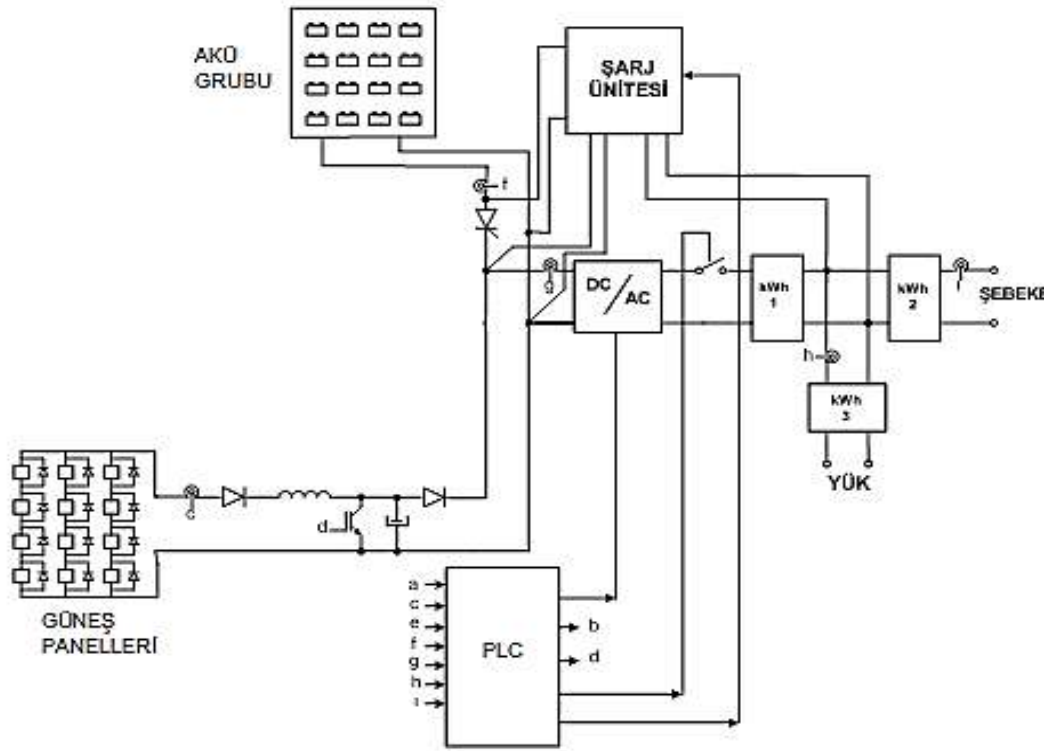
3. GÜNEŞ PİLİ (FOTOVOLTAİK) SİSTEMLERİ

Güneş pillerin Türkiye'de çeşitli isimler ile anılmaktadır. Bunların içinde en fazla kullanılanları: Güneş Pili, Güneş Paneli, Fotovoltaik Pil vb.

Güneş panelleri güneş ışığını direkt olarak elektrik enerjisine ya da ısıya(sıcak su) çevirirler. PV (Fotovoltaik) hücreler bilgisayar ciplerinde kullanılan yarı iletken malzemeden üretilmektedirler.

Güneş ışığı bu maddeler tarafından absorbe edildiği zaman, elektronlar bulundukları atomlardan ayrılarak madde içinde serbest kalırlar ve böylece bir elektrik akımı oluşur. Işığın (fotonların) elektriğe (voltaj) dönüşümüne fotovoltaik efekt adı verilmiştir.

Güneş pilleri, güneş enerjisini doğrudan doğruya elektrik enerjisine dönüştüren, yarı iletken sistemlerdir. Güneş pillerinin ömürleri ve güç yoğunlukları oldukça yüksektir. Genel olarak 2 elektrottan meydana gelir. Bu elektrotların biri üzerine güneş düştüğü zaman bir potansiyel fark oluşur. Elektrik bir elektron akımı olduğu için, güneş ışınları çarptığı elektronun potansiyelini ve elektron düzenini değiştirerek elektrik akımına neden olur. Genellikle silisyum en temel malzeme olarak kullanılır. Bu pillerin verimi %15 civarındadır. İmalatları çok kolay olup verimleri sıcaklığa bağlı değildir. En temel problem maliyetlerin yüksek olması ve bir depolama sisteminin gerekliliğidir. Özellikle, elektrik şebekesine çok uzak köylerde, TV istasyonlarında ve uydularda uygundur. Aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi PLC kontrollü güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretimi sistemi tasarlanmıştır.



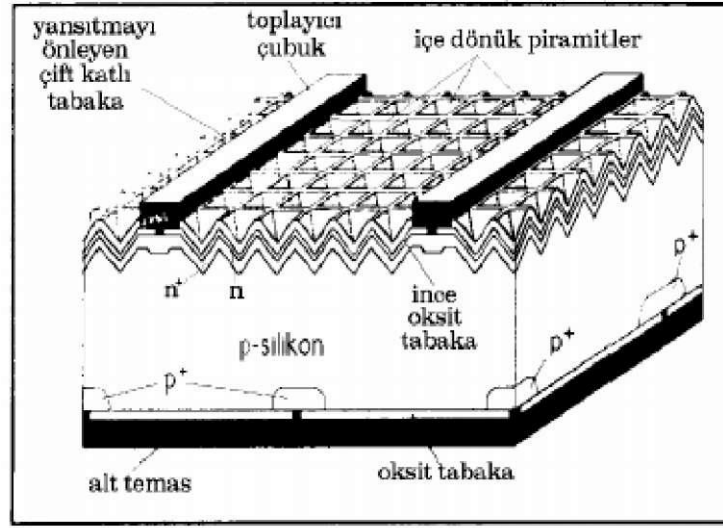
Şekil 3.1. PLC kontrollü güneş enerjisinden elektrik üretimi tasarımı

Güneş enerjisinin fotoelektrik dönüşümünde kullanılan fotovoltaiik piller, güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine çeviren düzeneklerdir. Fazla elektron bulunan n-tipi yarı iletken ile fazla boşluk bulunan p-tipi yarı iletken yan yana geldiği zaman tek bir kristal meydana getirmesi ve fazla elektronların boşluklara atlamasıyla doğru akım meydana gelir. Güneş pillerinin verimleri; tasarım, madde yapısı ve imalat şartlarına bağlı olarak % 6 - 35 arasında değişir.

Güneş pillerinin 35 yıllık gelişiminde, özel ve kamu destekli araştırma ve geliştirme çalışmaları esas olmuştur. Güneş pili fiyatlarındaki düşüş ve elektrik üretiminde temiz bir enerji kaynağı olmasından dolayı kullanımında son yıllarda önemli bir artış görülmektedir.

En yüksek foton enerjisi yeşil ışık için $h.f = 2.5 \text{ eV}$ civarındadır.

Genel olarak fotovoltaiik piller silikon maddeden yapılırlar. Aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi silikon madde içerisindeki elemanlar gösterilmektedir.



Şekil 3.2. Silikondan yapılmış bir güneş pili hücresi

3.1. Güneş Pillerinin Çalışma İlkeleri

Günümüzde fotovoltaik piller farklı farklı malzemelerden üretilibilmelerine rağmen fotovoltaik pillerin çoğu silisyum maddeden üretilmektedir. Güneş pilinin üzerine güneş ışığı düştüğünde, silisyum atomunun son yörüngesindeki valans elektronunu negatif yükler. Işık foton denilen enerji partiküllerinden oluşmuştur. Fotonları, saf enerjiden oluşmuş bilardo toplarına benzetilebilir ve fotonlar bir atoma çarptıklarında tüm atom enerjilenir ve en kolay kopabilecek durumda olan son yörüngedeki valans elektronu kopar. Serbest kalan bu elektronda, voltaj veya elektriksel basınç olarak isimlendirebileceğimiz potansiyel enerji ortaya çıkar. Bu enerji, bir aküyü şarj etmek veya bir elektrik motorunu çalıştırmak için kullanılabilir. Bu enerjinin en önemli özelliği, içindeki serbest elektronları pil dışına taşıyabilmesidir.

Üretim sırasında, pilin ön yüzeyine yakın yerde bir iç elektrostatik bölge oluşturularak, bu elektronun serbest duruma geçmesi sağlanır. Silisyum kristali içine diğer elementler yerleştirilmiştir. Bu elementlerin kristal içinde bulunması, kristalin elektriksel olarak dengede olmasını önler. Işıkla karşılaşan malzemede, bu atomlar dengeyi bozar ve serbest elektronları diğer pile veya yüke gitmeleri için pilin yüzeyine doğru süpürürler. Milyonlarca foton pilin içine akarken, enerji kazanıp bir üst seviyeye çıkan elektronlar da, pil içindeki elektrostatik bölgeye ve oradan da pil dışına akarlar. İşte bu oluşan akış elektrik akımıdır.

Sınırsız temiz enerji kaynakları olarak önce güneş enerjisi aklımıza gelir. Güneş enerjisini kullanabilmek için güneş ışığını ısıya veya elektriğe dönüştürmemiz gerekiyor. Güneş ışığının enerjisini kullanabilmek için iki seçenek vardır.

Güneş ışığından kazanılan enerji ısı veya elektriktir. Isı güneş kollektörleri ile kazanılır ve genelde sıcak su kazanımı için kullanılır. Elektrik kazanımı için güneş pilleri gerekmektedir.

Güneş pilleri (Fotovoltaik piller), yüzeylerine gelen güneş ışığını doğrudan elektriğe dönüştüren yarıiletken maddelerdir. Yüzeyleri kare, dikdörtgen, daire şeklinde biçimlendirilen güneş pillerinin alanları genellikle 1m^2 civarında, kalınlıkları ise 0,2-0,4mm arasındadır.

Güneş pilleri fotovoltaik ilkeye dayalı olarak çalışırlar, yani üzerlerine ışık düştüğü zaman uçlarında elektrik gerilimi oluşur. Pilin verdiği elektrik enerjisinin kaynağı, yüzeyine gelen güneş enerjisidir. Güneş enerjisi, güneş pilinin yapısına bağlı olarak % 5 ile % 20 arasında bir verimle elektrik enerjisine çevrilebilir.

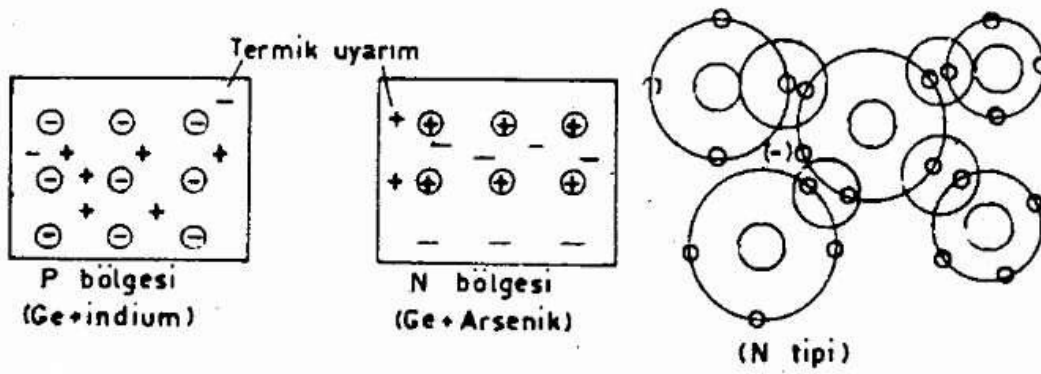
Güç çıkışını artırmak amacıyla çok sayıda güneş pili birbirine paralel ya da seri bağlanarak bir yüzey üzerine monte edilir, bu yapıya güneş pili modülü ya da fotovoltaik modül adı verilir. Güç talebine bağlı olarak modüller birbirlerine seri ya da paralel bağlanarak birkaç Watt'tan birkaç Megawatt'lara kadar sistem oluşturulur.

Güneş pilleri ile enerji kazanımı için yapılması gerekenler şunlardır:

- Kurulumun yapıldığı alan ve güneş pilinin kaliteli olmasıdır.
- Işığın pile vurduğu açı, 90° 'dan büyük olan açıda vuran foton (ışık) elektrik kazanımı için en verimlisidir.
- Havanın nem oranı, düşük nem oranından büyük olması enerji kazanımı için daha verimlidir.
- Güneş pilinin kurulduğu alanın coğrafi konumudur.

3.1.1. Fotovoltaik Pilin P-N Birleşimi

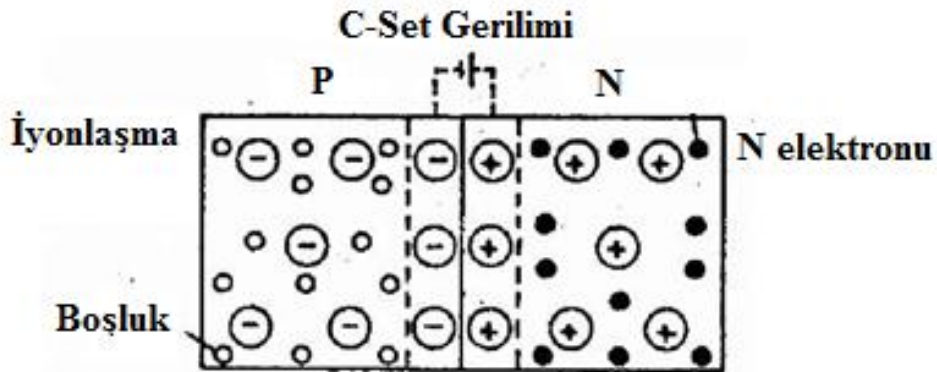
Geçiş bölgesi, bir mono kristal bir yarı iletkende elektronların P tipi malzemeden N tipi malzemeye geçişinin yapıldığı alandır. Bu alan kristalleşme sırasında oluşturulur. N bölgesinde, termik uyarımla azınlıkta olan boşluk ve çoğunlukta olan elektron yükleri ve (+) iyonize atomlar vardır.



Şekil 3.3. P-N Kavşağı ve N tipi

P bölgesinde ise, negatif iyonize atom, termik uyarımla bulunabilen azınlık elektron ve çoğunluk elektron boşlukları vardır. İki eleman temasa geçirildiğinde, N bölgesindeki çoğunlukta elektronlar P bölgesine hareket ederler. P bölgesindeki elektron boşlukları da N bölgesine hareket ederler. Böylece N tipi bölgedeki atomlar (+), P tipi bölgedeki atomlar (-) olarak iyonlaşmış olur. Bunlar, kristal içinde sabit yük merkezleri oluştururlar. Bu bölgenin her iki yüzünde iyonize olmuş atomlar, kristal içinde, yönü N'den P'ye doğru olan bir elektrik alan meydana getirirler.

Bu bölge geçiş bölgesidir ve serbest yükler yoktur. Kavşaktaki bu potansiyel farkı, P'den N'ye geçecek boşluklar ve N'den P'ye geçecek elektronlar için bir potansiyel duvarı teşkil eder. N'den ayrılacak bir elektron, arkasında kendini geri çağıran bir boşluk bırakır ve önündeki P tipi bölgedeki (-) yükler elektronu püskürtür.



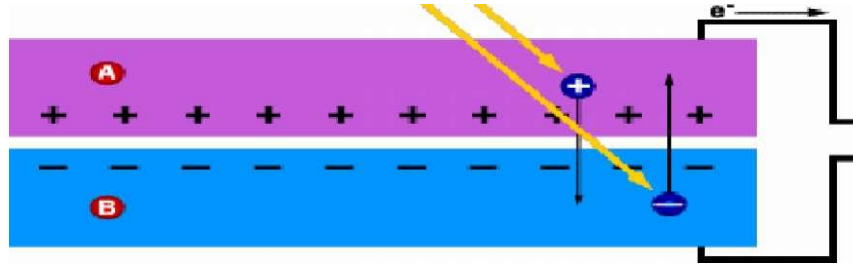
Şekil 3.4. P – N kavşağı ve set gerilimi

Özet olarak, P-N kavşağında meydana gelen elektrik alan, kavşak civarındaki elektronu, P'den N'ye doğru iter (N'deki elektronu geri püskürtür, P'deki elektronu N'ye iletir). İçerisinden geçen akım ise elektronların akış yönünün tam tersidir.

3.1.2. Foton

En yüksek foton enerjisi olan yeşil ışık için $h.f=2.5\text{eV}$ civarındadır. Enerjisi yeterli bir ışık demeti için ($h.f > E_g$, N Planck sabiti, f frekans), P-N kavşağı üzerine düşürüldüğü zaman, foton elektronlarla karşılaşır ve enerji verebilir. Serbest elektronlar, valans elektronlarının ancak $1/10^4$ kadarı olduğundan, bu ihtimal zayıftır. Foton, muhtemel valans elektronu ile karşılaşır ve ona enerjisini bırakarak iletkenlik bandına çıkarır. Elektron, arkasında bir elektron boşluğu bırakır.

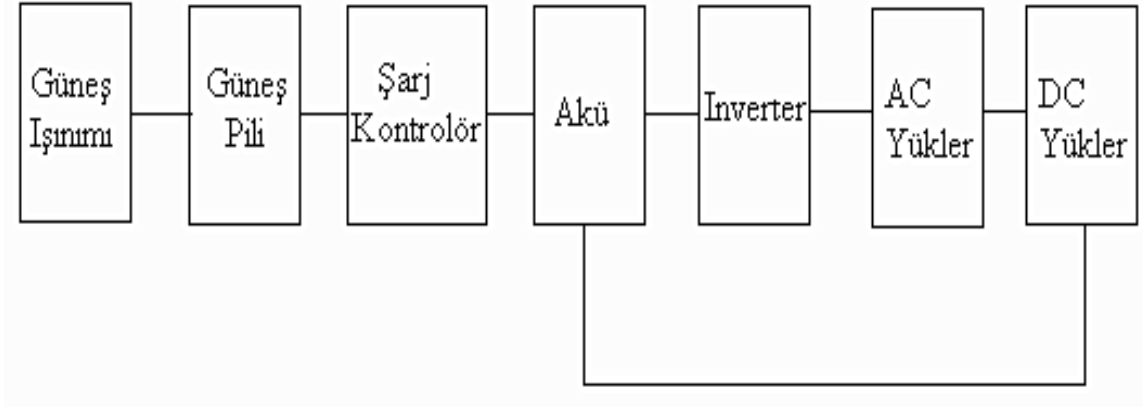
Olay A-B aralığında ise; elektron, oluşan elektrik alanla N bölgesine, boşluk da P bölgesine itilir. Olay kavşağa yakın N bölgesinde oluşmuşsa, boşluk yine P bölgesine götürülür. Kavşaktan uzakta oluşan elektron boşluk, zamanla birbirini bulacaktır. Sonuç olarak P tipi bölge (+), N tipi bölge (-) yüklenmiş ve bir potansiyel doğmuştur.



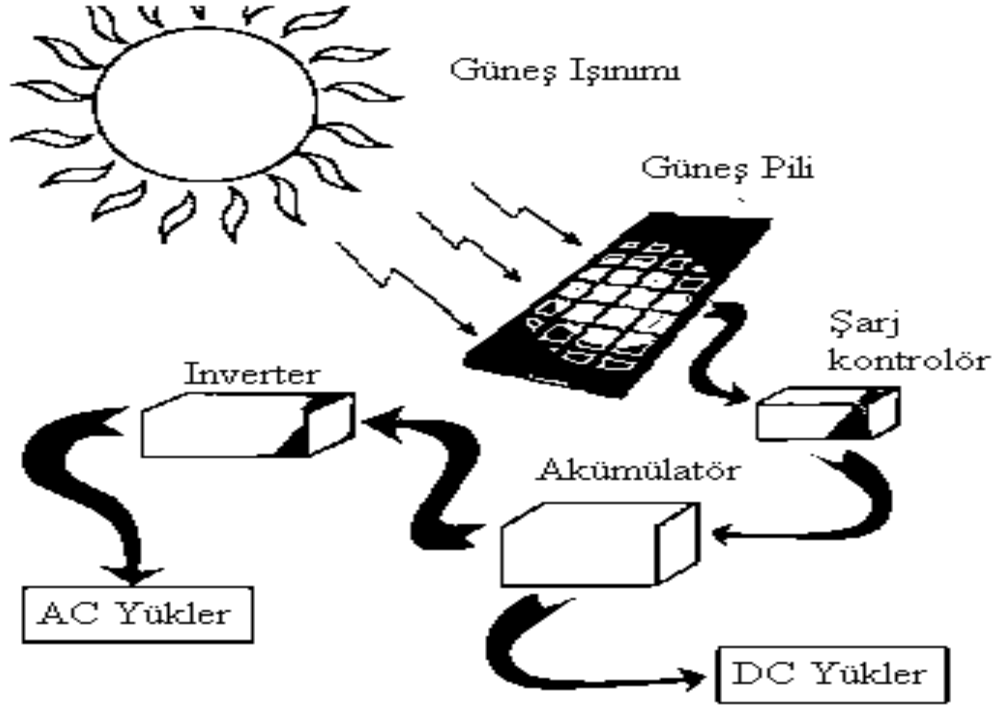
Şekil 3.5. Bir güneş hücresinin çalışma prensibi

3.2. Fotovoltaik Sistemin Blok Diyagramı ve Görünümü

Fotovoltaik sistemin blok diyagramı ve fotovoltaik sistemin görünümü aşağıda görüldüğü gibi güneşten gelen ışınlar güneş pilleri üzerine düştüğü zaman, güneş pili / pillerinin uçlarında bir potansiyel fark oluşur. Bu potansiyel fark şarj kontrol cihazı yardımıyla aküyü (bataryayı) şarj eder. Eğer yüklerde DC akım ve gerilime ihtiyaç duyuluyorsa o zaman şarj kontrol cihazının DC gerilim çıkışından DC yükler beslenir. Eğer yüklerde AC akım ve gerilime ihtiyaç duyuluyorsa o zaman da aküde depo edilen potansiyel fark bir inverter (12/220V dönüşüm oranına sahip evirici) yardımıyla AC yükler beslenir. Genel olarak inverter seçimi yapılırken tam sinüs inverter türü seçilir.



Şekil 3.6. Fotovoltaik sistemin blok diyagramı



Şekil 3.7. Fotovoltaik sistemin görünümü

Güneş pilleri pek çok farklı maddeden yararlanarak üretilir. Günümüzde en çok kullanılan maddeler şunlardır:

3.3. Kristal Silisyum

Önce büyütülüp daha sonra 200 mikron kalınlıkta ince tabakalar halinde dilimlenen Tek kristal Silisyum bloklardan üretilen güneş pillerinde laboratuvar şartlarında %24, ticari modüllerde ise %15'in üzerinde verim elde edilmektedir. Dökme silisyum bloklardan dilimlenerek elde edilen Çok kristal Silisyum güneş pilleri ise daha ucuza üretilmekte, ancak verim de daha düşük olmaktadır. Verim, laboratuvar şartlarında %18, ticari modüllerde ise %14 civarındadır.



Şekil 3.8. Kristal Silisyum

3.4. Galyum Arsenit (GaAs)

Bu malzemeyle laboratuvar şartlarında %25 ve %28 (optik yoğunlaştırıcılı) verim elde edilmektedir. Diğer yarıiletkenlerle birlikte oluşturulan çok eklemli GaAs pillerde %30 verim elde edilmiştir. GaAs güneş pilleri uzay uygulamalarında ve optik yoğunlaştırıcılı sistemlerde kullanılmaktadır.



Şekil 3.9. Galyum Arsenit

3.5. Amorf Silisyum

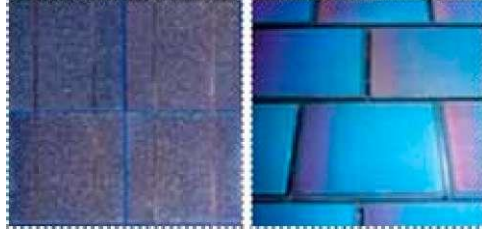
Kristal yapı özelliği göstermeyen bu Si pillerden elde edilen verim %10 dolayında, ticari modüllerde ise %5-7 mertebesinde. Günümüzde daha çok küçük elektronik cihazların güç kaynağı olarak kullanılan amorf silisyum güneş pilinin bir başka önemli uygulama sahasının, binalara entegre yarısaydam cam yüzeyler olarak, bina dış koruyucusu ve enerji üretici olarak kullanılabileceği tahmin edilmektedir.



Şekil 3.10. Amorf Silisyum

3.6. Kadmiyum Tellürid (CdTe)

Çok kristal yapıda bir malzeme olan CdTe ile güneş pili maliyetinin çok aşağılara çekileceği tahmin edilmektedir. Laboratuvar tipi küçük hücrelerde %16, ticari tip modüllerde ise %7 civarında verim elde edilmektedir.



Şekil 3.11. Kadmiyum Tellürid

3.7. Bakır İndiyum Diselenid (CuInSe₂)

Bu çok kristal pilde laboratuvar şartlarında %17,7 ve enerji üretimi amaçlı geliştirilmiş olan prototip bir modülde ise %10,2 verim elde edilmiştir.



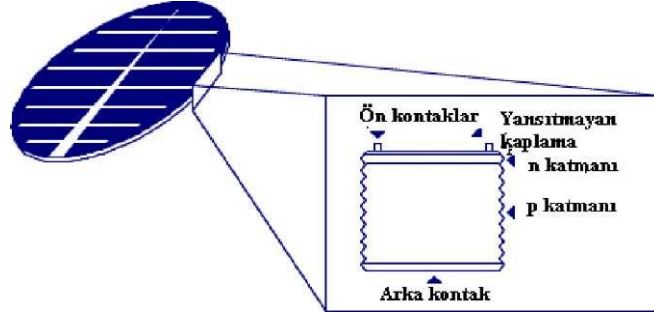
Şekil 3.12. Bakır İndiyum Diselenid

3.8. Optik Yoğunlaştırıcılı Hücreler

Gelen ışığı 10-500 kat oranlarda yoğunlaştıran mercekli veya yansıtıcı araçlarla modül verimi %17'nin, pil verimi ise %30'un üzerine çıkılabilmektedir. Yoğunlaştırıcılar basit ve ucuz plastik malzemeden yapılmaktadır.

4. GÜNEŞ PİLLERİNİN YAPISI

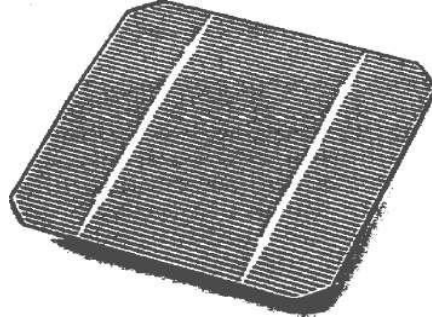
Tek kristalli silisyum güneş pilinin rengi koyu mavi olup, ağırlığı 10 gramdan azdır. Pilin üst yüzeyinde, pil tarafından üretilen akımı toplayacak ve malzemesi genellikle bakır olan ön kontaklar vardır. Bunlar negatif kontaklardır. Kontakların altında 150 nm kalınlığında, yansıma özelliği olmayan bir kaplama tabakası vardır. Bu tabaka olmazsa, silisyum, üzerine düşen ışıının üçte birine yakın kısmını yansıtacaktır. Bu kaplama tabakası, pil yüzeyinden olan yansımayı önler. Pilin ön yüzeyi, normal olarak yansıyan ışığın bir kısmını daha yakalayabilmek amacıyla, piramitler ve konikler şeklinde tasarlanmıştır.



Şekil 4.1. Güneş Pilinin Yapısı

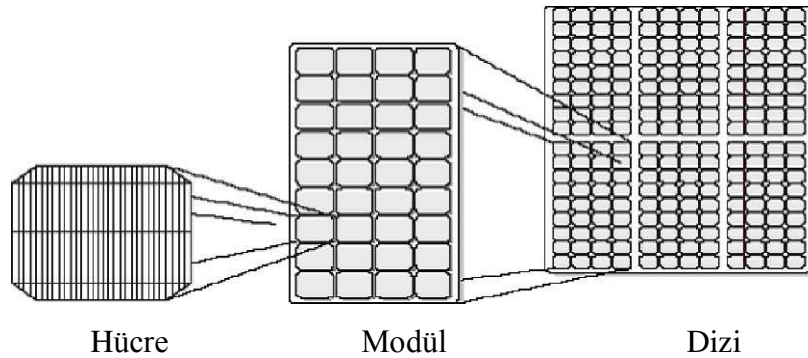
Yansıtıcı olmayan kaplamanın altında, pilin elektrik akımının ortaya çıktığı yapı bulunur. Bu yapı, iki farklı katman halindedir. N-katmanı, fosfor atomları eklenmiş silisyumdan oluşan ve pilin negatif tarafını oluşturan katmandır. P-katmanı ise, bor atomları eklenmiş silisyumdan oluşmuş, pilin pozitif tarafıdır. İki katman arasında, P-N kavşağı denilen, pozitif ve negatif yüklü elektronların karşılaştığı bir bölge bulunur. Pilin arka yüzeyinde, elektronların girdiği pozitif kontak görevi gören arka kontak yer alır.

Üretilen piller, standart test koşullarında test edildikten sonra, tüketiciye sunulmaktadır. Ortam sıcaklığı 25°C ortalama ışınım şiddeti 1000 W/m^2 ve Hava-Kütle oranı 1,5 olarak test koşulları belirlenmiştir. Hava-kütle oranı, güneş ışınımının geçirilme oranını gösteren atmosfer kalınlığıdır. Güneşin tam tepede olduğu durumda, bu oran, 1 olarak alınır. Atmosfer tarafından emilen ışınımın oranına bağlı olarak, pilin üreteceği elektrik miktarı da değişeceğinden, bu oran önemli bir parametredir.



Şekil 4.2. Tipik Bir Silisyum Güneş Piliin Ön Yüzü

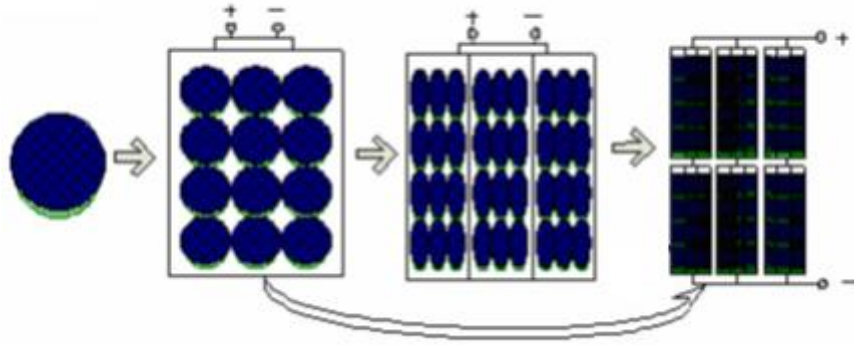
Tipik bir silisyum güneş pili, 0.5 volt kadar elektrik üretebilir. Pilleri birbirine seri bağlayarak üretilen gerilim değerini arttırmak olasıdır. Genellikle, 30-36 adet güneş pili, 15-17 voltluk bir çıkış gerilimi vermek için birlikte bağlanabilir. Bu voltaj değeri 12 voltluk bir aküyü şarj etmek için yeterlidir. Farklı çıkış güçleri verecek şekilde imal edilmiş, farklı büyüklüklerde güneş pilleri bulmak olasıdır. Silisyum pillerin seri bağlanması ile modüller, modüllerin birbirine bağlanması ile örgüler oluşur. Her modül, paralel veya seri bağlanabilmesine olanak verecek şekilde, bağlantı kutusuyla birlikte dizayn edilir.



Şekil 4.3. Pillerden Modül ve Dizilerin Yapılması

Güneş pilinin kolayca kırılabilmesi ve ürettiği gerilimin çok düşük olması gibi, sakıncalarının giderilmesi gerekir. Pillerin birbirlerine bağlanması ile oluşan modüller koruyucu bir çerçeve içine alınmışlardır ve kullanılacak düzeyde gerilim üretirler. Modülde bulunan pil sayısı, çıkış gücünü belirler.

Genellikle, 12 voltluk aküleri şarj etmek için 30-36 adet silisyum güneş pilinin bağlanması ile bir modül oluşsa bile, daha yüksek çıkış güçleri için daha büyük modüller yapılabilir. En basit sistem, bir modül ve buna bağlı bir akü veya elektrik motorundan oluşmuş bir sistemdir.



Şekil 4.4. Pillerden Modül ve Dizilerin Yapılması

Yarı-iletken maddelerin güneş pili olarak kullanılabilmesi için n ya da p tipi katmanları gereklidir. Bu katman, saf yarı-iletken eriyik içerisine istenilen katkı maddelerinin kontrollü olarak eklenmesiyle yapılır. Elde edilen yarı-iletkenin n ya da p tipi olması katkı maddesine bağlıdır.

Yarı-iletken madde olarak çok kristalli silisyum kullanılır. P ve n tipi yarı-iletkenler bir araya gelmeden önce, her iki madde de elektriksel bakımdan nötrdür ve elektrik akımı oluşmaz.

PN eklem oluştuğunda, n tipindeki çoğunluk taşıyıcısı olan elektronlar, p tipine doğru akım oluştururlar. Bu olay her iki tarafta da yük dengesi oluşana kadar devam eder ve elektrik akımı oluşur.

Yarıiletken eklemine güneş pili olarak çalışması için eklem bölgesinde fotovoltaiik dönüşümün sağlanması gerekir. Bu dönüşüm iki aşamada olur, ilk olarak, eklem bölgesine ışık düşürülerek elektron-hol çiftleri oluşturulur, ikinci olarak ise, bunlar bölgedeki elektrik alan yardımıyla birbirlerinden ayrılır.

Modüllerin fiziksel ve elektriksel olarak bir araya getirilmesi ile oluşan yapıya panel adı verilir. Bir modülden elde edilen gücü arttırmak için başvurulan bir yapılanma biçimidir. Bu şekilde, çıkış gücü, 12,24,48 V veya daha yüksek olabilir. Birden fazla panelin kullanıldığı bir sistemde, paneller, kontrol cihazına veya akü grubuna, birlikte bağlanabilecekleri gibi, her panel tek olarak da bağlanabilir. Bu durumda, bakım kolaylığı olacaktır.

Sistemde kullanılan, fotovoltaiik üreteçlerin tümünün oluşturduğu yapıya ise örgü denilmektedir. Örgünün çok büyük olduğu uygulamalarda, daha kolay yerleştirme ve çıkış

kontrolü için sistem, alt-örgü gruplarına ayrılabilir. Örgü, bir modülden oluşabileceği gibi 100.000 veya daha fazla modüle de ulaşabilir.

Güneş pillerinin üretiminde hammadde olarak yarıiletken olan silisyum kullanılır. Silisyum hammadde olarak dünyada sınırsız sayılabilir, sadece güneş pillerinin üretimi için gereken saf silisyum (temiz hali) yeterince üretilmemektedir. Silisyum şu an tüm elektronik ürünlerde kullanıldığı için, üretim var olan ihtiyacı karşılayamamaktadır ve ayrıca dünyada sayısı az olan birkaç şirket saf silisyum üretme kapasitesindedir.

4.1. Bir fotovoltaik modülün katmanları

Bir fotovoltaik modülün katmanları tablo şeklinde aşağıdaki gibi gösterilebilir.

Tablo 4.1. Bir fotovoltaik modülün katmanları

1.Katman	Cam
2.Katman	Eva
3.Katman	Piller
4.Katman	Fiber yatak
5.Katman	Tedlar

4.2. Güneş pili modülleri

Genel olarak fotovoltaik pilin modülleri monokristalin, polikristalin ve CIS (Bakır-İndiyum-Diselenid) olmak üzere üç yapıya ayrılır.

4.2.1. Monokristalin

Monokristalin güneş pilleri 20% verimlik kapasitesindedir. Kalite ve verimlilik açısından monokristalin güneş pilleri en iyileridir ama üretimi teknik ve zaman açısından uzun sürdüğü için fiyat olarak pahalıdır. Monokristalin güneş pilleri uzun vadeli yatırım için en iyi seçenektir.

Monokristalin demek ayrıca tüm madde tek kristalinden oluşması ve materyalin atomar yapısı homojen olması demektir. Doğada bulunan tüm kristalin birleşimler aslında polikristalindir, sadece elmas neredeyse mükemmel monokristalin özelliğe sahiptir.

4.2.2. Polikristalin

Polikristalin güneş pilleri 16% verimlilik kapasitesindedir. Kalite ve verimlilik açısından polikristalin güneş pilleri monokristalin olanlar kadar iyi olmasa bile en fazla üretilen türlerdir, çünkü maliyeti daha düşük ve verimlilik/maliyet oranı hayli yüksektir.

Polikristalin demek materyalin monokristaline göre tek kristalinden oluşmaması, yani materyal çok monokristalin olmasıdır ve materyal tüm olarak homojen olmamasıdır.

4.2.3. CIS

CIS-Hücreler: CIS = Copper-Indium-Diselenid (Bakır-İndiyum-Diselenid = CuInSe_2)

CIS-Hücreler ince tabakalı güneş pillerindendir. Klasik güneş pilleri (mono. veya polikristalin kalın tabakalı hücreler) 180-350 μm kalınlılıktadırlar, CIS olanlar ise 5 μm kalınlılıktadırlar. Düşük olan tabaka nedeninden dolayı maliyeti çok düşük olmalası ve verimliliği 10% kadar olmalası birçok açıdan avantajlıdır.

CIS'in ayrıca ışığın band genişliğinin büyük bölümünün kullabildiği için kötü hava koşullarında bile istikrarlıdır. Ayrıca CIS teklonolojisi yarışeffaf güneş pili üretimi sağlamaktadır ve ileride belki pencerelerde veya güneş kolektörlerinde kullanma imkanı sağlayabilir. CIS teknolojisinin tek dezavatajı indiyum olmasıdır, çünkü indiyum'un dünyada sınırlı bir madde olması düşündürücüdür ama üretimde çok az kullanıldığı için şu an sorun olarak görülüyor.

4.3. İnverter (Evirici)

Güneş enerjisi panellerinde elde edilen elektrik enerjisi günün değişik zamanlarında farklı gerilim değerleri vermektedir. Yapılacak olan sistemin, yükün türüne bağlı olarak sürekli sabit çıkış gerilimi vermesi istenir. Bunu sağlamak için devreye bir adet inverter bağlanır. AC akımlı ekipmanlar çalıştırılmak istenildiği zaman inverter, pil ve yük arasına monte edilir. DC akımının AC akımına dönüştürülmesi esnasında küçük miktarda bir enerji kaybı olmasına rağmen bir inverter, fotovoltaiik pil tarafından üretilen elektriği lambaların ve hatta bilgisayarların çalıştırılmasını sağlayacak bir güce dönüştürmektedir. Ayrıca panel kullanılarak oluşturulan sistemlerin daha verimli olması için DC/DC dönüştürücüleri kullanılmaktadır.

Kullanılan dönüştürücü çeşitleri ise yükselten, alçaltan ve alçaltan-yükselten dönüştürücüler olarak tanımlanabilir.

Tablo 4.2. Modifiye sinüs ve tam sinüs inverterin teknik özellikleri

Tüketici	Modifiye Sinus	Tam Sinus	Not
Televizyon	±	+++	Ses ve görüntü tam saf sinüs ile daha iyi
Müzik seti	±	+++	modifiye sinüsde uğultu olabilir
CRT monitör	±	+++	görüntü tam saf sinüs ile daha iyi
Dizüstü bilgisayar	+++	+++	
Mikrodalga fırın	++	+++	tam saf sinüs ile daha verimli
Elektrik iş aletleri vs.	±	+++++	tam saf sinüs ile daha iyi çalışır ve daha verimli
Fön, tost makinesi, vs.	+++	+++	
Ampul	+++	+++	
Floresan lamba	-	+++	saf sinüs olmayan aletleri bozabilir
Tıbbi aletler	---	+++++	KESİNLİKLE tam saf sinüs olması gerekir
Nokta vuruşlu, püskürtmeli yazıcı	++	+++	sadece tam saf sinüs ile çalışır
Klima	±	+++	tam saf sinüs ile daha iyi
Kopya makinası, lazer yazıcı	---	+++++	genelde modifiye sinüs ile çalışmazlar

Tablo 4.3. Tanımlama

---	elverişsiz
-	kötü
±	kötü veya idare eder
+++	iyi
+++++	çok iyi

4.4. Akümülatör (Pil Bankası)

Akülü sistemler, DC veya AC akımla çalışan ekipmanlara güç sağlamak üzere tasarlanabilirler. Akü sistemleri fotovoltaik pil modüllerinin bataryasının yüke bağlanmasıyla çalışırlar. Gündüz saatlerinde fotovoltaik pil modülleri pili şarj etmekte; pil de gereksinim duyulduğu anda yük için güç sağlamaktadır.

Aküler, sisteme birçok açıdan yarar sağlamakta ancak biraz bakım da gerektirmektedir. fotovoltaik pil sistemlerinde kullanılan aküler çoğunlukla araç aküleriyle benzerlik göstermektedir. Ancak bu aküler depolamış oldukları enerjinin büyük bir kısmını günlük olarak kullanılabilmesine olanak sağlayacak bir biçimde üretilmektedir.

5. SİSTEM TASARIMI

Güneş enerjisi sistemi tasarımı yapmaya başlamadan önce dikkat edilmesi gereken 3 temel konu vardır. Bunlar uygulama alanı, hava koşulları ve tüketicidir. Sistemi tüketicisi bir gün boyunca sistemin ne kadar zaman kullanılacağı ve çekeceği akım ve gerilim değerlerini bilmelidir. Mevsimlere göre güneş ışınlamı değerleri değişmekte olduğundan, kullanılacak zaman dilimi (yaz veya kış gibi) belirlenmelidir. Elde edilen bu verilere göre, modülün güneş ışığını en iyi alabileceği açı hesaplanarak yerleştirilmesi yapılacaktır.

Kullanıcı tarafından sistemin sadece birkaç gün kullanılması planlanıyorsa panel ve akü sayıları da ona göre tasarlanacaktır ve buda maliyeti düşürecektir. Sistem çıkışında AC yüklerin beslenmesi isteniyorsa, sisteme inverter dahil edilmelidir.

Planlama yapılırken inverter etkisi düşünülere, akü bankası ve güneş modüllerinin gerilim değeri belirlenmelidir. Ayrıca, sistemde kritik veya özel yükler için farklı hesaplamalar yapılmalıdır.

Sistemin çalışacağı yer ve hava koşulları da tasarım için önemli kriterlerdendir. Yer zaman göz önüne alınarak gerekli olan güneş ışınlamı değerleri hazırlanmış tablolardan seçilir. Bu nedenle, sistemin çalışacağı bölgenin enlem ve boylam değerleri bilinmelidir. Bu değerlere ve sistemin yıl içinde kullanılacağı zaman dilimine göre, güneşlenme süresi belirlenir. Bundan sonra kullanıcı bilgileri hesaplamalarda göz önüne alınır.

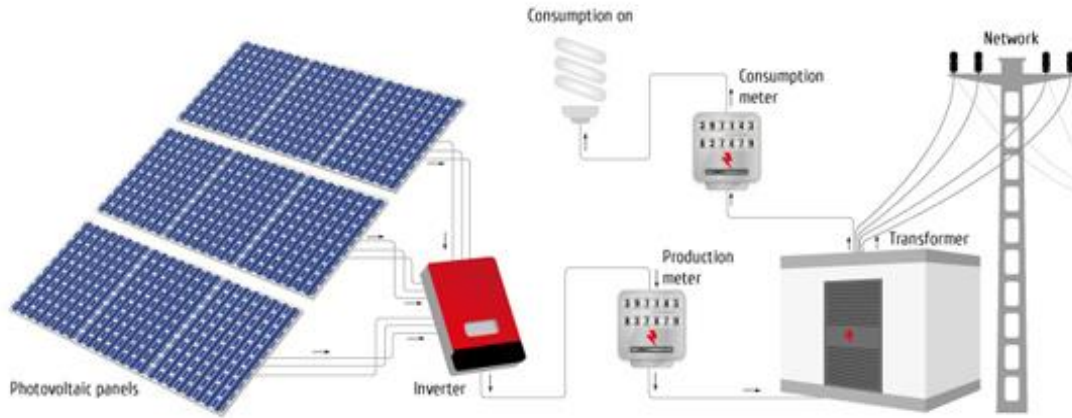
Bu durum tüketicinin tasarım üzerinde istek ve görüşlerine uygun sistemi kurmaktır. Örneğin, akü seçimi yapılırken, alternatif enerji sistemlerinde kullanılmak amacıyla üretilen sulu aküler yerine, kuru bakımsız aküler tercih edilebilir. Montajı yapılacak olan sistemin zaman içinde büyüyebileceği düşünülerek, ona uygun bir alan seçilmelidir. Aydınlatma için tüketimi daha az olan DC ampuller seçilebilir. Kullanıcı, estetik kaygılarla, modüllerin görünmemesini isteyebilir ya da modüllerin yerleştirilmesini istediği çatı yüzeyi, optimum azimut açısında olmayabilir. Tüm bu kriterler, tasarımı etkileyecektir.

Örgülerde yer alacak modül sayısı gerekli olan yük değerine göre bağlantı şekilleri (seri veya paralel) olabilir ve bu değere göre, akü sayısı hesaplanır. Kablo bağlantıları, devre kesiciler, sigortalar, topraklama ekipmanları seçilir. Sistemin tek başına veya destekli kullanılıp kullanılmayacağı belirlenir. Bu sistemler, rüzgar milleri, mikro-hidro jeneratörler veya normal jeneratörlerle destekli olacak şekilde de dizayn edilebilirler. Ayrıca şebeke sistemine de bağlanarak mevcut sistemle birlikte çalışabilirler.

Bu sistemler sadece küçük ölçekli sistemlerin tasarımında kullanılmamaktadır. Buna ek olarak bu sistemler şebekeye enerji sağlayan sistemler olarak da tasarlanabilir (10-grid). Bu tür sistemlerde sistem frekansı belirlenerek bağlanılacak olan şebekenin frekansı birbiri işle aynı olması gerekir aksi halde frekanslar arasında çakışma meydana gelir.

Bir güneş hücresinin performansı verimi ile ölçülmektedir. Verim, aldığı enerjinin yüzde kaçını kullanılabılır elektriğe dönüştürdüğümüzü gösteren en önemli parametredir. Ancak belli dalga boylarındaki ışık elektriğe dönüştürülebilir, ya emilmekte ya da yansıtılmaktadır. Bundan dolayı günümüzde tipik bir güneş hücresinin verimi %15 civarındadır, yani aldığı enerjinin sadece altıda birini elektriğe çevirmektedir.

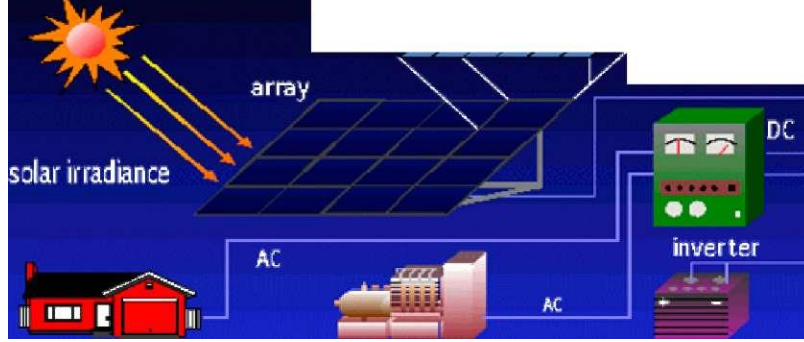
Alternatif enerji sistemleri proje gereksinimlerine göre şebekeye paralel (on-grid), şebekeden bağımsız (off-grid) ve Green-Line (şebeke destekli) olarak tasarlanabilir. Şebeke bağlantılı güneş pili sistemlerin gücü, birkaç kW'dan birkaç MW'lara kadar değişebilmektedir.



Şekil 5.1. Şebekeye enerji veren sistem tasarımı yapılması

Bu sistemler yüksek güçte santral boyutunda sistemler olabileceği gibi daha çok görülen uygulaması binalarda küçük güçteki sistemler şeklindedir. Şebekeden bağımsız sistemler şebekenin hiç olmadığı yerlerde tercih edilirler. İklim verileri yeterli olduğu sürece bu sistemler yalnızca ilk yatırım giderleri bile göz önüne alındığında, şebekeye bağlanmak için gerekli olan yatırımdan daha kazançlı olabilmektedir.

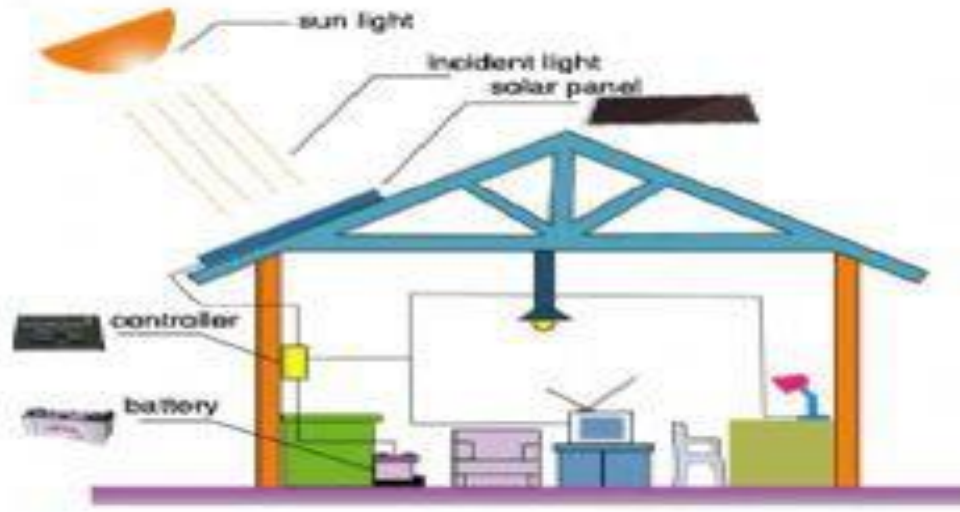
Bu sistemlerde üretilen elektriğin depolanarak geceleri veya enerji üretilmediği zamanlarda kullanılabilmesi için batarya olması gerekmektedir. Batarya kapasitesi ayarlanırken bölgenin iklim verileri, kullanılacak elektrikli cihazlar ve de kullanım süresi dikkate alınır.



Şekil 5.2. Küçük ölçekli sistem tasarımı yapılması

Güneş pili sistemlerin kurumu ve işlev hale getirilmesi çok kolaydır. Güneş pilinin ürettiği elektrik denetim birimi tarafından ihtiyaca göre ya akümülatörlere yönlendirilir ve enerjiyi orada depolar yada doğrudan kullanıma bırakır. Denetim birimi güneş pili sisteminin kontrolünün yapıldığı birimdir. Geceleri veya güneşsiz zamanlarda elektriği doğrudan akümülatörlerden alır. Burada depo edilen akümülatörlerin kapasitesi önemlidir.

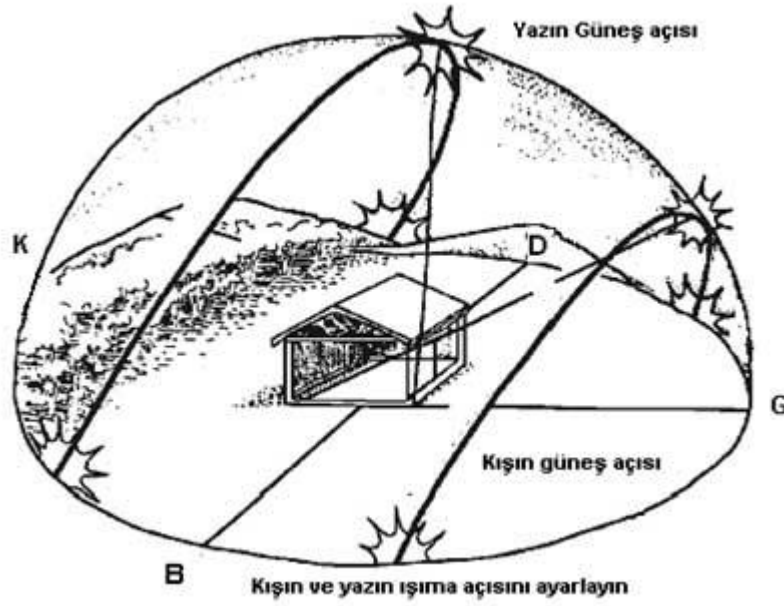
Şebeke uyumlu alternatif akım elektriğinin gerekli olduğu uygulamalarda, sisteme bir inverter eklenerek akümülatördeki DC gerilim, 220 V, 50 Hz' lik sinüs dalgasına dönüştürülür.



Şekil 5.3. Küçük ölçekli sistem tasarımı yapılması

5.1. Panel Gruplarının Yerleşimi Ve Açı Ayarları

Türkiye 42-36 Kuzey enleminde yer almaktadır bu yüzden kışın ve yazın güneş ışığında ortalama 30 derecelik açı değişikliği olmaktadır. Güneş ışınları yazın 21 Haziranda en dik açı ile yere ulaşır, 21 Aralık da ise açı en yatık duruma gelir. Her iki tarihte gündüz, 2-13 saatleri esnasında güneş ışınlarına Solar panele dik olacak şekilde ayarlamak gerekir, aksi takdirde verim az olur. Karlı bölgelerde Solar panelleri kardan temizlemek gerekir. Güneş panellerin mevsimlere bağlı olarak farklı açılarla güneşe doğru yönlendirmesi yapılarak her mevsimde azami verim alınması mümkün olmaktadır. Türkiye için genelde geçerli olan 60° kış eğimi sayesinde ve panel camlarının özelliği nedeni ile buzlanma veya kar birikmesi engellenmektedir.

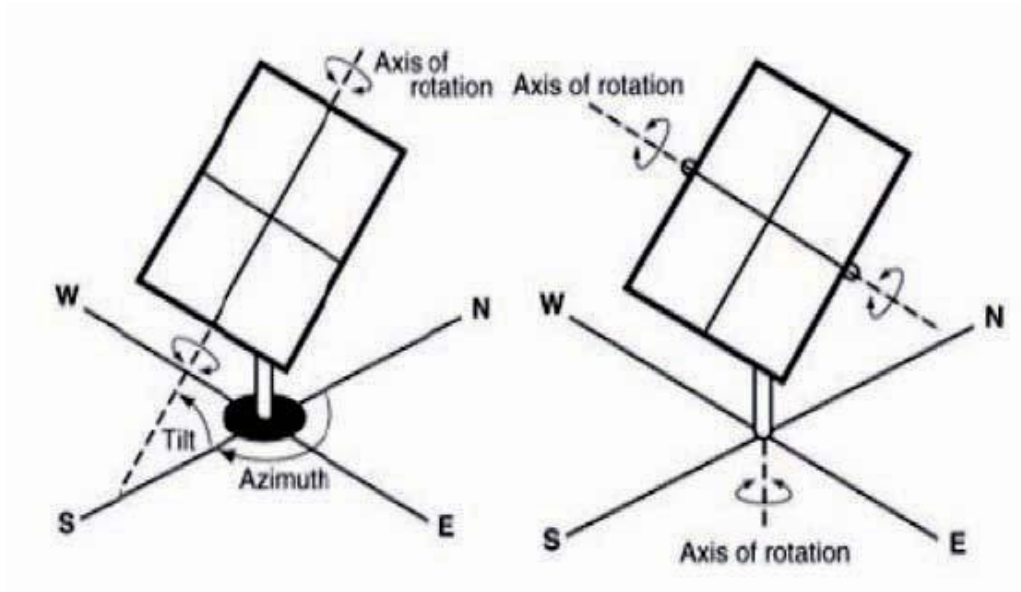


Şekil 5.4. Kışın ve yazın yansımaya açıları

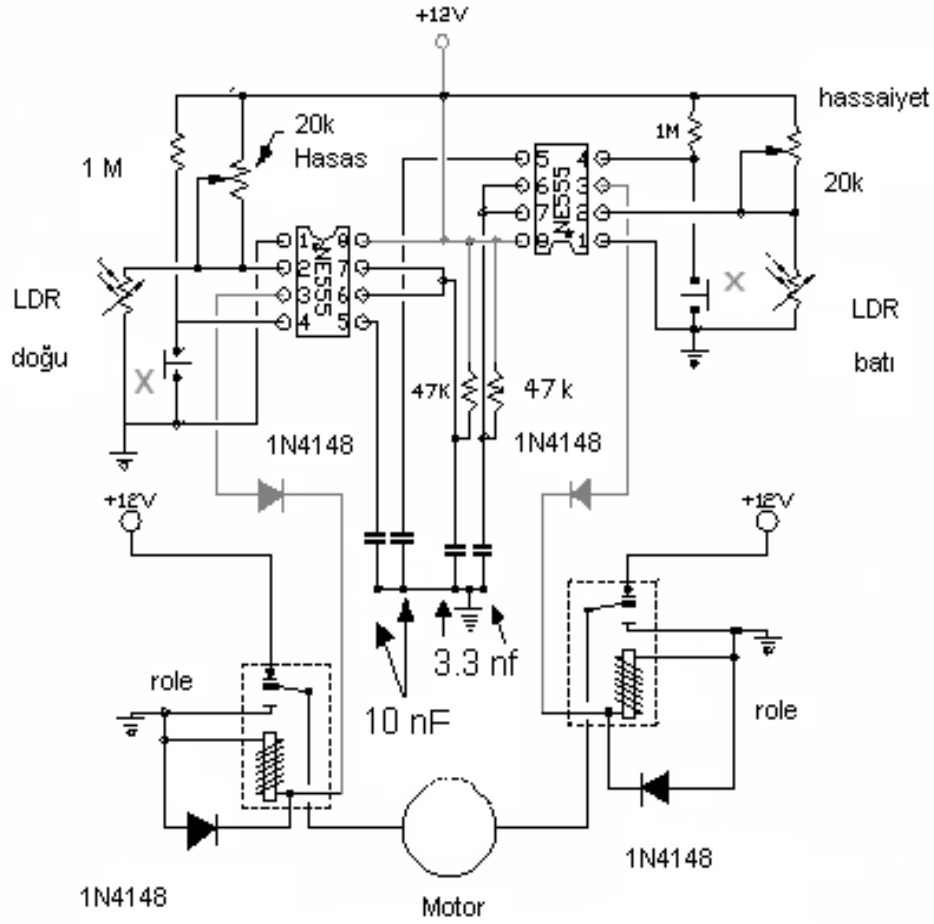
5.2. Güneş ışığı takip devresi

En az 6 ayda bir Solar panel (Güneş paneli) açı ayarı ve yüzey temizliği yapılmalıdır. Açı ayarının yapılması bazı sistemlerde zordur. Bu tür sistemlerde güneş ışığı takip devresi kullanılarak otomatik olarak sistemin kendisi güneşi takip eder. Güneş ışığı takip devresi kullanılması sistemin verimin artması demektir. Bu tür devreler maliyeti artırır.

Uygulamanın şekline göre çeşitli destek elektronik devreler sisteme katılabilir. Bazı sistemlerde, güneş pillerinin maksimum güç noktasında çalışmasını sağlayan maksimum güç noktası izleyici cihazı bulunur.



Şekil 2x. Güneş ışığı takip tasarımı



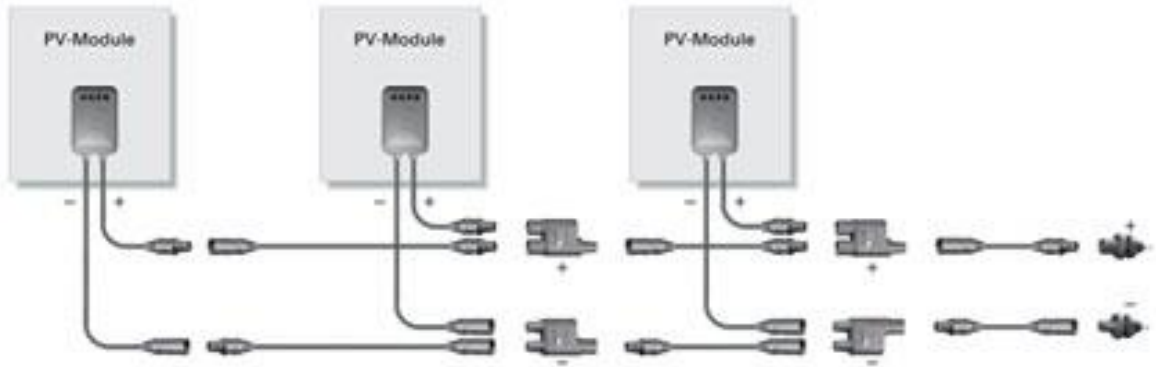
Şekil 5.5. Güneş ışığı takip devresi

5.3. Panel Gruplarının Bağlantı Şekilleri

Fotovoltaik pillerin farklı bağlantı şekilleri ile kullanıcıların ihtiyaçları karşılanabilir. Panel grupları seri veya paralel bağlantı ile bu ihtiyaçların özelliğine göre kurulumu yapılır.

5.3.1. Panel Gruplarının Paralel Bağlanması

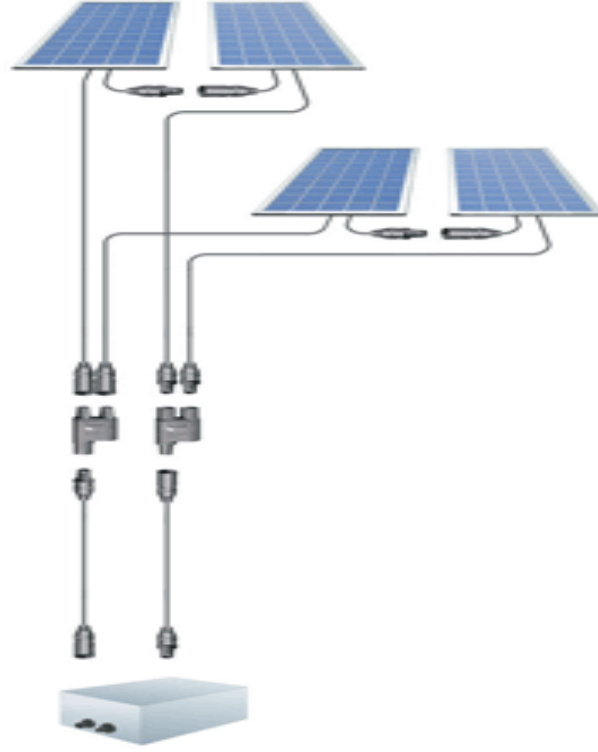
Panel gruplarının paralel bağlanması ile sistem çıkışında, tüketicinin ihtiyacına göre toplam akımın yüksek olması isteniyorsa paralel bağlantı şekli tercih edilir. Çünkü bilindiği üzere paralel bağlanmış kaynakların kollarındaki akımların toplamı yüke verilir.



Şekil 5.6. Panel Gruplarının Paralel Bağlanması

5.3.2. Panel Gruplarının Seri Bağlanması

Panel gruplarının seri bağlanması ile sistem çıkışında, tüketicinin ihtiyacına göre toplam gerilimin yüksek olması isteniyorsa seri bağlantı şekli tercih edilir. Çünkü bilindiği üzere seri bağlanmış kaynakların toplam gerilimi yüke verilir.



Şekil 5.7. Panel Gruplarının Seri Bağlanması

6. GÜNEŞ ENERJİSİ İLE BİR EVİN ENERJİ İHTİYACININ KARŞILANMASI

Kaynakları gittikçe daralan dünyada yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı her alana yaygın olarak girmektedir. Bu alanlardan bir tanesi olan ev elektrik ihtiyacının projelendirilmesi için çeşitli aşamalarından geçilmesi gerekmektedir. Bununla birlikte iki temel belirleyici mevcuttur. Bunlar; bir evin günlük enerji talebinin ve bu talebi karşılayacak enerji kaynağının belirlenmesi olarak sıralanabilir. Bu aşamalarla birlikte enerji ihtiyacını karşılayacak sistem ekipmanlarının hesaplanması ve yenilenebilir enerji sisteminin maliyetinin hesaplanması önemli projelendirme aşamaları olarak karşılaşılmaktadır.

Bir meskenin elektrik ihtiyacını güneş pilinden sağlama sisteminde yaklaşık 16 adet güneş piline, 1 adet şarj kontrol cihazına, akü grubuna ve sistemi besleyecek güçte invertere ihtiyaç bulunmaktadır. Gücü 5 kW olan bir meskenin elektrik ihtiyacını güneş pili ile besleme şeması verilmiştir. Gücü 5 kW olan bir meskenin elektrik ihtiyacını güneş pili ile besleme durumunda elde edilecek güç, akım, gerilim değerleri ve sistemin özellikleri Tablo 2’de verilmiştir.

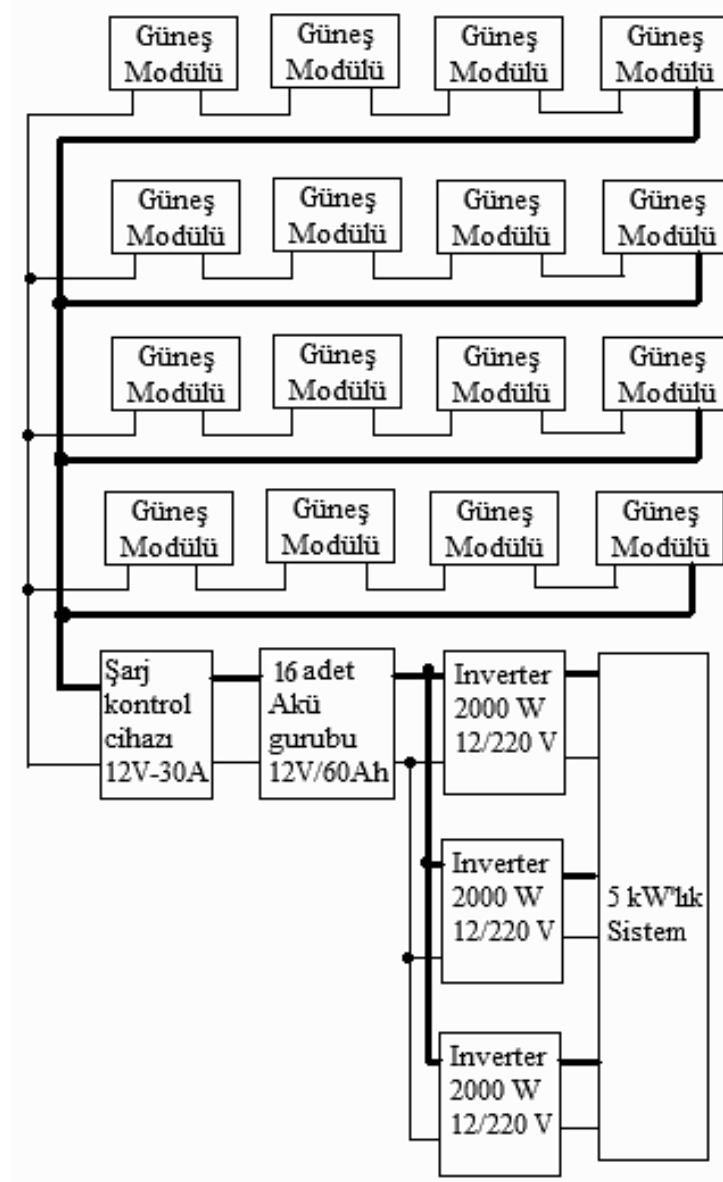
Tablo 6.1. 5 kW’lık sistemin özellikleri

SİSTEM ELEMANI	TEKNİK ÖZELLİK	ADET
Güneş Pili	150W, 21.6V, 6.95A	16
Akü	12V, 60Ah	16
İnverter	2000W	3
Şarj Regülatörü	30A, 12V	1

Her bir modüle ait güç 150 Watt, gerilim 21.6 Volt ve akım ise 6.95 Amperdir. Güneş panellerinin seri ve paralel bağlantı durumlarından yararlanarak istenen akım ve gerilim değerleri elde edilebilir. Bu sistemle;

- Bir evin günlük elektrik ihtiyacı yaklaşık 30 sene karşılanabilir,
- 52 saat güneş ışınımı olmadığı durumda akü yardımı ile elektrik gereksinimi giderilebilir,
- Şebeke ile koordineli çalışarak elektrik üretim maliyeti düşürülebilir,

- Tüm bunlar 20 metrekairelik bir çatı yüzeyinde gerçekleştirilebilir.



Şekil 6.1. 5 kW'lık bir güç besleme sistemi

Kurulması planlanan 5 kW'lık bir güç besleme sistemin genel olarak aşağıdaki belirtilen tabloda kullanıcıların elektrik – elektronik cihazlarının nominal güç değerlerinin, haftalık çalışma saatlerine göre sistemin çalışması planlanmıştır. Bu değerler öngörü yoluyla elde edilmiştir.

Tablo 6.2. Bir evin ortalama günlük ve haftalık tüketim değerleri

SIRA	CİHAZ ADI	NOMİNAL GÜÇ	HAFTALIK ÇALIŞMA SAATİ	HAFTALIK TOPLAM	GÜNLÜK TOPLAM
1	400L Çift Kapılı Buzdolabı	1.450W	7 S	10.150W	1.450W
2	55 Ekran Televizyon	175W	42 S	7.350W	1.050W
3	Aydınlatma (Tüm Ev)	150W	28 S	4.200W	600W
4	Mini Radyo Kaset Çalar	35W	56 S	1.960W	280W
5	Çamaşır Makinesi	2.400W	2 S	4.800W	685W
6	Bulaşık Makinesi	1.500W	3.5 S	5.250W	750W
7	Ayaklı Vantilatör	100W	28 S	2.800W	400W
8	Hava Temizleyici	40W	28 S	1.120W	160W
9	Tost Makinesi	600W	2.5 S	1.500W	215W
10	Mutfak Robotu	400W	1 S	400W	56W
11	Bilgisayar	250W	42 S	10.500W	1.500W
12	VCD Player	40W	14 S	560W	80W
13	48 V DC Baca Fanı	10W	168 S	1.680W	240W
14	48 V DC Acil Durum Aydın.	10W	84 S	840W	120W
15	48 V DC Dalgıç Pompa	500W	7 S	3.500W	500W

7. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Bu proje Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Birimi ile birlikte yürütülmüştür. Projede; enerji ve kullanımından, güneş enerjisinden, güneş pillerinin yapısından ve çalışma ilkelerinden, güneş pillerinin sistem tasarımından, güneş enerjisinden elektrik üretmenin diğer enerji kaynaklarına göre avantajlarından ve bu sistemlerin kullanım alanları üzerinde çalışılmıştır.

Tablo 7.1. Sistem elemanlarının özellikleri

SİSTEM ELEMANI	TEKNİK ÖZELLİK	ADET
Güneş modülü	150 Wp, 34.4 V, 4.36 A	4
Şarj regülatörü	12/24 V, 30 A	1
Akümülatör	12V, 200Ah	1
İnverter	12V/240V, 1000-2000W	1
Projektör	150W	6
Voltmetre (AC)	DİJİTAL	1
Ampermetre	DİJİTAL	1
Voltmetre (DC)	DİJİTAL	1
Termostat	DİJİTAL	2

Her bir modüle ait güç 150 Wp, gerilim 34.4 Volt ve akım ise 4.36 Amperdir. Güneş panellerinin seri ve paralel bağlantı durumlarından yararlanarak istenen akım ve gerilim değerleri elde edilebilir.

7.1. Malzemeler

7.1.1. 150 W Mono Kristal Güneş paneli (4 adet)

Maksimum Güç (Pmax)	150 Wp
Maksimum Güç Gerilimi (Vmp)	18.11 V.
Maximum Güç Akımı (Imp)	8.32A
At STC:1000W/m ² ;25 C, Pil Sıcaklığı, AM 1.5	
Maksimum Sistem Voltajı	1000 VDC
Boyut	1450x670x35 mm
Çıkış Güç Toleransı	+ -5%
Rüzgar Direnci	2400 Pa
Çalışma Sıcaklığı	-40 C + 85 C
Açık Devre Gerilimi (Voc)	22.51V
Kısa Devre Akımı (Isc)	9.08A

7.1.2. Evirici (12 Volt 1000 Watt Tam Sinüs İnverter)

Devamlı Çıkış Gücü	1000 Watt
Kalkınma Tolerans Gücü	2000 Watt
DC Giriş Statik Akım (No Load)	≤1Amp
DC Giriş Aşırı Yük Akımı	≤100-120AMP
AC Çıkış Dalga Formu	Tam Sinüs
Normal Voltaj Girişi	12 Volt
Normal Voltaj Çıkışı	220Volt
Yüksek Voltaj Kesme Seviyesi	>15Volt
Düşük Voltaj Alarm Seviyesi	10.5±0.5Volt
Düşük Voltaj Kesme Seviyesi	10.0±0.5Volt
Çıkış Frekans Seviyesi	50 Hz
Aşırı Yüklenme Güç Aralığı	1000 Watts +5% - +30%
HI-POT Testi	Pri//Sec 1500V/AC 5mA/3s
Sıcaklık Koruması	<65°C

Tam Yük Optimum Verimlilik	≥80%
AC Çıkış Kısa Devre Koruması	Sistem Kapanır
Kaçak Akım Toprak Koruması	Sistem Kapanır
Fan Çalışması	İç Sıcaklığın Yükselmesi ile gerçekleşir >45
Led Gösterge	Normal : Yeşil
Çalışma Sıcaklığı	0-40°C
Çalışma Nemi	10-90% RH
Saklama Sıcaklığı	-10 - 50°C
Saklama Nemi	10-95% RH

7.1.3. Akü Grubu

- 12 Volt 200 Amperlik (AH) JEL AKÜ
- Boyut (UxGxY) 512x275x235 mm
- Ağırlık 68.0 kg
- İstikrarlı performans
- Uzun çevrim ömrüne sahip
- Güvenilir sabit çıkış akımı
- Dayanıklı yapı ve dizayn
- Akmaz, eğim aşısı 180 dereceye kadar
- Kendi kendine deşarj etme seviyesi çok düşük
- Temiz ve doğa dostu
- 100 % bakım gerektirmez
- Kullanımda temiz ve güvenilir
- Kullanım dışındaki zamanda deşarj olmaz

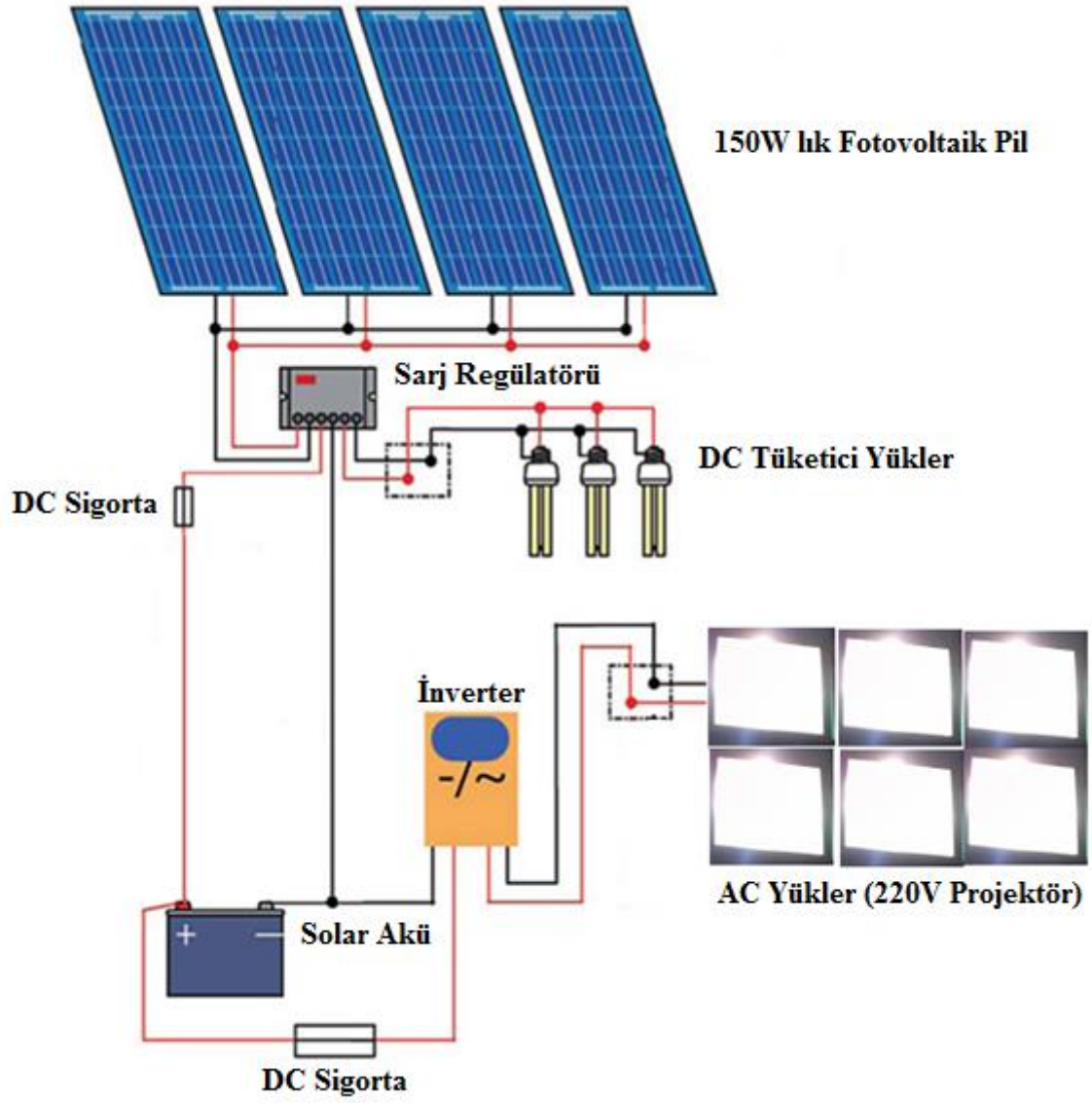
7.1.4. 12-24V/30 AH Şarj Kontrol Cihazı

- Sistem Voltajı : 12/24 Otomatik
- Enerji Harcaması : <4mA
- Güneş Paneli Açık Devre Voltajı: <47 V

- Mak.Panel Gücü : 360/720w
- Mak.Panel Şarj Akımı : 30A
- DC Yük Çıkışı : Var
- Mak. YÜk Akımı : 30A
- Ağırlık : 150 g
- Göstergeler: Led Gösterge+Mod Göstergesi
- Şarj Kontrol Metodu: PWM
- Gece olunca devreye giren , gündüz devreden çıkan otomatik yük kontrolü özelliği.

7.1.5. Dijital ölçü aleti

- DC Voltaj : 3 - 30 - 300 - 1000 V (+/- % 0.8)
- AC Voltaj : 3 - 30 - 750 V (+/- % 1.0)
- AC Akım : 300 - 1000 A (+/- % 2.0)
- DC Akım : 300 - 1000 A (+/- % 2.0)
- OHM : 300 - 3 k - 30 k - 30 M ohm (+/- % 2.0)
- Pense Çapı : 50 mm
- Frekans : 30 kHz (+/- % 2.0)
- Sesli İkaz : Var
- Ağırlık : 500 g
- Batarya : 9Vx1, 6F22



Şekil 7.1. Güneş Enerjisi İle Bir Evin Enerji İhtiyacının Karşlanması

Tablo 7.2. 25/11/2013 tarihinden 25/12/2013 tarihleri arasında farklı günlerde ve sıcaklıklarda yapılan ölçümler

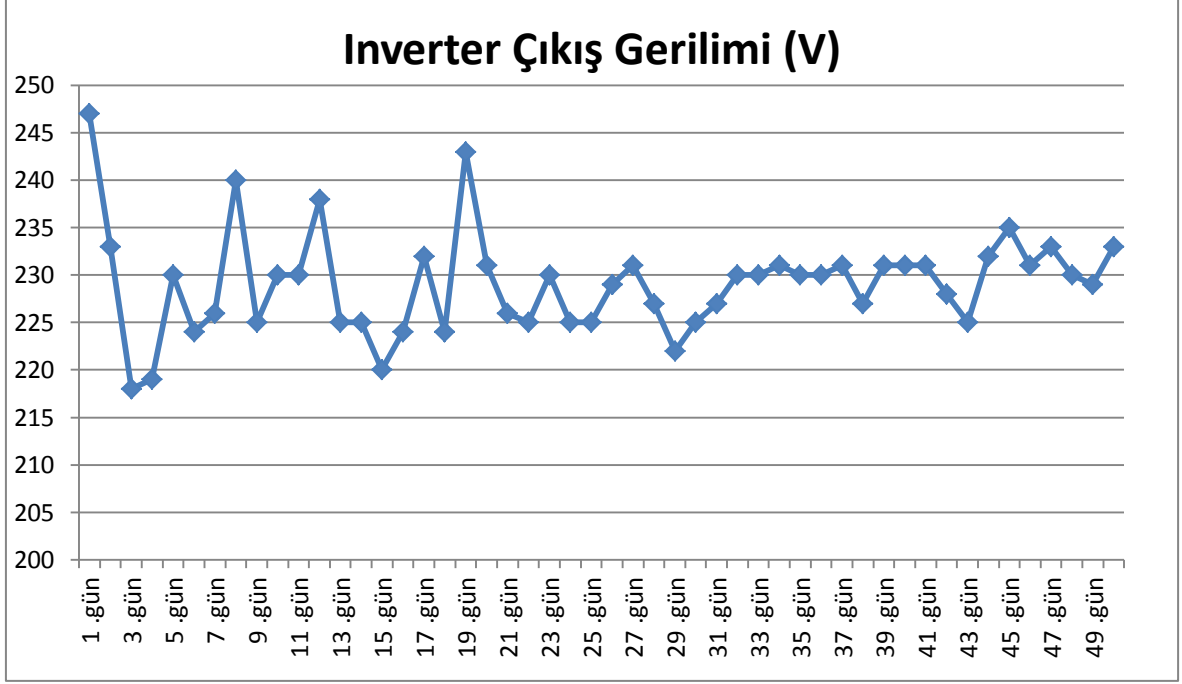
	Inverter Girişinde Paralel Bağlı Panellerin Toplam Gerilimi (V)	Inverter Çıkış Gerilimi (V)	Inverter Çıkış Akımı (A)	DC Çıkış Gerilimi (V)	Ölçüm Saati	Hava Durumu	Panel sıcaklığı Dijital Termometre (C) En düşük Değeri	Panel sıcaklığı Dijital Termometre (C) En yüksek Değeri	Batarya, Ş.K.C, ve İnverter Analog Termometre (C) Sıcaklık Değeri	Inverter Çıkış Gücü (W)
1 .gün	12	247	7,4	12	15:30	Bulutlu	-7	12	12,8	1827,8
2 .gün	13	233	6,5	12	15:30	Hafif Güneşli	-8	12	13,1	1514,5
3 .gün	3	218	6,3	11	15:30	Bulutlu	-5	12	11,1	1373,4
4 .gün	12	219	6,1	12	16:00	Yağmurlu	0	12	9,8	1335,9
5 .gün	14	230	6,5	12	09:00	Güneşli	-3	7	5,4	1495
6 .gün	4	224	5,3	12	16:30	Bulutlu	-2	11	8,1	1187,2
7 .gün	2	226	6,3	12	16:40	Bulutlu	-4	9	6,9	1423,8
8 .gün	13	240	6,3	13	10:25	Güneşli	0	6	6	1512
9 .gün	13	225	6,2	12	11:20	Bulutlu	-1	7	5,6	1395
10 .gün	15	230	6,5	13	10:00	Güneşli	-2	7	5,2	1495
11 .gün	15	230	6,6	13	12:00	Güneşli	-6	5	5	1518
12 .gün	15	238	3,8	14	11:30	Güneşli	-2	8	3,8	904,4
13 .gün	12	225	6,3	12	09:40	Hafif Güneşli	-2	8	2	1417,5
14 .gün	12	225	6,4	12	11:50	Kar Yağışlı	-6	-2	2	1440
15 .gün	12	220	6,1	11	09:00	Hafif Güneşli	-8	-2	1	1342
16 .gün	13	224	6,5	12	16:00	Güneşli	-5	11	3,8	1456
17 .gün	15	232	6,2	13	09:30	Güneşli	-10	3	1,8	1438,4

Tablo 7.3. 25/12/2013 tarihinden 20/01/2014 tarihleri arasında farklı günlerde ve sıcaklıklarda yapılan ölçümler.

	Inverter Girişinde Paralel Bağlı Panellerin Toplam Gerilimi (V)	Inverter Çıkış Gerilimi (V)	Inverter Çıkış Akımı (A)	DC Çıkış Gerilimi (V)	Ölçüm saati	Hava Durumu	Panel sıcaklığı Dijital Termometre (C) En düşük Değeri	Panel sıcaklığı Dijital Termometre (C) En yüksek Değeri	Batarya, Ş.K.C, ve İnverter Analog Termometre (C) Sıcaklık Değeri	Inverter Çıkış Gücü (W)
18 .gün	12	224	6,3	12	16:00	Güneşli	-10	3	3,8	1411,2
19 .gün	13	243	6,2	13	15:00	Güneşli	-10	-5	4,3	1506,6
20 .gün	13	231	6	13	10:00	Güneşli	-5	-1	3,1	1386
21 .gün	12	226	6,4	12	11:00	Hafif Güneşli	-10	-5	1,8	1446,4
22 .gün	12	225	6,4	13	14:15	Hafif Güneşli	-10	-5	3,1	1440
23 .gün	12	230	6,3	12	15:00	Hafif Güneşli	-10	-6	2,5	1449
24 .gün	13	225	6,4	12	13:00	Güneşli	-10	-6	1,8	1440
25 .gün	13	225	6,4	12	13:30	Güneşli	-5	-3	1,5	1440
26 .gün	13	229	6,5	13	10:45	Güneşli	-6	0	1,8	1488,5
27 .gün	13	231	6,8	14	10:20	Güneşli	-5	-3	4,1	1570,8
28 .gün	12	227	7	12	10:00	Yağmurlu	0	5	5	1589
29 .gün	12	222	6,5	12	13:00	Güneşli	-2	5	6,8	1443
30 .gün	12	225	6,1	12	13:00	Hafif Güneşli	-3	6	5,5	1372,5
31 .gün	13	227	6,9	12	16:00	Güneşli	-2	5	6	1566,3
32 .gün	12	230	7,5	12	15:00	Hafif Güneşli	-2	4	5,9	1725
33 .gün	13	230	7	13	13:00	Güneşli	-2	6	5,4	1610
34 .gün	13	231	7	12	13:15	Güneşli	-3	7	5,3	1617

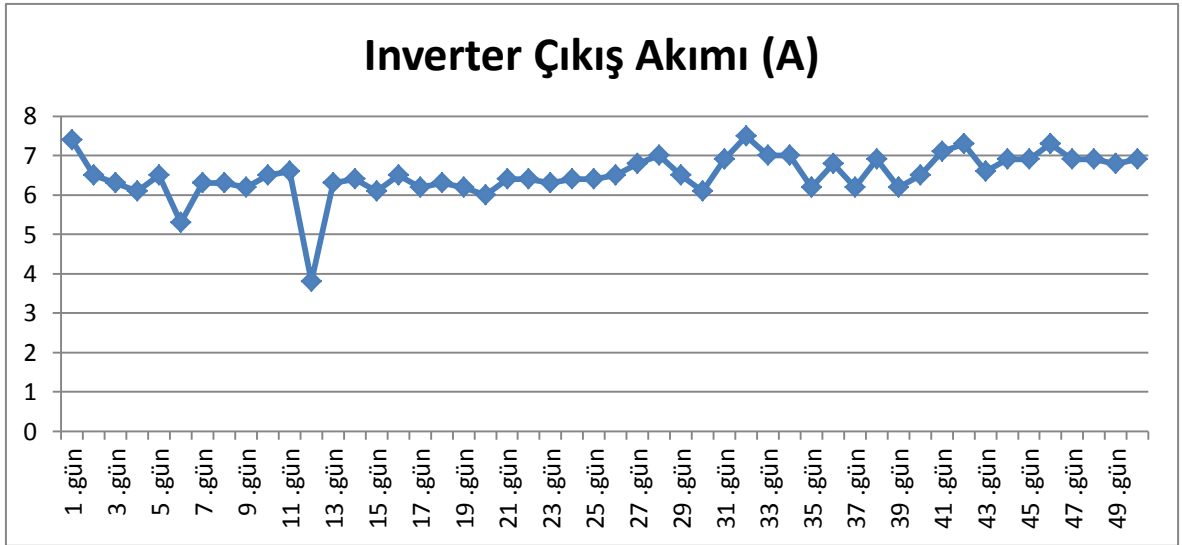
Tablo 7.4. 20/01/2014 tarihinden 10/02/2014 tarihleri arasında farklı günlerde ve sıcaklıklarda yapılan ölçümler.

	Inverter Girişinde Paralel Bağlı Panellerin Toplam Gerilimi (V)	Inverter Çıkış Gerilimi (V)	Inverter Çıkış Akımı (A)	DC Çıkış Gerilimi (V)	Ölçüm saati	Hava Durumu	Panel sıcaklığı Dijital Termometre (C) En düşük Değeri	Panel sıcaklığı Dijital Termometre (C) En yüksek Değeri	Batarya, Ş.K.C, ve İnverter Analog Termometre (C) Sıcaklık Değeri	Inverter Çıkış Gücü (W)
35 .gün	13	230	6,2	12	13:30	Güneşli	-2	7	6,8	1426
36 .gün	13	230	6,8	13	10:00	Güneşli	-5	7	6,3	1564
37 .gün	13	231	6,2	13	14:00	Güneşli	-2	7	5	1432,2
38 .gün	13	227	6,9	13	11:00	Hafif Güneşli	-5	2	4	1566,3
39 .gün	14	231	6,2	12	11:00	Güneşli	-3	5	5,3	1432,2
40 .gün	12	231	6,5	12	10:00	Güneşli	-3	5	4,8	1501,5
41 .gün	13	231	7,1	13	09:30	Güneşli	-1	7	3,8	1640,1
42 .gün	13	228	7,3	13	11:20	Güneşli	-2	6	5,3	1664,4
43 .gün	11	225	6,6	11	11:00	Bulutlu	1	7	8	1485
44 .gün	13	232	6,9	12	14:00	Güneşli	-1	8	9,2	1600,8
45 .gün	13	235	6,9	12	09:30	Güneşli	-2	8	6,3	1621,5
46 .gün	12	231	7,3	13	13:00	Güneşli	-4	6	4,8	1686,3
47 .gün	14	233	6,9	14	10:30	Güneşli	-6	3	2,3	1607,7
48 .gün	12	230	6,9	12	10:30	Güneşli	-5	7	2,8	1587
49 .gün	13	229	6,8	12	14:30	Güneşli	-4	7	7,1	1557,2
50 .gün	13	233	6,9	12	11:00	Güneşli	-4	7	3,4	1607,7



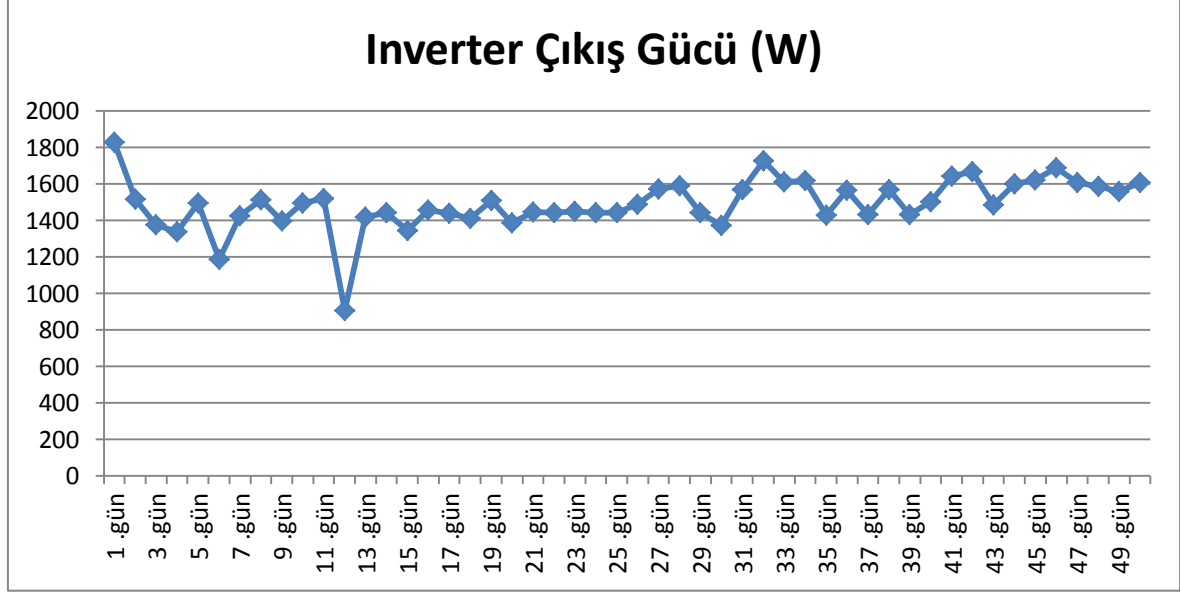
Şekil 7.2. Inverter çıkış geriliminin zamana göre değişimi.

Inverter çıkış gerilimi grafiğine göre ilk yirmi günlük periyotta gerilim değerleri çok büyük dalgalanmalar meydana getirmiştir. Bu dalgalanmaların nedeni yükün durumudur. Eğer yük indüktif yada kapasitif güç çekmek istemesinden dolayı gerilim ve akımda dalgalanma meydana getirmektedir. Eğer yük sadece aktif güç çekmek isteseydi bu durumda grafik yirmi birinci gündən itibaren gibi görünecekti. Buda gerilim değerinin küçük salınımlar yaptığını gösteriyor.



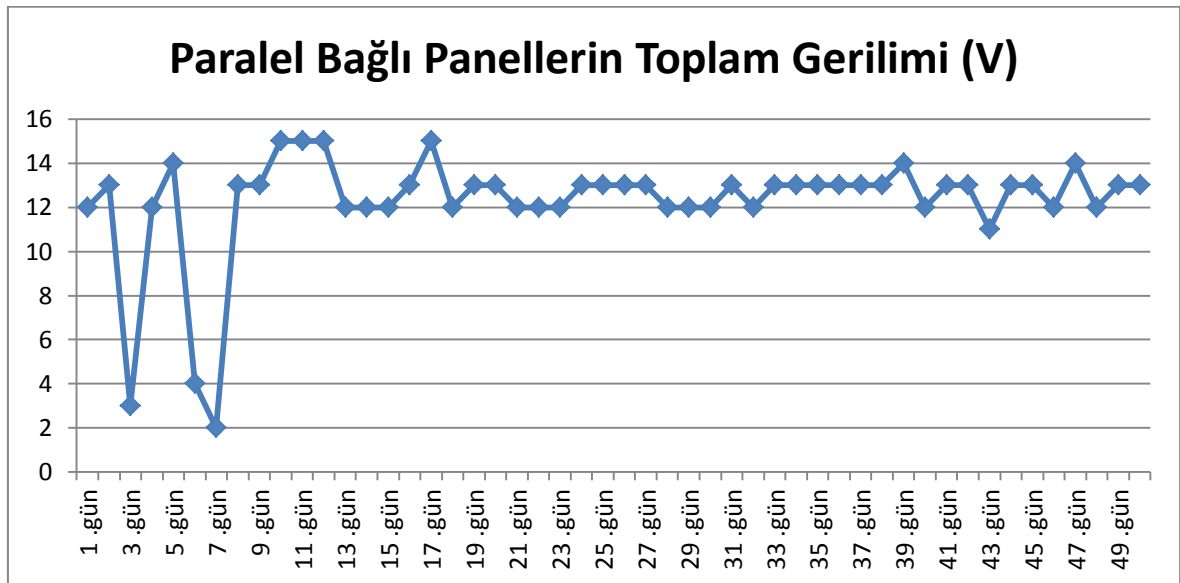
Şekil 7.3. Inverter çıkış akımının zamana göre değişimi.

İnverter çıkış akım grafiğinde on ikinci günde görülen ani düşüşün sebebi yükte kullanılan altı adet projektörden sadece üç tanesinin çalışmasından dolayı çekilen akım değeri de yaklaşık olarak yarı yarıya düşmüştür.



Şekil 7.4. İnverter çıkış gücünün zamana göre değişimi.

İnverter çıkış gücü grafiğinde on ikinci günde görülen ani düşüşün sebebi yükte kullanılan altı adet projektörden sadece üç tanesinin çalışmasından dolayı çekilen güç değeri de yaklaşık olarak yarı yarıya düşmüştür.



Şekil 7.5. Paralel bağlı panellerin toplam gerilimin zamana göre değişimi.

Parelel bağı panellerin toplam gerilimi grafiğindeki değerler şekil 7.1’de gösterildiği gibi şarj kontrol cihazı panel girişi kısmında okunmuştur. İlk on gün içinde oluşan büyük salınımlar istenmeyen durumdur. Bu istenmeyen durumu önlemek için batarya ile inverter arasına DC/DC konverter bağlanarak önlem alınması gerekir. Bu önlem alınırsa yaklaşık olarak onuncu günden sonraki grafik değişimi görülebilir.

Yukarıda görülen 3 farklı tablodan anlaşılağı üzere yapılan çalışmada 4 adet güneş paneli, 1 adet şarj kontrol cihazı, 1 adet batarya, 1 adet inverter, 6 adet projectör ve 1 adet ölçü aleti kullanılarak sistem tasarımı yapılmıştır. Yapılan çalışmamızda 25.11.2013 ile 10.02.2014 tarihleri arasında farklı günlerde sistem verileri düzenli olarak kaydedilmiştir. Yukarıdaki tablolardan anlaşılağı üzere Paralel Bağlı Panellerin Toplam Gücü (V), Inverter Çıkış Gerilimi (V), Inverter Çıkış Akımı (A), DC Çıkış Gerilimi (V), Ölçüm saati, Hava Durumu, Panel sıcaklığı Dijital Termometre (C) En düşük Değeri, Panel sıcaklığı Dijital Termometre (C) En yüksek Değeri, Batarya Şarj Kontrol Cihazı, İnverter Analog Termometre (C), Sıcaklık Değeri Inverter ve Çıkış Gücü (W) farklı günlerde okunup kaydedilmiştir. Inverter çıkış gerilimi Şekil 7.2’de görüldüğü üzere ilk kurulum anından itibaren 248 – 217V arasında ölçülmüştür. Inverter girişinde gerilim değerleri olarak paralel bağı panellerin toplam değerleri okunmuştur. Bu gerilim güneş ışınlamalarının değişimine bağı olarak salınım yapmıştır. Bu salınım doğal olarak inverter çıkışındaki gerilim değerinin de salınım yapmasına sebep olmaktadır. Bunu önlemek için şarj kontrol cihazı ile inverter arasına DC/DC konvertör kullanılarak inverter girişindeki gerilim değerinin salınım yapması engellenip, bu gerilimin sabit olması sağlanır. Inverter çıkış akımı Şekil 7.3’de görüldüğü üzere 7,5 – 5,3A arasındaki farklı değerler okunmuştur. Inverter çıkış akımı panellerin paralel bağı olmasından dolayı normale göre yüksek değerlerde ölçülmüştür. Bu değerler yükün seçilmesine bağı olarak değişebilir. Örneğin yapılan çalışmada normal projektör yerine led lambalı projektörler kullanılsaydı muhtemelen bu akım değerleri yaklaşık olarak 3 – 4,5A olarak okunulması tahmin edilmektedir. Bundan dolayı kurulacak sistemlerde led lambalı projektörler kullanılması sistemi daha verimli çalışmasını sağlayacaktır. Inverter çıkış gücü 1820 – 1200W arasında farklı günlerde 6 adet projektörün çalıştığı anda yapılan ölçümlerdir. Paralel bağlanan panellerin toplam gerilimleri yaklaşık olarak panellerin birinin gerilimlerine eşittir. Paralel bağlantı yapmamızın sebebi yük üzerinde akımın büyük değerde okunmasının istenmesidir. Panellerin seri bağlanması durumunda akımın sabit olup gerilimin belli bir değerde olması gözlemlenir.

8. GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİNDE ÖRNEK MALİYET VE VERİM HESABI

Ev, işyeri ve arazi şartlarında elektriğe ulaşmak güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerjilerin yaygınlaşması ile artık çok daha kolay hale gelmiştir. Peki, güneş enerjisi sistemi kurmak istediğimizde bunu nasıl hesaplayacağız? Bu sistemlerde dikkat edilmesi gerek ve hesaplanması gereken en önemli hususlardan bazıları aşağıdaki gibidir.

1. Kurulum yapılacak yerin dünyadaki konumu: Bu husus güneşten gelen ışınların güneş panellerine dik olarak düşmesi ve bu düşüşteki açının dik olması için panelin montaj yapılacağı açının ayarlanması gerekir. Bu açıları hesaplayan güneş takibi yapan aparatların kullanılması durumunda sistemin verimi artar ve bu açığı hesaplamak zorunluluğunu ortadan kaldırır. Açının önemi, panellerin verimliliğinin maksimum seviyede olması ve elde edilen enerjinin maksimum seviyede olması için hayatidir.

2. Sistemin besleyeceği elektrik tüketicilerinin gücü ve kullanım süreleri: Güneş enerjisinden elektrik üretiminde kurulu güç ve buna bağlı olarak üretilen enerji birbiriyle doğru orantılıdır. Metrekareye düşen güneş ışını ortalaması ve bu ışınların birim kurulu güçte ürettikleri enerji, tüketicilerin talep ettiği enerjiyi karşılamalı, hatta belirli oranda günün ihtiyacını karşılayacak şekilde toleranslı olmalıdır.

3. Elektrikli cihazların belirlenmiş süredeki enerji beslemelerini yapabilecek kapasitede akünün sisteme bağlanması gerekmektedir. Düşük kapasitedeki akü enerji ihtiyacını karşılayamayacağı gibi, yüksek kapasitedeki akü kurulan sistemin bu kapasiteyi dolduramaması veya mevcut enerjinin kullanılmaması sebebi ile gereksiz bir yatırım halini alacaktır.

4. Türkiye sınırları içerisinde hemen hemen her ilde, yazlık güneş değerleri ile kışlık güneş değerleri yarı yarıyadır. Sistem hesaplanırken bu husus göz ardı edilmemelidir. Kış ayları hesaplanarak kurulan bir sistem yaz aylarında aşırı elektrik üretecek ve bu elektrik Türkiye şartlarında henüz şebekeye satışın mümkün olmaması sebebiyle boşa gidecektir. Yine aynı şekilde yaz aylarındaki güneş hesaplanarak kurulacak bir sistem kış aylarında güneş açısının daha düşük seviyeye gelmesi sebebiyle yeterli elektrik üretemeyecektir.

Güneş enerjisi sistem hesaplaması oldukça teknik bir husustur ve birçok değişken bu hesaba etki etmektedir. Elektrik ihtiyacı olan herhangi bir cihaz için Türkiye'nin her bölgesinde mevcut elektrik üretim potansiyeli değerleri ile sistem hesaplaması yapabiliriz.

Örnek 1: Evin çatısında küçük ölçekli güneş enerjisi tesisi kurulması:

Lisanssız elektrik üretim mevzuatından yararlanmak isteyen bir kişi 150 m2 evinin çatısının yaklaşık 105 m2'sinin güneşe baktığını, bu kısma güneş enerjisi tesisi kurulabileceği sonucuna ulaşmıştır. 1 kW için 7 m2 yer gerektiği varsayımı altında 15 kw gücünde fotovoltaik güneş paneli kullanılarak güneş enerjisi tesisi kurulabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Tesisin kurulup işletmeye alındığını varsayalım. Tesisin bir gün içinde 7 saat ışıyım aldığını düşünürsek bir gün içinde tesiste $7 \times 15 \text{ kW} = 105 \text{ kWh}$ elektrik enerjisi üretilabileceği sonucuna ulaşılır. Bir gün içinde evin 10 kWh enerji tükettiği varsayılırsa o gün için $105 - 10 = 95 \text{ kWh}$ sisteme ihtiyaç fazlası enerji verilmiş demektir. Bir sonraki gün havanın bulutlu olduğu ve ışıyımın az olduğunu varsayalım. Buna göre güneş 4 saat ısıyorsa tesis $4 \times 15 = 60 \text{ kWh}$ elektrik üretir. Gün içinde elektrik tüketiminin arttığını ve toplam 15 kWh enerji tüketildiğini düşünelim. Bu durumda $60 - 15 = 45 \text{ kWh}$ sisteme ihtiyaç fazlası enerji verilmiş olur. Buna göre iki gün için güneş enerjisi için ödenen 13.3 ABD dolar destek bedeli ödemesi üzerinden destekleme bedelini hesaplayalım:

$$1.\text{gün: } 95 \text{ kWh} \times 0,133 \text{ usd/kWh} \times 1,85 \text{ TL/usd} = 23,37 \text{ TL}$$

$$2.\text{gün: } 45 \text{ kWh} \times 0,133 \text{ usd/kWh} \times 1,85 \text{ TL/usd} = 11,07 \text{ TL}$$

Her iki bedelden dağıtım sistem kullanım bedeli (dskb) ve diğer bedeller düşülerek kişinin alacak hesabına kaydı yapılacaktır. Her iki durumunda 15'er gün sürdüğünü düşünelim.

$$(15 \times 95 = 1425) + (15 \times 45 = 675) = 2100 \times 0,133 \times 1,85 = 516,70 \text{ TL (dskb ve diğer bedeller hariç)}$$

Bu kişinin 15 gün 10 kWh 15 gün 15 kWh elektrik tükettiği de hesaba katılmalıdır. Bu hesap yapıldığında $(15 \times 10 = 150) + (15 \times 15 = 225)$ aylık 375 kWh elektrik tükettiği bulunur. Bu kişi tesisi kurmasaydı elektriği abonelik bedeli üzerinden alacaktı. Buna göre $375 \times 26 \text{ Kuruş} = 97,50 \text{ TL}$ enerji bedeli ödemesi gerekecekti. Ayrıca bu bedel için dskb ve diğer bedelleri de ödeyecekti. Sonuç olarak; bu kişinin sisteminin kurulum maliyet bedeli aşağıdaki gibidir.

- Fizibilite, yatırım ve işletme maliyetleri ihmal edilmek kaydıyla
- 516,70 TL destek ödemesi alacağı (dskb ve diğer bedeller kesintileri hariç) ,
- 97,50 TL elektrik faturası ödemekten muaf kaldığı (dskb ve diğer bedeller ilave edilmeden)

Örnek 2: Apartmanın çatısında güneş enerjisi tesisi kurulması:

Lisanssız elektrik üretim mevzuatından yararlanmak isteyen bir apartman sakinlerinin tüketim bileştirme uygulaması kapsamında aralarından birini yetkilendirdiklerini varsayalım. Apartman $4 \times 150 \text{ m}^2 = 600 \text{ m}^2$ çatı alanına sahip olduğu, güneşe bakan yönünün 300 m^2 olduğu ve dolaylı aydınlanan yerlerle birlikte 350 m^2 çatı alanının fotovoltaik panel uygulamasına uygun olduğu varsayımını dikkate alalım. 1 kW için 7 m^2 yer gerektiğini düşünerek 350 m^2 'ye 50 kW gücünde güneş panelinden elektrik üretim tesisi kurulabileceği sonucuna ulaşılabilir.

Tesisin kurulup işletmeye alındığını varsayalım. Tesisin bir gün içinde 7 saat ışıyım aldığı düşünürsek bir gün içinde tesiste $7 \times 50 \text{ kW} = 350 \text{ kWh}$ elektrik enerjisi üretilabileceği sonucuna ulaşılır. Bir gün içinde bir evin 10 kW enerji tükettiği düşünülürse 16 daireli bir apartmanda bir günde 160 kWh enerji tüketildiği düşünülebilir. Böylece 350 üretim 160 tüketim; $350 - 160 = 190 \text{ kWh}$ sisteme ihtiyaç fazlası enerji verilmiş demektir. Bir sonraki gün havanın bulutlu, ışıyımın az olduğunu varsayalım. Buna göre güneş 4 saat ısıyorsa tesis $4 \times 50 = 200 \text{ kWh}$ elektrik üretecektir. Gün içinde elektrik tüketiminin arttığını ve toplam daire başına 15 kWh elektrik tüketildiğini düşünerek $16 \times 15 = 240 \text{ kWh}$ enerji tüketildiğini düşünelim. Bu durumda $200 - 240 = -40 \text{ kWh}$ sistemden elektrik enerjisi kullanımı gerçekleşmiş olsun. Bu iki durumdan her ikisinin de 15 'er gün devam ettiğini düşünelim. Güneş enerjisi için ödenen 13.3 ABD dolar destek bedelini ve abonelik için 26 krş/kWh enerji bedelini dikkate alarak hesap yapalım:

1.gün: $190 \text{ kWh} \times 0,133 \text{ usd/kWh} \times 1,85 \text{ TL/usd} = 46,74 \text{ TL}$ destek ödemesi

2.gün: $-40 \text{ kWh} \times 30 \text{ krş} = 12 \text{ TL}$ abonelik enerji bedeli

Her iki bedel için de dağıtım sistem kullanım bedeli (dskb) ve diğer bedellerin ilavesi uygulaması yapılacaktır. Yani ilk bedelden dskb ve diğer bedeller düşülerek alacak yazılacak, ikinci bedele ise dskb ve diğer bedeller eklenerek borç yazılacaktır. Her iki durumunda 15 'er gün sürdüğünü düşünelim.

1.gün durumu: $190 \times 15 = 2850 \text{ kWh} \times 0,133 \text{ usd/kWh} \times 1,85 \text{ TL/usd} = 701,24 \text{ TL}$ (alacak)

2.gün durumu: $40 \times 15 = 600 \text{ kWh} \times 26 \text{ krş} = 156 \text{ TL}$ (borç)

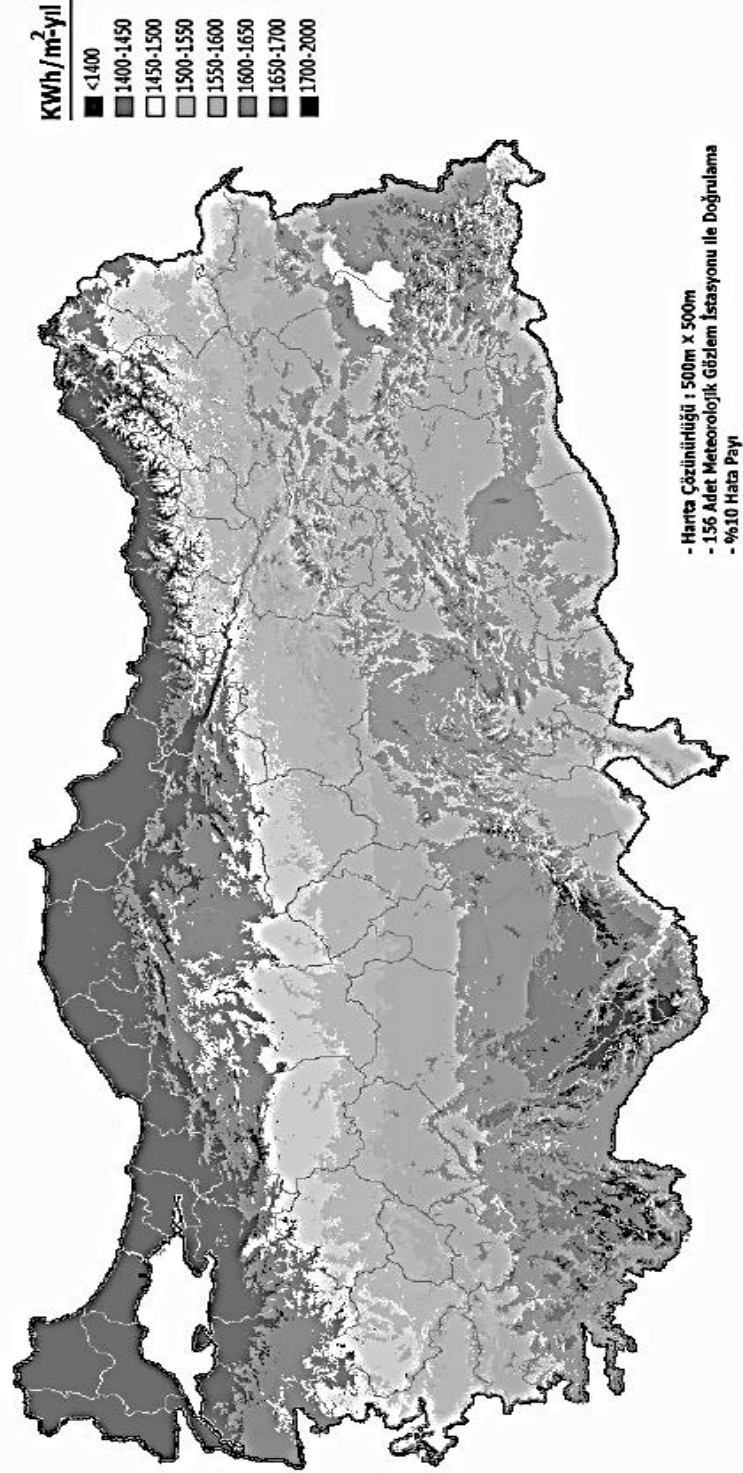
Bu durumda kişinin 701 TL destek bedeli ödemesi ve 156 TL abonelik enerji bedeli borcu olduğu görülecek ve takas yapılacak ve kişi $701,24 - 156 = 545,24 \text{ TL}$ dağıtım sistem kullanım bedeli ve diğer bedeller kesintisi hariç olmak üzere aylık destek bedeli alacağı bulundu. Ancak bu kişilerin kendi üretimlerinden kullandıkları enerji bedelini de

hesaplamak gerekecektir. Buna göre; $15 \times 160 = 2400$ kWh üretimden elektrik tüketimi yapıldığı bulunacaktır. Üretim yapılmıyor olsaydı bu enerji için 26 krş üzerinden abonelik enerji bedeli ödenecek olsaydı $2400 \text{ kWh} \times 26 \text{ krş} = 624 \text{ TL}$ dskb ve diğer bedeller hariç enerji bedeli olarak elektrik faturası ödemesi yapılacaktı. Sonuç olarak; bu kişinin sisteminin kurulum maliyet bedeli aşağıdaki gibidir.

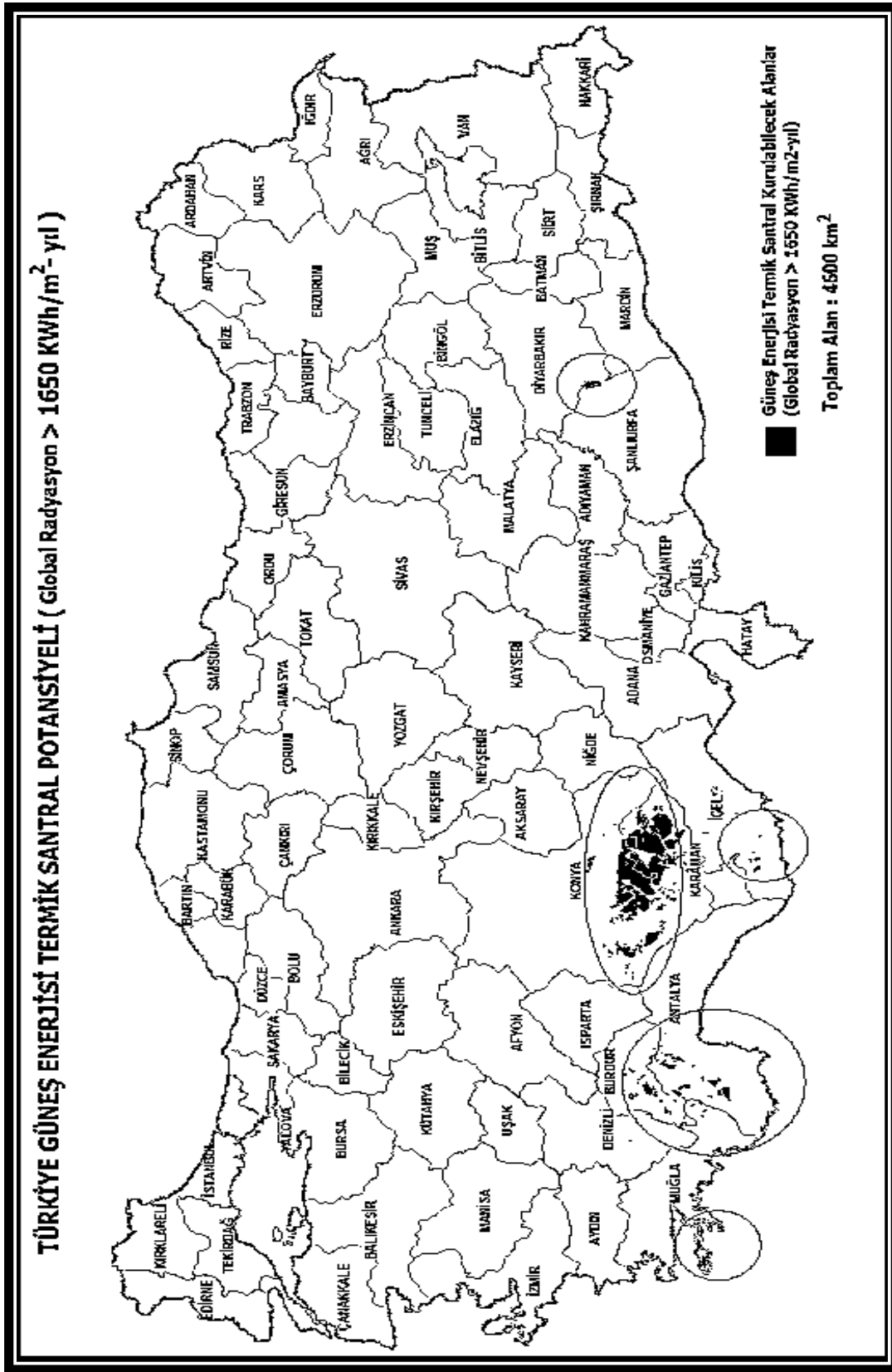
- Fizibilite, yatırım ve işletme maliyetleri ihmal edilmek kaydıyla
- 521,24 TL destek ödemesi alacağı (dskb ve diğer bedeller kesintileri hariç) ,
- 624 TL elektrik faturası ödemekten muaf kaldığı (dskb ve diğer bedeller ilave edilmeden)

TÜRKİYE GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ ATLASI (GEPA)

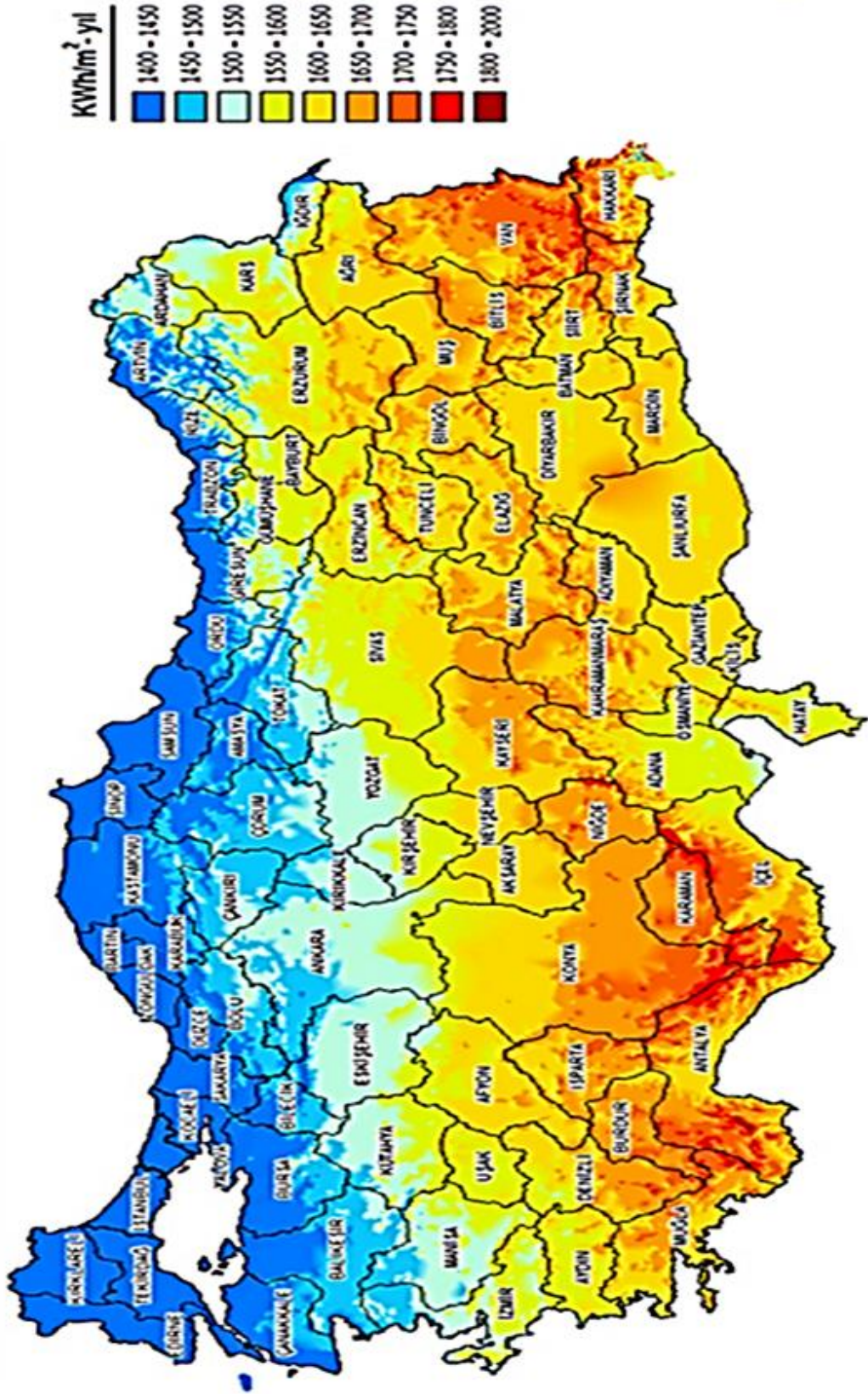
(Türkiye Üzerine Gelen Toplam Güneş Radyasyonu)



Şekil 8.1. Türkiye üzerine gelen toplam güneş radyasyonu.



Şekil 8.2. Türkiye güneş enerjisi termik santral potansiyel.



Şekil 8.3. Türkiye üzerine gelen toplam güneş radyasyonu (Renkli)

SONUÇ

Günümüzde, üretim ve dizayn maliyetleri gittikçe düşen, güneş pilleri, elektrik üretiminde bir seçenek durumuna gelmişlerdir. İlk kuruluş maliyeti, diğer sistemlere göre, biraz yüksek olsa bile, sistem bir süre sonra kendini amorti etmektedir. Sistemin en önemli özelliği, elektrik üretimi için hiçbir yakıtı veya bağlantıya gerek duymamasıdır. Devam eden çalışmalar sonucu, maliyette olacak iyileşmeler, güneş pillerini daha da çekici bir alternatif durumuna getirecektir. Dünyada yapılan çalışmalar sonucu, sistemlerin maliyetleri her geçen gün düşürülmekte; bu da, söz konusu sistemleri çekici kılmaktadır. Alternatif enerji sistemleri üzerine yapılan arge çalışmalarıyla birim elektrik enerjisi üretim maliyetleri 1/3 oranında düşürülmüştür. Fiyatların ileride daha da düşeceği kesindir. Ülkemizde yapılan çalışmalar çok hızlı şekilde olmasa bile alternatif enerjilerle elektrik üretimi giderek yaygınlaşmaktadır.

1-11 Aralık 1997 tarihlerinde, Japonya/Kyoto'da yapılan ve 150 ülkeden gelen delegelerin katıldığı "Küresel Isınma" başlıklı toplantıda, imzalanan ortak bildirgeye göre, gelişmiş ülkeler, 2008-2012 yılları arasında, atmosfere salacakları sera gazı düzeylerini, 1990 yılı değerlerinin %5 altına indirmiş olacaklardır. Türkiye, söz konusu toplantıya bakan düzeyinde katılan ülkelere olup, gelişmiş ülkeler sınıfına sokulduğundan, belirtilen tarihlere kadar, sera gazı atımını azaltmış olması gerekmektedir. Çevre bilincinin, ortak bir dünya bilincine dönüşmekte olduğu günümüzde dış ülkelere yapılan ihracatlara kota getirilmesi gibi ekonomik yaptırımlara neden olabilecektir. Gerek enerji sıkıntısı, gerekse çevre kaygısıyla yenilenebilir enerji kaynaklarına bir an önce gereken önem verilerek geç kalınmadan, kamu ve özel sektör bazında yatırımlara girilmesi gerekmektedir. Alternatif enerji kaynaklarının caydırıcı olabilecek özellikleri, ilk yatırım maliyetlerinin yüksek oluşudur. Ancak karşılaştırma yapılırken dikkat edilecek değerler, çevre ve uzun vadede çözülen enerji sıkıntısı olmalıdır.

Türkiye'de şu anda kurulu güneş enerjisiyle elektrik üretim sisteminin 3 MWp olduğu tahmin ediliyor ve daha çok iletişim baz istasyonları, aydınlatma sistemleri, şebekeden uzak ada sistemleri gibi elektrik şebekesinden bağımsız otonom sistemlerde kullanılmaktadır. Bunların yanı sıra birkaç üniversitede test ve demonstrasyon amaçlı kurulan sistemler, bazı şirketlerin sosyal sorumluluk projeleri kapsamında oluşturduklarını güneş enerjisi elektrik sistemlerinden başka kurulu gücümüz yoktur.

Güneş enerjisi elektrik teknolojisinde geri kalmışlığın en önemli nedeni dünyada güneş enerjisinden elektrik üretimi sistemlerinin ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygınlaşmasını sağlayan yenilenebilir enerji teşviklerinin ne yazık ki ülkemizde bir türlü uygulama aşamasına getirilememiş olmasıdır. Halbuki ülkemiz güneş enerjisi potansiyeli yenilenebilir enerji teşviklerinin uygulandığı ülkelerin güneş enerjisi potansiyelinden çok daha fazladır.

Türkiye Cumhuriyeti Hükümeti tarafından da yenilenebilir enerji kaynaklarının payının hızla arttırılacağı açıklanmıştır. Şu anda rüzgar ve güneş elektriğinden elde edilen enerjinin toplam elektrik enerjisi üretimindeki payı sadece % 0,5 olup bu değerin 2020 yılında % 10'a çıkarılacağı bildirilmiştir. 2020 yılında rüzgar enerjisi kurulu gücü 20 GW olarak konulmuştur. Güneş enerjisiyle elektrik üretimi (fotovoltaik güç sistemleri) için belirlenmiş net bir kurulu güç hedefi yoktur. 2008 yılında Yenilenebilir Enerji Kanununda yapılan değişikliklerle 500 kW değerine kadar olan güçlerde, herhangi bir lisans alınmadan ulusal şebekenin beslenebileceği hükmü getirilmiştir. 500 kW değerinin üzerine çıkıldığında Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu'ndan (EPDK) izin almak gerekir. 2009 yılının başında da Türkiye Kyoto Protokolü'nü imzalayan ülkeler arasına girmiştir. Önümüzdeki aylarda güneş elektrik üretiminin gelişmiş ülkelerdekine benzer oranlarda teşvik edilmesi için ilgili yasa değişikliğinin yapılması beklenmektedir.

EİE tarafından yapılan güneş enerjisi potansiyel belirleme çalışmalarında ülkemizde yüksek güneş enerjisi potansiyeline sahip ($1650 \text{ kWh}/[\text{m}^2 \cdot \text{y}]$ değerinin üzerinde) 4.600 km^2 'lik kullanılabilir bir alanın olduğunu hesaplamıştır. Güneş panellerinin gücü standart çalışma koşullarında ($1 \text{ kW}/\text{m}^2$ ışıınım, 25°C sıcaklık, 1,5 hava kütlesi) üretecekleri güçle W_p (anlık güç) olarak ifade edilir. Işıınım ve sıcaklıktaki değişimle güneş panelinin çıkış gücü de değişir. Tasarımda güneş panelinin bulunduğu konuma göre günlük/aylık/yıllık üretebileceği enerji (Wh) hesaba katılır. 4.600 km^2 alanın güneş elektrik üretimi sistemlerinde kullanılması 440-495 GWp kurulu PV gücü ve yılda 638-718 milyar kWh elektrik enerjisi üretimi anlamına gelir. Türkiye'de Kurulu elektrik güç sisteminin yaklaşık 42 GW ve yıllık elektrik enerjisi üretiminin yaklaşık 200 milyar kWh olduğunu düşündüğümüzde ciddi bir güneş elektriği kapasitesine sahip olduğumuz anlaşılır.

Yapılan çalışmada ortalama günlük bir evin elektrik enerjisi karşılanması planlamaktaydı. Yapılan çalışma güç zaman grafiği incelenecek olursa 1820 – 1200W olan, avometre tarafından gerilim – akım değerleri okunup ve daha sonra çarpılmaları sonucu bu değerler elde edilmiştir. Yapılan gözlemlere dayanılarak günlük hayatta

ortalama bir evin elektrik ihtiyacı 3 – 4 kW belirlenmiştir. Bu proje 4 adet güneş paneli kış şartlarında kullanılarak yaklaşık %40'ını karşılamaktadır. Bu güç değerini arttırabilmek ve istenilen seviyeye ulaştırabilmek için sistem panel sayısı arttırılması gerekir. Bu paneller yaz şartlarında çalıştığı durumda istenilen güç değerini yaklaşık olarak %60 – %70 karşılayabilmesi tahmin edilmektedir.

Bu sistem tasarımında karşılaşılan zorluklara rağmen (hava şartlarının sürekli değişmesi) ölçülen değerler verim açısından incelenecek olursa çok iyi bir verim olarak toplam çıkış gücü göz önüne alınmıştır. Bu sistemi daha verimli yapabilmek için normal projektörler yerine led lambalı projektörler kullanımı daha verimli hale getirilir. Evlerde kullanımı halinde yeni çıkan son model cihazların özelliklerine göre bu sistem rahatlıkla bu tür cihazları besleyebileceği görülmektedir. Özet olarak bu sistemler yükü beslediği oranda verimi hesaplanır. Bu besleme sürekliliği bu sistemin belirleyici özelliğidir. Bu sistemler tüketiciye istediği besleme sürekliliğini sağladığı oranda yaygınlaşacaktır.

Sonuç olarak ülkemizde güneş enerjisi elektrik sektörü birçok anlamda (enerji üretim kapasitesi, istihdam, v.b.) olağanüstü bir potansiyele sahiptir. Devlet teşviklerinin de devreye girmesiyle bu sistemler kaçınılmaz olarak ülkemizde de gelişecektir.

KAYNAKLAR

- [1] Çelik, V., Oral, E., 2006, Hidrojen Yakıtlı Motor teknolojisi, Mühendislik ve Makine dergisi, Sayı:540.
- [2] Çıtıroğlu, Ahmet., 2000, http://www.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/81e728d9d4c2f63_ek.pdf?dergi=18, Güneş Enerjisinden Yararlanarak Elektrik Üretimi, 09 Ocak 2014
- [3] Çetin, E., Yılcı, A., Öner, Y., Öztürk, H. K., 2007, Aydınlatmada Fotovoltaik-Hidrojen Hibrit Enerji Kaynağı Kullanımı, 4. Uluslararası Aydınlatma Sempozyumu, İzmir, Aralık.
- [4] Çetin, E., Keserlioğlu, M. S., Sazak, B. S., 2001, Fotovoltaik Panel Konum Kontrolünün 780 Mikroişlemcisi Kullanılarak Gerçekleştirilmesi, 6. Türk-Alman Enerji Sempozyumu.
- [5] Güneş Enerjisi, <http://www.koronaenerji.com.tr/?/gunes-enerjisi>, Erişim Tarihi: 11 Ocak 2014.
- [6] Willoughby S., 1873. Effect Of Light On Selenium During The Passage Of An Electric Current, Nature 7 , 303-303
- [7] Çolak, M., 2009, Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi: Fotovoltaik Dönüşüm, TÜBÜTAK Bilim ve Teknik, Mayıs 2009, Sayı 498, s.32-35.
- [8] Uyarel, A. Y., Öz, E., 1987, Sait-Güneş Enerjisi ve Uygulamaları, Birsan yayınevi, Ankara.
- [9] Altın, V., Fotovoltaik Güneş Panelleri, Tubitak Bilim ve Teknik Dergisi, Sayı:438.
- [10] Youth For Habitat, yayınlar, Sürdürülebilir Enerji Eğitim Kitapları, (<http://www.youthforhab.org.tr/tr/yayinlar/enerji/gunespilleri/giris.html>) Erişim Tarihi: 11 Ocak 2014.
- [11] Özoran M., <http://www.akademimuhendislik.net/gunes-enerjisi-ruzgar-enerjisi-blog/item/murat-ozoran.html>, Türkiye'de Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi, 31 Aralık 2013.
- [12] Öztürk, H., 2008, Güneş Enerjisi ve Uygulamaları, Birsan Yayınevi, Adana.
- [13] Karamanav, M. 2007, Güneş Enerjisi ve Güneş Pilleri, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik Bilgisayar Eğitimi, Sakarya.
- [14] <http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx>, Elektrik İşleri Etüt Dairesi Genel Müdürlüğü, 09 Ocak 2014.

- [15] Karayılmazlar, S., Saraçoğlu, N., Çabuk, Y., Kurt, R., 2011, Biyokütlenin Türkiye’de Enerji Üretiminde Değerlendirilmesi, Bartın Orman Fakültesi Dergisi, Cilt: 13, Sayı: 19, 63-75.
- [16] Sungur. C., 2009, Multi-axes sun-trackingsystem with PLC control for photovoltaic panels in Turkey, Renewable Energy, 34: 1119–1125.
- [17] Uzunoglu, M., Onar, O.C., Alam, M.S., 2009, Modeling, control and simulation of a PV/FC/UC based hybrid power generation system for standalone applications, Renewable Energy, 34: 509–520.
- [18] Zahnd, A., Kimber H.M., 2009, Benefits from a renewable energy village electrification system, Renewable Energy, 34: 362–368.
- [19] Öztopal A., Şahin A.D., Akgün N., Şen Z., 2000, On The Regional Wind Energy Potential of Turkey, Energy, 25, pp.189-200.
- [20] Kaygusuz K., Sarı A., 2003, Renewable Energy Potential and Utilization in Turkey, Energy Conversion and Management, 44, pp. 459-478.
- [21] Gonzales Finat, A., Lıberali, R., 2007, Concertrating Solar Power From Research To Implementation, European Communities, Belgium, ISBN: 978-92-79-05355-9.
- [22] Stoddard, L., Abiecunas, J., O’Connel, R., 2006, Economic, Energy, and Environmental Benefits of Concentrating Solar Power in California, National Renewable Energy Laboratory (NREL), Subcontract Report, NREL/SR-550-39291.
- [23] Makvart, T., Castaner, L., 2007, Solar Cells: Materials, Manufacture and Operation, Elsevier, ISBN: 1856174573.

ÖZGEÇMİŞ

1989 yılında Muş'ta doğdu. 2006 yılında Muş Endüstri Meslek Lisesinden mezun olduktan sonra, Fırat Üniversitesi, Elektrik Eğitimi bölümünde lisans eğitimine başladı. 2010 yılında mezun oldu. Lisans derecesini aldıktan sonra 2011 yılının Şubat ayında, Fırat Üniversitesi Elektrik Eğitimi Bölümünde yüksek lisansa başladı. 2011 yılının Nisan ayında Elazığ Kapalı Ceza İnfaz Kurumunda Elektrik Teknisyeni olarak göreve başladı. Teknisyen olarak Elazığ Açık Ceza İnfaz Kurumunda çalışmaya devam etmektedir.