

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

**GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ EVSEL ELEKTRİK İHTİYACININ
MATEMATİKSEL MODELLENMESİ - SİSTEMİN PERFORMANS ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MUHAMMED GÜLSEVER**

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. Kazım PIHTILI**

BİNGÖL-2020

ÖNSÖZ

Tez çalışmaları boyunca yardımlarını, bilgi birikimini ve şefkatini esirgemeyen, çalışmaların tamamlanabilmesi için gerekli yardım ve desteği veren değerli hocam Prof. Dr. Kazım PIHTILI'ya teşekkür ederim. Tez çalışmasına desteklerinden dolayı Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanı Dr. Öğr. Üyesi Dursun ÖZTÜRK hocama teşekkür ederim.

Çalışmam boyunca yaptıkları yönlendirmeler ve katkılarından dolayı değerli hocalarım Dr. Öğr. Üyesi Adem YAR'a ve iş arkadaşlarım Serdal CANLI ile Necdet SÖYLEMEZ'e teşekkürlerimi borç biliyorum.

Son olarak, tezin hazırlanması sırasında gösterdiği sabır, fedakârlık ve desteklerinden dolayı anne-babama, aileme, eşime ve biricik kızıma teşekkür ederim.

Muhammed GÜLSEVER
Bingöl 2020

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	ii
İÇİNDEKİLER	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
ÖZET	xi
ABSTRACT	xii
1. GİRİŞ	1
1.1. Elektrik Enerji İhtiyacının Karşılanmasında Kullanılan Kaynaklar	2
1.2. Türkiye’ de Elektrik Enerjisi Üretiminin Kaynaklara Göre Dağılımı	2
1.3. Tezin Amacı	8
2. KAYNAK ÖZETİ	10
2.1. Güneşin Yapısı	17
2.2. Güneş Sabiti	17
2.3. Güneş Işınımı ve Işınım ölçüm cihazları	18
2.4. Güneş Radyasyonu Geometrisi	20
2.5. Avrupa ve Türkiye’de Güneş Enerjisi Potansiyeli	22
2.6. Güneş Enerjisinin Avantajları ve Dezavantajları	25
2.7. Güneş Pilleri	26
2.7.1. Güneş Pilleri Çeşitleri	27
2.7.1.1. İnorganik Güneş Pilleri	27
2.7.1.2. İki Katmanlı İnorganik Güneş Pilleri	27
2.7.1.3. Tek Kristal Silisyum Güneş Pilleri	27
2.7.1.4. Çok Kristal Silisyum Güneş Pilleri	28
2.7.1.5. İnce Film Güneş Pilleri	29

2.7.1.6. Amorf Silisyum Güneş Pilleri	29
2.7.1.7. Çok Kristalli İnce Film Güneş Pilleri	30
2.7.1.8. İnce Film Kalgonit Güneş Pilleri	31
2.7.1.9. Kadmiyum Tellürid Güneş Pilleri (CdTe)	31
2.7.1.10. Bakır İndiyum Diseleneid Güneş Pilleri	32
2.7.1.11. Bakır İndiyum Galyum Diseleneid Güneş Pilleri (CIGS)	32
2.7.1.12. Fleksibil CIGS Güneş Pilleri	32
2.7.1.13. Çok Eklemlı Güneş Pilleri	33
2.7.1.14. Nanofotovoltaik Güneş Pilleri (NanoPV)	34
2.7.1.14.1. Nano Güneş Pili Teknolojisinin Avantajları	34
2.7.1.14.2. Nano Güneş Pili Teknolojisinin Dezavantajları	34
2.7.1.15. Kuantum Noktalı Güneş Pilleri	35
2.7.1.16. Boya Duyarlı Güneş Pilleri	35
2.7.2. Güneş Pilleri Kullanım Alanları	36
2.8. Fotovoltaik Sistem Elemanları	37
2.8.1. Güneş Panelleri	37
2.8.2. İnvertör (Eviriciler)	38
2.8.2.1. Gerilim Kaynaklı İnvertör	40
2.8.2.2. Akım Kaynaklı İnvertörler	40
2.8.2.3. Çok Katlı İnvertörler	40
2.8.2.4. İnvertör Seçimi	41
2.8.3. Şarj Regülatörü	41
2.8.3.1. Darbe Genişlik Modülasyonlu (PWM) Şarj Regülatörleri	41
2.8.3.2. Maksimum Güç Noktası İzleyicili (MPPT) Şarj Regülatörleri ..	41
2.8.3.3. Şarj Regülatörleri Akım Hesabı	42
2.8.4. Batarya veya Aküler	42
2.8.4.1. Batarya Gücü Hesabı	43
2.8.5. Çift Yönlü Sayaç	43
2.9. Fotovoltaik Sistem uygulamaları	43
2.9.1 Şebekeye Paralel Sistemler	44
2.9.2 Şebekeye Bağımsız Sistemler	46
2.9.3. Hibrit Sistemler	47

3. MATERYAL VE YÖNTEM	49
3.1. Birim Yüzeye Gelen Güneş Işınım Şiddetinin Hesaplanması	49
3.2. Eğimlendirilmiş Birim Yüzeye Gelen Anlık(H), Aylık Ortalama Günlük Tüm Güneş Işınım Değerlerinin Hesaplanması	49
3.3. Absorbe Edilen Işınım Miktarı	52
3.4. Bingöl ve Çevre İller İçin Yataya Nazaran Belirli Açılarla Eğimlendirilmiş Panel Yüzeylere Gelen Aylık Ortalama Günlük Tüm Güneş Işınım Değerlerinin Matlab Bilgisayar Programı İle Hesaplanması	52
3.5. Fotovoltaik Piller ve Performansları	57
3.6. Fotovoltaik Sistem Performansı – Uygulama Metodu	60
3.7. Fotovoltaik Hücreler Kullanılarak Güneş Enerjisinden Üretilebilecek Anlık Elektrik Enerjisi (E) Miktarı	62
3.8. Bingöl İlinde Yataya Nazaran Farklı Açılarla Eğimlendirilmiş Fotovoltaik Panellerden Üretilebilecek Aylık Ortalama Günlük Elektrik Enerjisi Miktarı Hesabı	64
3.9 Bingöl İli İnalı Mahallesinde Elektrik İhtiyacının Şebeke Bağlı Fotovoltaik Sistemle Sağlanmasının Solargis Programı İle Maliyet Analizi	66
4. SONUÇ VE ÖNERİLER	72
KAYNAKLAR	74
EKLER	78
ÖZGEÇMİŞ	109

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

LPG	: Sıvılaştırılmış Petrol Gazı
GWh	: Gigawatt saat
TWh	: Terawatt saat
Ar-Ge	: Araştırma ve Geliştirme
Hz	: Hertz
GES	: Güneş Enerjisi Santrali
DC	: Doğru Akım
AC	: Alternatif akım
kWh	: Kilowatt saat
W/m²	: Watt/metrekaare
MW	: Megawatt
V	: Volt
m	: metre
K	: Kelvin
Km	: Kilometre
m²	: Metrekare
I_{gs}	: Güneş sabiti
I_t	: Atmosfer dışındaki radyasyon
N	: Gün sayısı
TEİAŞ	: Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
EİE	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü
GEPA	: Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası
kWh/m²	: kilowattsaat/metrekaare
FV	: Fotovoltaik
Si	: Silisyum
Cd	: Kadmiyum

Te	: Tellür
CdS	: Kadmiyum Sülfür
CdSe	: Kadmiyum Selenür
eV	: Elektronvolt
CZ	: Czochralski
CIS	: Bakır İndiyum Diseleneid
Ga	: Galyum
CIGS	: Bakır indiyum galyum diseleneid
NanoPV	: Nanofoltaik
ZnO	: Çinko oksit
TiO₂	: Titanyum dioksit
Ru	: Rutenyum
MPP	: Maksimum güç noktası
CG	: Cihazların toplam gücü
MPPT	: Maksimum güç noktası izleyici
PWM	: Darbe genişlik modülasyonlu şarj regülatörü
R_b	: Direk ışınlım eğim faktörü
ρ_g	: Çevrenin yansıtma oranı
z	: Zenit açısı
i	: Güneşin geliş açısı
δ	: Denklinasyon açısı
h	: Saat açısı
$\bar{R}$	: Aylık ortalama eğim faktörü
h_s	: Yatay yüzey için güneş batış açısı
h'_s	: Eğimli yüzey için güneş batış açısı

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1.	Türkiye brüt elektrik enerjisi üretimi ve brüt talep gelişimi	4
Şekil 1.2.	2018 yılı Türkiye elektrik enerjisi üretiminin kaynaklara göre dağılımı	5
Şekil 1.3.	2018 yılı Türkiye'nin yenilenebilir kaynaklardan elektrik enerjisi üretiminin dağılımı	6
Şekil 2.1.	Güneş ışınımının yeryüzüne gelmesi	18
Şekil 2.2.	Yeryüzüne gelen güneş ışınımının bitkiler tarafından kullanılması ...	19
Şekil 2.3.	Piranometre Cihazı	20
Şekil 2.4.	Güneşin konumuna göre güneş yükseklik ve azimut açısı	21
Şekil 2.5.	PV üreteç için güneşin geometrisiyle ilgili tüm açılar.....	21
Şekil 2.6.	Avrupa ülkeleri güneş enerjisi potansiyel atlası	22
Şekil 2.7.	Türkiye güneş enerjisi potansiyeli atlası	23
Şekil 2.8.	Türkiye global radyasyon değerleri (kWh/m ² -gün)	23
Şekil 2.9.	Türkiye güneşlenme süreleri (Saat)	24
Şekil 2.10.	Farklı geometrilere sahip tek kristalli silikon güneş pilleri	28
Şekil 2.11.	Çok kristalli silikon güneş pilleri.....	29
Şekil 2.12.	Amorf silisyum güneş modülü (solda)	30
Şekil 2.13.	Fotovoltaik Güneş pili türüne göre Türkiye'de yılda üretilebilecek enerji miktarı	31
Şekil 2.14.	Kadmiyum Tellür güneş pili ve endüstriyel bir binada uygulanışı.....	32
Şekil 2.15.	Rulo halinde güneş pili	33
Şekil 2.16.	Boya duyarlı güneş pili	36
Şekil 2.17.	Güneş paneli oluşumu.....	38
Şekil 2.18.	Şebekeden bağımsız çalışan invertör	39
Şekil 2.19.	Şebekeye uyumlu olarak çalışan invertör	39
Şekil 2.20.	Şebekeye paralel sistem uygulaması.....	44

Şekil 2.21. Şebekeye paralel sistem uygulamasının şematik görünümü.....	44
Şekil 2.22. Şebekeye paralel sistem uygulaması elektrik üretim santrali	45
Şekil 2.23. Şebekeden bağımsız (stand alone ya da off-grid) sistem uygulaması	46
Şekil 2.24. Rüzgar türbini ve PV modülün birlikte kullanıldığı bir hibrit sistem.....	48
Şekil 2.25. Hibrit sistemin şematik görünümü.....	48
Şekil 3.1. Bingöl iline ait hesaplanan değerlerin grafiklendirilmesi.....	54
Şekil 3.2. Elazığ İline ait hesaplanan H_t değerlerin grafiklendirilmesi	55
Şekil 3.3. Diyarbakır iline ait hesaplanan H_t değerlerin grafiklendirilmesi	56
Şekil 3.4. Güneş pilinin (Fotovoltaik) fiziksel yapısı	57
Şekil 3.5. Fotovoltaik eş değer devresi	58
Şekil 3.6. Herhangi bir fotovoltaik pile ait yüke karşılık voltaj-akım karakteristikleri	60
Şekil 3.7. S açısı ile eğimlendirilmiş panel	62
Şekil 3.8. Solargis koordinat girişi	67
Şekil 3.9. İnalı Mahallesi GES yatırımının kredisiz geri dönüş hesabı	71

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1.1. Türkiye’de enerji kaynaklarına göre elektrik enerjisi üretimi ve payları	3
Tablo 1.2. Türkiye de son on yılda brüt elektrik enerjisi üretimi ve brüt talep gelişimi (birimi: GWh)	4
Tablo 2.1. Türkiye'nin aylık ortalama güneş enerjisi Potansiyeli	24
Tablo 2.2. Türkiye’de bölgelere göre güneş enerjisi potansiyeli	25
Tablo 3.1. Bingöl ili aylık ortalama günlük toplam güneşlenme süresi (saat)	52
Tablo 3.2. Bingöl ili aylık ortalama sıcaklık (°C)	53
Tablo 3.3. Bingöl ili aylık ortalama günlük toplam global güneşlenme şiddeti (cal÷cm ²)	53
Tablo 3.4. Bingöl ili enlem açısı (L) dikkate alınarak yataya nazaran L-15, L+15, L ve 90 eğimine sahip panellere gelecek güneş ışıyım değerleri	54
Tablo 3.5. Elazığ ili enlem açısı (L) dikkate alınarak yataya nazaran L-15, L+15, L ve 90 eğimine sahip panellere gelecek güneş ışıyım değerleri	55
Tablo 3.6. Diyarbakır ili enlem açısı (L) dikkate alınarak yataya nazaran L-15, L+15, L ve 90 eğimine sahip panellere gelecek güneş ışıyım değerleri..	55
Tablo 3.7. Bingöl İli İnalı Mahallesi GES	67
Tablo 3.8. İnalı Mahallesi üretim tüketim farkı	70
Tablo 3.9. Bingöl İli İnalı Mahallesi Fizilibite özeti sonucu	70
Tablo 3.10. İnalı Mahallesi GES Yatırım geri dönüş hesabı	71

GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ EVSEL ELEKTRİK İHTİYACININ MATEMATİKSEL MODELLENMESİ SİSTEMİN PERFORMANS ANALİZİ

ÖZET

Türkiye’de son yıllarda elektrik üretiminde kullanılan kaynakların rezervlerinin sınırlı olması, kaynakların çoğunun fosil kaynak ve ithal olması ve çevreye verdiği zararlar nedeniyle yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi ortaya çıkmıştır. Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde olan güneş enerjisi hem çevre dostudur hem de Türkiye’nin elektrik ihtiyacını karşılayabilecek potansiyele sahiptir. 2018 yılı itibari ile Türkiye’nin elektrik enerjisinin %2,56 oranında fotovoltaik sistem ile üretildiği görülmektedir. 2018 yılında Türkiye’nin yenilenebilir enerji kaynakları arasında fotovoltaik sistem ile elektrik üretim oranı (%7,79) oldukça düşüktür. Elektrik enerjisi ihtiyacının karşılanmasında güneş enerjisinin payının artırılması önem arz etmektedir. Bu çalışmada Türkiye’nin güneş enerjisi potansiyeli, güneş enerjisi, güneş pilleri çeşitleri ve fotovoltaik sistem ile elektrik üretiminin karşılanması gibi bazı konular genel olarak ele alınmıştır. Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan iklim verileri kullanılarak Bingöl ilinde eğimli panel yüzeyine gelen ışıınım değerleri matlab bilgisayar programı ile hesaplanmıştır. Böylece binanın elektrik ihtiyacının fotovoltaik sistem ile sağlanmasının matematiksel modeli oluşturulmuştur. Bingöl’deki bir mahallenin veya bir hanenin evsel elektrik ihtiyacının belli bir kısmının güneş panellerinden sağlanması, güneş panelinin ve sayısının belirlenmesi ve sistem tasarımının yapılması, sistemin kendini geri ödemesi ve sistemin olabilirliği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Güneş enerjisi, fotovoltaik piller, elektrik enerjisi, güneş ışıınımı.

MATHEMATICAL MODELLING OF SOLAR ENERGY BASED DOMESTIC ELECTRICAL NEEDS AND THE PERFORMANCE ANALYSIS OF THE SYSTEM

ABSTRACT

In recent years, there is an increasing demand on renewable energy sources has been increased in Turkey due to the use of the limited reserves resources and most resources are fossil sources and imported for electricity production and also potential harm to the environmental. Solar energy in renewable energy sources both is eco-friendly and possess potential to supply the electricity needs of Turkey. A rate of 2,56 % of Turkey's electricity is appeared to be produced by the photovoltaic system since 2018. Turkey's renewable energy sources in electricity production rate of photovoltaic systems in 2018 (7.79%) is rather low. Enhancing the portion of solar energy is important in encountering the electricity demand. In this study, some issues such as the solar energy potential of Turkey, solar energy, the variety of solar cells and the supply of electricity via photovoltaic system are generally addressed. The radiation values coming to the inclined panel surface in Bingöl province were calculated with the matlab computer program by using the climate data which is obtained from The General Directorate of Meteorology. Thus, the mathematical model of the electricity supply of the building by photovoltaic system was constituted. Providing to some extent of the electricity needs of neighborhood or a household in Bingöl province from solar panels, the determination of the solar panels and their numbers, the design of system, self-repayment of the system and the possibility of the system were determined.

Keywords: Solar energy, photovoltaic cells, electrical energy, solar radiation.

1. GİRİŞ

Küresel bazda artan enerji talebine rağmen enerji kaynaklarının sınırlı olması nedeniyle, daha az enerji ile daha fazla iş yapabilme, daha fazla güç üretebilme, yani yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanarak enerji üretimini çeşitlendirmek ve daha ekonomik üretim şartları sağlamak amacıyla tüm dünyada araştırma faaliyetleri durmaksızın devam etmektedir. Tüm dünyada olduğu gibi, Türkiye’de de toplam enerji tüketiminin büyük bir oranı binalarda gerçekleşmektedir. Yüksek teknolojik ürünler kullanarak binalardaki enerji tüketimini azaltmak amacıyla verimi yüksek cihazlar kullanımını teşvik etmek, yeni enerji kaynaklarından faydalanma yöntemleri konusunda çok sayıda bilimsel araştırma ve çalışma yapılmaktadır. Bu konuda binanın inşaat aşamasıyla başlayıp, binanın kullanım ömrünü içeren ve binanın yıkımına kadar geçen zamanı kapsayan süreci içinde, binada kullanılacak yapı elemanlarının seçimi, binanın yapılacağı bölge özelliklerini, binanın konumu ve yönlendirilmesi mühendislik tasarımı ve kullanımı açısından alınması gereken çok önemli önlemler bulunmaktadır. Bina enerji kullanım şeklini etkileyen tüm bu faktörlerin dikkate alınması ile enerji verimi yüksek bir binanın tasarımının sağlanması her zaman önemli bir faaliyet olarak karşımıza çıkmaktadır. Binaların bulunduğu coğrafik şartlar, binanın yaz ve kış şartlarında optimum enerji kazanç ve kaybını etkileyecek yönlendirme, pasif yöntemlerin kullanımı, uygun yalıtım, güneş enerjisinden faydalanma gibi kriterler tasarım sırasında göz önünde bulundurulması gereken faktörlerdir. Bu faktörler içinde bina yönlendirilmesi, yalıtım uygulaması ve pasif önlemler önemli parametrelerdir.

Günümüzde değişik amaçlar için ihtiyaç duyulan enerji türlerinden en önemlisi elektrik enerjisidir. Özellikle konutlarda elektrik enerjisi kullanımı ve tüketimi beklentilerin çok üstünde artış göstermiştir. Öte yandan konutlar aynı zamanda büyük oranda enerji tasarruf potansiyelini de bünyesinde bulunduran mekânlardır. Ülkelerin gelişmişlik düzeyinin önemli göstergelerinden biri faydalı amaçlar için kullanılan enerji miktarıdır. Özellikle ülkemizde ihtiyaç duyulan enerjinin önemli bir oranı dış kaynaklardan sağlanan pahalı,

ekolojik dengeyi bozucu çevreyi kirleten fosil yakıt temeline dayalıdır. Halen ihtiyaç duyulan enerjinin %15 gibi bir oranı hidrolik enerji santrallerinden sağlanmaktadır. Son zamanlarda rüzgâr enerjisinden de faydalanmaya başlanmışsa da ülkemizin ihtiyaç duyulan enerjinin küçük bir oranını karşılar durumdadır. Güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretimi ise çok düşük seviyededir. Temiz ve bedava olan güneş enerjisinden faydalanma oranını hızlı bir şekilde artırılması gerekmektedir (Öztürk 2012).

1.1. Elektrik Enerji İhtiyacının Karşılanmasında Kullanılan Kaynaklar

Dünyada kullanılan enerji kaynakları kullanışlarına göre yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları olarak iki kısma ayrılır. Yenilenemez enerji kaynakları fosil kaynaklı (kömür, petrol, doğalgaz) ve çekirdek (uranyum, toryum) kaynaklı olarak ikiye ayrılır. Yenilenebilir enerji kaynaklarını hidrolik, rüzgâr, güneş, biokütle, jeotermal, hidrojen ve dalga (gelgit) olarak sıralayabiliriz. Kullanılan enerji kaynakları dönüştürülebilirliklerine göre birincil ve ikincil enerji kaynakları şeklinde incelenmektedir. Birincil enerji kaynakları dışarıdan hiçbir müdahaleye uğramamış kaynaklardır. Birincil enerji kaynakları başlıca; doğalgaz, kömür, petrol, güneş, rüzgar, hidrolik, nükleer, biokütle ve dalgadır. İkincil enerji kaynakları dışarıdan müdahaleye uğramış kaynaklardır. Benzin, motorin, mazot kok kömürü, ikincil kömür, petrokok, hava gazı, sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG) ikincil enerji kaynaklarıdır. Dünya genelinde kaynak bazında elektrik enerji üretim oranları 2016 yılı itibarıyla sırasıyla kömür (%40,6), yenilenebilir enerji (%22,90), doğalgaz (%21,6), nükleer (%10,6) ve petrol (10,3) tür (Koç vd. 2018).

1.2. Türkiye’de Elektrik Enerjisi Üretiminin Kaynaklara Göre Dağılımı

Türkiye’de elektrik enerji üretiminin de kullanılan kaynağın büyük bir kısmını dışa bağımlı olduğumuz petrol ve doğal gaz oluşturmaktadır. Türkiye’nin son on yılda doğal gazın elektrik üretimindeki payının yüzde 43-50 aralığında olduğu düşünüldüğünde doğalgazın ithal olmasından kaynaklı elektrik üretiminde dışa bağımlılığın ne kadar yüksek olduğu gayet açıktır (Şenel ve Koç 2012).

Tablo 1.1’de Türkiye’nin 2007-2017 yılları arası enerji kaynaklarına göre elektrik enerjisi üretimi ve payları gösterilmiştir. Tablo 1.1’de yenilenebilir enerji; jeotermal, rüzgar, katı

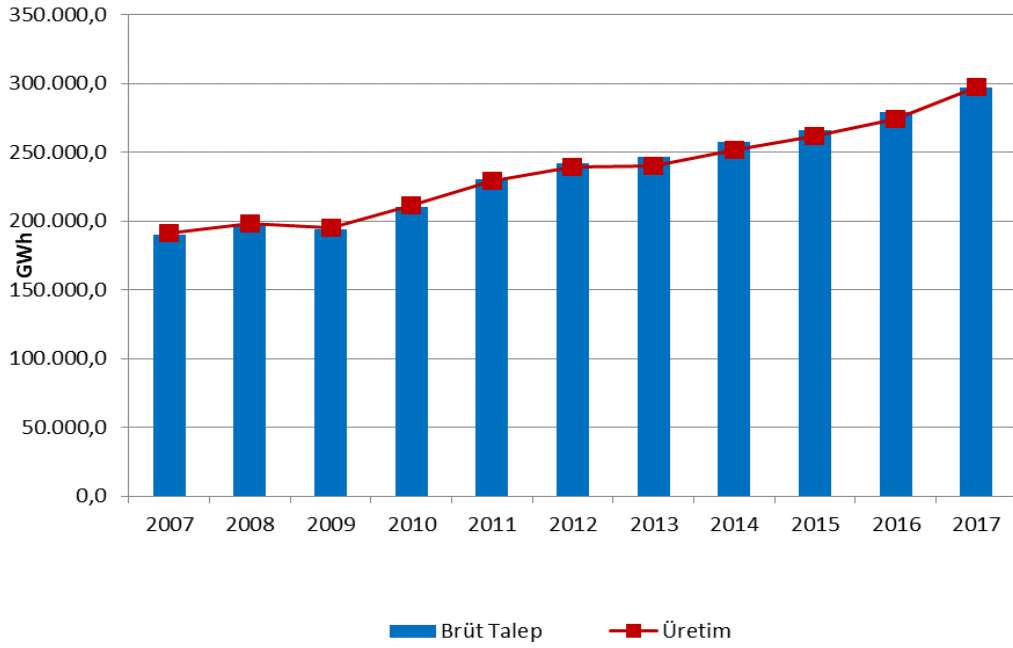
biyokütle, güneş, biogaz ve atık kaynaklarını içerir. Türkiye'nin artan nüfus ve endüstrinin gelişimine bağlı olarak elektrik üretim ve tüketimi artmıştır.

Tablo 1.1. Türkiye' de enerji kaynaklarına göre elektrik enerjisi üretimi ve payları (URL 1)

Yıl	Toplam	Kömür	Sıvı yakıtlar	Doğal gaz	Hidrolik	Yenilenebilir Enerji ve Atıklar
Year	Total	Coal	Liquid fuels	Natural Gas	Hydro	Renewable Energy and wastes
	(GWh)	(%)				
2007	191.558	27,9	3,4	49,6	18,7	0,4
2008	198.418	29,1	3,8	49,7	16,8	0,6
2009	194.813	28,6	2,5	49,3	18,5	1,2
2010	211.208	26,1	1,0	46,5	24,5	1,9
2011	229.395	28,8	0,4	45,4	22,8	2,6
2012	239.497	28,4	0,7	43,6	24,2	3,1
2013	240.154	26,6	0,7	43,8	24,7	4,2
2014	251.963	30,2	0,9	47,9	16,1	4,9
2015	261.783	29,1	0,9	37,9	25,6	6,5
2016	274.408	33,7	0,7	32,5	24,5	8,6
2017	297.277,5	32,8	0,4	37,2	19,6	10,1

Elektrik üretiminin 2023 yılında yapılan senaryoya göre yıllık ortalama %4,8 artışla 375,8 TWh'e ulaşması düşünülmektedir (URL 2).

Şekil 1.1'de Türkiye elektrik enerjisi üretimi ve talep gelişimi verilmiştir. Ülkemizde nüfusun artması, sanayinin gelişmesi yaşam koşullarının iyileşmesine paralel olarak kullanılan elektrik ihtiyacı hızla arttığını Şekil 1.1'e bakarak kolaylıkla görebiliriz.



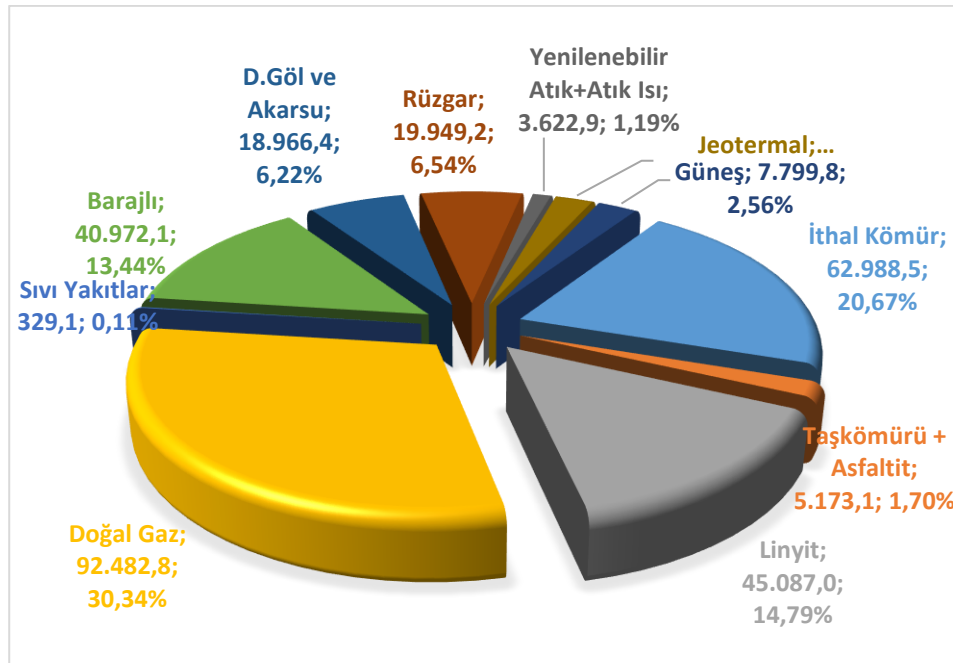
Şekil 1.1. Türkiye brüt elektrik enerjisi üretimi ve brüt talep gelişimi (URL 2)

2007-2017 yılları arasında artan elektrik talebiyle beraber elektrik üretimi de büyümüş, elektrik üretimi Tablo 1.2’de görüldüğü gibi 191.558,1 GWh’ten 297.277,5 GWh’e yükselmiştir.

Tablo 1.2. Türkiye de son on yılda brüt elektrik enerjisi üretimi ve brüt talep gelişimi (birimi: GWh) (URL 3)

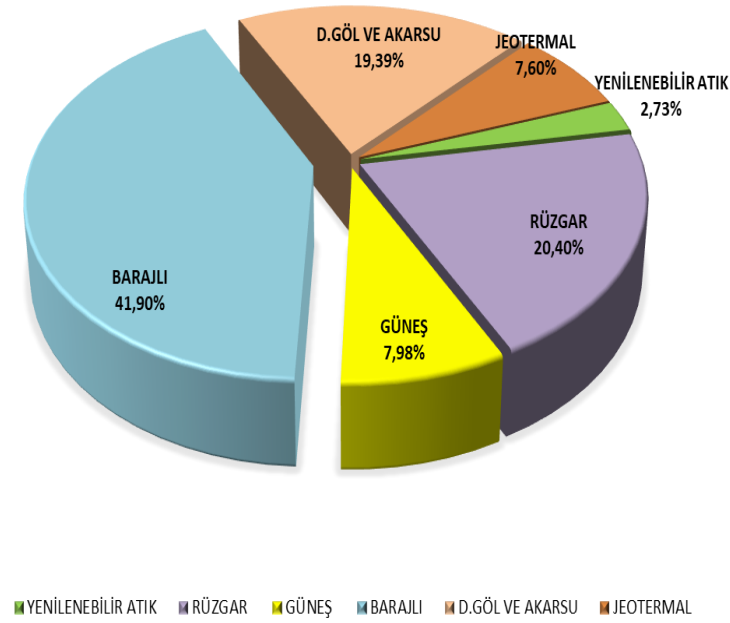
Yıllar	Üretim	İthalat	İhracat	Brüt Talep
2007	191.558,1	864,3	2.422,2	190.000,2
2008	198.418,0	789,4	1.122,2	198.085,2
2009	194.812,9	812,0	1.545,8	194.079,1
2010	211.207,7	1.143,8	1.917,6	210.434,0
2011	229.395,1	4.555,8	3.644,6	230.306,3
2012	239.496,8	5.826,7	2.953,6	242.369,9
2013	240.154,0	7.429,4	1.226,7	246.356,6
2014	251.962,8	7.953,3	2.696,0	257.220,1
2015	261.783,3	7.135,5	3.194,5	265.724,4
2016	274.407,7	6.330,3	1.451,7	279.286,4
2017	297.277,5	2.728,3	3.303,7	296.702,1

Şekil 1.2’de görüldüğü üzere Türkiye’de 2018 yılında elektrik enerjisi üretimi; ithal kömürden 62.988,5 GWh, taşkömürü + asfaltit 5173,1 GWh, linyit 45.087 GWh, doğal gaz 92.482,8 GWh, sıvı yakıtlar 329,1 GWh, barajlı 40.972,1 GWh, d.göl ve akarsu 18.966,4 GWh, rüzgar 19.949,2 GWh, yenilenebilir atık+atık Isı 3.622,9 GWh, jeotermal 7,431 GWh, güneş 7.799,8 GWh olmak üzere toplam üretim 304.801,9 GWh olmuştur. Elektrik üretimi bir önceki yıla göre %2,53 oranında artış göstererek 304.801,9 GWh olarak gerçekleşmiştir. Yine Şekil 1.1’den anlaşılabileceği üzere elektrik üretimimizin %30,34’ü doğal gazdan %37,16’lık kısmı kömürden %32,43 hidrolik santrallerden, %0,11’lik kısmı sıvı yakıtlardan %6,54’lük kısmı rüzgar enerjisinden %2,56’sı güneş enerjisinden ve kalan kısmı diğer enerji kaynaklarından sağlanmıştır.



Şekil 1.2. 2018 yılı Türkiye elektrik enerjisi üretiminin kaynaklara göre dağılımı (URL 4)

Şekil 1.3’te görüldüğü üzere 2018 yılı yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrik enerjisinin %49,9’luk kısmı barajlı kısmından, %7,98’lik kısmı güneş enerjisinden, %20,4’lük kısmı rüzgar enerjisinden, %2,73’lük kısmı yenilenebilir atıklardan, %19,39’luk kısmı göl ve akarsulardan %7,6’sı jeotermal kaynaklardan sağlandığı görülmektedir.



Şekil 1.3. 2018 yılı Türkiye'nin yenilenebilir kaynaklardan elektrik enerjisi üretiminin dağılımı (URL 5)

Sanayinin ve kentsel yaşamın önemli girdilerinden biri olan enerji, farklı şekillerde ve farklı amaçlar için giderek daha yoğun bir biçimde kullanılmaktadır. Petrol ve kömür gibi fosil yakıt kaynaklarının hızla tüketilmesi, bu enerji türlerinin gittikçe azalmasına ve fiyatlarının artmasına neden olmaktadır. Yeryüzünde çeşitli amaçlar için ihtiyaç duyulan enerjinin büyük bölümü fosil ve nükleer yakıtlardan, diğer bölümü hidrolik santrallerinden ve diğer yan kaynaklardan sağlanmaktadır. Özellikle 70'li yıllarda yaşanan petrol krizlerini izleyen yıllarda, güneş rüzgar ve diğer yenilenebilir enerji kaynakları üzerindeki araştırmalar hızlanmıştır. Bu enerji kaynakları içerisinde güneş enerjisi son derece önemli olduğu kabul edilmektedir. Çünkü yenilenebilir enerji kaynaklarının en büyüğü güneştir. Güneş enerjisi temiz bir yakıttır fakat sürekliliğinin olmaması yani kesintili olması büyük bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenden dolayı elektriği üretip depolayabilen sistemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Güneş kaynaklı elektrik üretiminin başlıca yolu fotovoltaik pil sistemleridir. Dünyada fotovoltaik pil uygulamaları son yıllarda birçok ülkede giderek yaygınlaştı. Özellikle evsel elektrik tüketiminde güneş pilleri lider konumdadır. Güneş enerjisinden dolayı ve dolaysız yoldan elektrik üretmek mümkündür. Dolaylı yoldan elektrik üretme yönteminde türbini döndürmek için yoğunlaştırıcılar ya da yansıtıcı aynalar yardımıyla etkisi artırılan güneş enerjisi özel sıvıyı buharlaştırıyor ve elde

edilen yüksek basınçlı buhar kullanılıyor. Elde edilen yüksek basınçlı buhar yardımıyla döndürülen türbin bir elektrik jeneratörüne bağlanarak elektrik elde ediliyor. Aynı zamanda güneş enerjisi ile hidrojen üretilip yakıt hücresi kullanarak hidrojeni elektriğe dönüştürmekte mümkündür. Doğrudan elektrik üretme yönteminde ise güneş pili kullanılıyor. Bu alandaki Ar-Ge çalışmaları güneş pillerinin daha verimli kullanımı üzerinde yoğunlaşmış durumdadır. Güneş pilleri ile üretilen elektrik enerjisi şebekeye bağımlı ve şebekeden bağımsız olarak sisteme verilir. Elektrik enerjisine ihtiyaç duyulan her alanda güneş pilleri kullanılabilir. Güneş pilleri uygulamaya bağlı olarak akümülatörler, invertörler, akü şarj denetim araçları ve çeşitli elektronik destek devreleri ile birlikte kullanılarak fotovoltaiik sistem oluştururlar. Fotovoltaiik sistemler özellikle yerleşim yerlerinden uzak, elektrik şebekesine çok uzak veya olmayan yörelerde, aynı zamanda jeneratöre yakıt taşımanın zor ve pahalı olduğu durumlarda kullanılır. Elektrik enerjisinin gece boyunca ve güneşin yetersiz olduğu durumlarda da kullanılacak olması sistemde akümülatörü zorunlu hale getirir. Güneş pili modülleri özellikle ışınımın çok olduğu zamanlarda ürettiği elektrik enerjisini akümülatörde depolar. Sistem için gerekli olan enerji akümülatörden alınır. Akünün zarar görmesini (aşırı şarj aşırı deşarj olarak) önlemek için kullanılan denetim birimi ise akünün durumuna göre ya yükün çektiği akımı ya da güneş pillerinden gelen akımı keser. Şebeke uyumlu alternatif akım elektriğinin gerekli olduğu uygulamalarda sistemin zarar görmemesi için sisteme bir invertör eklenerek akümülatördeki doğru akım (DC) gerilim, 220V, 50Hz'lik sinüs dalgasına dönüştürülür. Şebeke bağlantılı güneş pili sistemleri güneş enerjisi santrali (GES) şeklinde olabileceği gibi en çok görülen uygulaması binalarda küçük çaplı kullanım şeklindedir. Bu gibi sistemlerde örneğin bir binanın elektrik gereksinimini karşılarken ihtiyaç duyulandan fazla üretilen elektrik enerjisi binanın elektrik enerjisi ihtiyacını karşıladıktan sonra elektrik şebekesine satılır. Binanın ihtiyaç duyduğu elektrik enerjisi sistemden alınamaması durumunda ise şebekeden enerji satın alınır. Bundan dolayı sistemde enerji depolanmasına yani akümülatöre gerek kalmaz, ancak üretilen DC elektriğinin alternatif akım elektriğine çevrilmesi ve şebeke ile uyumlu olması gerekmektedir. Şebekeden bağımsız sistemlerde ise sadece üretilen elektriğin depolanıp kullanılması söz konusudur. İhtiyaç duyulan elektrik enerjisinin elde edilen enerjiden sağlanamaması durumunda (gece saatleri vb.) akü üzerinde depolanan elektrik enerjisi kullanılır (Öztürk 2012).

1.3. Tezin Amacı

Bu çalışmada; kent ve mezralarda fosil yakıtlara dayalı enerjiye olan ihtiyacı azaltacak temiz ve tükenmez bir enerji olan güneş enerjisinden faydalanma ve uygulamaya yönelik matematiksel modelleme ve performans analizi yapılarak bu alanda çalışacaklara ve uygulayıcılara destek sağlayacak temel bilgiler ve gerçek verilere dayalı bir analiz yapılmıştır.

Konutlarda ihtiyaç duyulan enerjinin büyük bir oranı yenilenebilir enerji kaynaklarından öncelikle güneş enerjisinden sağlanabilir. Ayrıca kaliteli, ısı yalıtım özelliği yüksek olan inşaat malzemelerinin kullanımı, tekniğe uygun ısı, ses yalıtımı uygulaması ve enerji verimi yüksek elektrikli ev alet ve cihazlarının tasarlanıp, kullanımı ve bunların teşvik edilmesi ile konutlarda tüketilen enerjiden %35 - %45 oranında enerji tasarrufu yapılması mümkün olabilmektedir. Özellikle güneş enerjisi gibi temiz ve ucuz enerjinin kullanımı ile binaların elektrik enerjisi tüketimi büyük oranda düşürülebilir. Böyle bir çalışma ve uygulama ülke ekonomisi açısından oldukça önemli bilimsel bir faaliyet ve çalışma olacaktır. Bu çalışmada da özellikle binaların ihtiyaç duyduğu elektrik enerjisinin bir bölümünün veya tamamının güneş enerjisinden sağlanması konusunda gerçek verilere dayalı bir matematiksel bir model geliştirilmiş ve böyle bir sistemin performans analizi yapılmıştır.

Bu tez çalışmasında Bingöl, Diyarbakır ve Elazığ illerine ait 10 yıl geriye dönük olarak yatay düzleme gelen aylık ortalama tüm güneş ışınım değerleri, aylık ortalama sıcaklık, enlem dereceleri ve aylık ortalama günlük toplam güneşlenme süresi Meteoroloji Genel Müdürlüğü kaynaklarından temin edilerek matematiksel model kurulmaya çalışılmıştır.

Bu çalışma için pilot bölge olarak Bingöl ili seçilmiş olup özellikle Bingöl ili mevcut binalarda günlük ve aylık ortalama elektrik enerjisi tüketimi Aksa Elektrik ve belediyeden alınarak tüketim miktarının hangi oranda güneş pilleri ile karşılanabileceği araştırılmıştır. Aksa Elektrik verileri kullanılarak Bingöl de mevcut her mahalledeki haneleri aylık tükettikleri elektrik enerjisi miktarları tespit edilerek her mahallenin, hanenin aylık tüketmiş olduğu elektrik enerjisi tespit edilmiştir. Bu verilerin tespit edilmesinden sonra esas çalışmaya geçilmiştir. Bu çalışmalarda en önemli konu seçilen bölgede yataya nazaran

bir (S) açısı ile güneşle yönlendirilmiş birim yüzeye gelen aylık ortalama ve günlük tüm güneş ışınım şiddetinin tespiti yapılmasıdır. Bunun içinde materyal ve metod bölümünde geliştirilen ifade ve yöntemler esas alınmıştır. Çalışmalardan elde edilecek veriler ve bulgular tablo ve grafikler altına alınmıştır. Son bölümlerde Bingöl ili ve çevresinde evsel elektrik ihtiyacının hangi oranda hangi kolektör yüzeyi ile sağlanabileceği tespit edilmiştir.

2. KAYNAK ÖZETİ

Güneş enerjisi; yenilenebilir enerji kaynakları arasında hem çevre dostudur hem de potansiyel olarak tüm dünyanın enerji talebini karşılayacak kadar büyük bir enerji kaynağıdır. Fosil yakıtlar olarak tabir edilen geleneksel enerji kaynaklarına göre birden fazla avantajlı yönü olan güneş enerjisinin sıcak su temininden elektrik enerjisi üretimine kadar birçok kullanım alanı bulunmaktadır. Son yüzyılda yapılan Ar-Ge faaliyetleri sonucunda, güneş enerjisi üretim teknolojilerinin; maliyetleri hızla azalmakla kalmamış verimlilikleri yükselmekle beraber birçok ülkede kullanımı yaygınlaşmıştır. Güneş enerjisi sistemleri ve tasarımı ile ilgili çalışmada güneş enerjili ısı depoları, güneş kollektörleri, güneş panelleri, güneş saatleri hakkında teorik bilgiler verilmiş ve fotovoltaiik panel uygulamaları, fotovoltaiik panellerin kapasite hesaplamaları, fotovoltaiik panellerinde sıcaklıkla meydana gelen verim kayıpları, fotovoltaiik panelin optimum eğim açısının hesaplanması, GES'ki gölgeleme hesabı ile ilgili çalışmalar yapılmıştır (Ceylan 2018).

Güneş enerjisi konusunda çok sayıda yapılan çalışma ve araştırma bulunmaktadır. Bu çalışmaya yapılan araştırmalar içinde önemli olanlar özetle aşağıda verilmiştir. Günümüzde güneş enerji sistemleri; teknoloji, maliyet ve çevresel etkiler bakımından yaygın bir şekilde kullanım olanağı bulmaktadır. Güneş enerjisi uygulamaları; yöntem, malzeme ve teknolojik düzey açısından çok çeşitlilik göstermekle birlikte, güneş enerjisinden esas olarak ısı enerjisi ve elektrik üretmek amacıyla yararlanılmaktadır. Bu çalışmada, güneş enerjisi ve kullanımına ilişkin temel bilgiler ve ekonomik analizler verilmiştir (Öztürk 2012).

Fotovoltaiik modül fiyatları gün geçtikçe düşmektedir ve bunun sonucu olarak da solar elektrik yenilenebilir bir enerji kaynağı olarak, özellikle sıcak, bol güneşli ülkelerde, daha da popüler olmaktadır. Bu çalışmada temel olarak güneş ışığı ve solar hücreler üzerine olmakla birlikte; bu teorinin solar elektrik sistemlerinin tasarımı üzerine olan uygulamalarından da bahsetmektedir. Bu çalışma solar elektrik problemlerinin çözümü

için birçok bilgisayar programı içermektedir. Çalışmada verilen tüm programlar standart C programlama dili ile yazılmıştır. Çalışmanın sonunda solar elektrik üretme aşamalarındaki maliyetler göz önüne alınarak maliyet analizi yapılmıştır (İbrahim 2006).

Fotovoltaik sistemlerin binalarda kullanımı ile ilgili yapılan çalışmada fotovoltaik sistem fotovoltaik sistem eşitleri ve uygulamaları teorik olarak araştırılmış, herhangi bir kulenin elektrik ihtiyaı hesaplanmış ve ihtiyaın fotovoltaik sistemlerle sağlanması için tasarım yapılmıştır (Koryürek 2008).

Güneş enerjisinin kapsamlı bir tanımının sonunda güneş enerjisinden yararlanma ve üretim yöntemleri, teknik tanımlar, kullanılan teknolojiler, fotovoltaik sistemlerin Türkiye ve dünyadaki uygulamaları ele alınmıştır. Çalışmada fotovoltaik sistemlerin teknik ve teorik olarak ele alınması sonucunda fiili uygulamalar kapsamında bir modellemesi sunularak, tesisin kurumuyla ilgili açıklamalar, üretim maliyeti, finansman ve yasal düzenlemeler gibi konularda bilgi verilmektedir (Yerebakan 2010).

Aydın'daki bir yapının elektrik enerjisi gereksiniminin fotovoltaik sistemler ile karşılanma olanakları değerlendirilmiş. Çalışma sonucunda yapının elektrik enerjisini karşılayabilecek bir sistemin tasarımı yapılmıştır. Tasarlanan sistemde kullanılan ana bileşenlerden akülerin ömrü 10, fotovoltaik panellerin kullanım ömürleri ise 20 olarak hesaplanmıştır. Bu senaryoya göre tasarımı yapılan fotovoltaik sistem ile üretilen elektriğin şebeke elektriğine göre daha ucuz olduğu sonucuna varılmıştır (Grgen 2016).

Kampüs binalarında şebekeden bağımsız bir çatı üstü fotovoltaik sistem tasarımı ve benzetimi ile ilgili yapılan çalışmada sistemin tümünden elde edilebilecek enerji miktarı 88.642 kWh olarak hesaplanmıştır. Tasarlanan sistemin verimi %72,3 olarak elde edilmiştir. Tasarlanan sistem sonucunda üretilen elektrik enerjisi miktarı ile enstitü binasının yıllık elektrik tüketim miktarı ile karşılaştırıldığında, tasarlanan fotovoltaik sistemin bu tüketimin yaklaşık %25'ini karşılayabileceği görülmektedir (Ceylan 2018).

Büyük ekmece ilçesinde güneş enerjisi santralinin tasarımı ve ekonomik analizi ile ilgili yapılan çalışmada güneş enerjisi santrallerinin, yakın gelecekte ülkemiz için yüksek öneme haiz olacağı öngörülmektedir. Yapılan çalışmayla büyük ekmece ilçesinde kurulması

düşünülen güneş enerjisi santralının fizibilite çalışması yapılmış, hem ekonomik analiz hem de enerji analizi karşılaştırılmalı bir şekilde ele alınmıştır (Koçak 2018).

GES yatırımlarının uzun vadede ülke ekonomisinde yaratacağı fayda ve maliyetlerin öngörülmesi, güneş enerjisinin Türkiye elektrik sistemi içerisinde yerinin belirlenmesiyle ilgili yapılan çalışmada GES yatırımlarının; istihdam üzerindeki olumlu etkisi, sera gazının azaltılmasındaki yararı ve şebekeye entegrasyonu için gerekli ilave yatırımların değeri hesaplanamamakla beraber enerjide dışa bağımlılığın azaltılmasındaki tesiri ortaya konulmuştur. Bununla beraber GES yatırımlarının sağlayacağı doğal gaz yakıt tasarruf değerleri ile fotovoltaik sistem makine ve ekipmanlarının ithalat giderine yönelik analizler yapılarak GES'lerin inşası ve kurulumlarında gerekli olan makine ve ekipmanların yurt içinde üretilmesi ve dolayısıyla yerli imalat sanayiinin ve GES teknolojilerinin geliştirilmesi ile mümkün olacağı sonucuna ulaşılmıştır. Aynı zamanda yapılan çalışmada destek politikalarının güneş enerjisi kurulu gücünü artırmak odaklı bir yaklaşımdan ziyade yerli imalat (özellikle güneş panelleri) sanayiinin gelişmesini sağlayacak şekilde belirlenmesi gerekmektedir (Cebeci 2017).

Bir başka çalışmada yapıya entegre fotovoltaik panel ürünleri, şehir planlama ve tarımsal özellikleri çerçevesinde mimari bir perspektiften değerlendirilmiştir. Bu çalışmada yapıya entegre fotovoltaik panel ürünlerinin özellikle toplam yüzölçümü düşük ancak enerji talebi yüksek olan ülkeler için bir fırsat olmasından ötürü, bu teknolojinin fotovoltaik pazarın geleceği olduğu öne sürülmüştür. Yön, eğim, binalar arası uzaklıklar, diğer binaların ve ağaçların gölgeleme etkileri ve yansıma gibi konular şehir planlama açısından önemli olan hususlardır. Çalışmada dikkat çekici bir nokta; ışıının elektrikten ziyade daha fazla ısıya çevrildiği düşünüldüğünde, panellerin alt kısımda tasarlanacak hava boşlukları ile sıcak hava binaya aktarılacak ve böylece projenin maliyet etkinliği artırılmış olacaktır. Son olarak çalışmada belirtildiği üzere iyi tasarlanmış bir teras hem yağmurdan korunma anlamında hem de gölgelenme üstünlüğü sayesinde yapıya entegre fotovoltaik panel projeler açısından iyi bir seçenek olarak gözükmektedir (Reijenda et al. 2012).

Sıfır Enerji Binalar ve Şehirler konseptine geçiş amacıyla binalara yönelik yenilenebilir enerji uygulamaları son yıllarda önem kazanmış ve önemli araştırma alanlarından biri konumuna gelmiştir. Sırbistan'da yapılan bir çalışmada, binaların enerji talep ve yükünü

en aza indirgeyecek ve ayrıca su arıtma sistemleri, su pompa sistemleri gibi çeşitleri sistemler için enerji sağlayabilecek jeotermal, rüzgar ve güneş enerjisi gibi farklı yenilenebilir enerji kaynakları incelenmiştir. Çatı alan büyüklükleri, yön ve güneş ışınım değerleri de dikkate alınarak potansiyel fotovoltaik uygulamalar ve binalara entegre fotovoltaik uygulamalar araştırılmıştır. Çalışmadan çıkarılan bir sonuca göre, kojenerasyon, trijenasyon, güneş ve rüzgar enerjisi uygulamalarının hep birlikte değerlendirilmesi ve uygulanması Sıfır Enerji Binalar ve Şehirler konseptine ulaşılmasında önemli bir adım olmaktadır (Todorovic 2012).

Alternatif enerji kaynağı uygulamalarının en popüler olanı güneş enerjisi kullanarak enerji üretilmesidir. Geleneksel enerji kaynakları dediğimiz fosil yakıtlar hem gittikçe azalıyor hem de bu enerji türünün beraberinde yoğun çevre kirliliği oluşturuyor ve biyolojik dengeyi gittikçe bozuyor. Artan nüfus, sanayiinin günden güne gelişimininden kaynaklanan enerji gereksiniminin klasik yöntemlerle karşılanamaması ve geleneksel enerji kaynaklarının bir süre sonra tükenecek olması araştırmaları yeni kaynaklara ve dahası yenilenebilir enerji kaynaklarına yönlentmeyi zorunlu hale getirdi (Söylemez 1988).

Küresel fotovoltaik pazarın mevcut halinin ve son teknoloji panellerin incelendiği bir çalışmada, 136 üreticiden toplam 445 fotovoltaik panel, verim, ağırlık, güç yoğunluğu, teknoloji tipi ve şekilleri bakımından araştırılmıştır. Buna göre fotovoltaik panel verimleri genel olarak %14 ile %19 arasında değişmektedir. Müşteri ve yatırımcıların tercihlerini etkileyen en önemli faktör ise maliyetleri düşmesi olarak ortaya çıkmıştır. Monosilikon bazlı fotovoltaik panellerin küresel payı 2010 yılında %16,6 iken 2012 yılında %37,2 olarak kaydedilmiştir. Çalışmada incelenen monokristal panellerin güç yoğunlukları da 100 W/m^2 ile 150 W/m^2 arasında değişmektedir. Ek olarak panellerin şekillerin de genelde dikdörtgenimsi ve 100 milimetrenin katları olduğu görülmüştür (Ceron et al. 2013).

Fotovoltaik panellerin kullanılabilirlikleri, maliyet ve zaman açısından avantaj sağlayabilecek yeni yapısal tasarımları ile ilgili Çin’de yapılan bir çalışmada, Çin’deki binaların kullanım ömürlerinin 50 sene olduğu ve panellerin sahip olduğu 25 yıllık garanti süresinin bu yüzden yeterli olmadığı vurgulanmıştır. Bu doğrultuda fotovoltaik sistemlerin en önemli özelliğinin bakım ve değiştirme prosesleri olduğu belirtilmiştir. Bakım ve değiştirme prosesleri açısından kolaylığa sahip taşıyıcı sistemlerde, panellerin sahip olduğu

garanti süresi sona erdikten sonra yatırımcılar ve sistem sahipleri fotovoltaik sistemin bileşenlerini değiştirebileceklerdir. Burada en dikkat çekici husus, piyasaya ancak 2020’li yıllarda sunabilecek ve çok daha verimli olacak olan 3. nesil güneş hücreleri gece boyunca kızılötesi ışınları da elektriğe dönüştürebileceğinden verimlerinin %30 ile %60 arasında olabileceği tahmin edilmektedir. Çalışmada ayrıca Çin’in güneş enerjisindeki durumu da analiz edilmiştir. 2000 yılında güneş enerjisi konusunda sadece 3 MW’ lık bir üretim kapasitesine sahip olan Çin, bu rakamı 2007 yılında 1.088 MW’ a ve 2009 yılında 4.382 MW’ a çıkarmıştır. Bu, yıllar önce başlayan güneş hücre teknolojileri ile ilgili çalışmaların bir sonucu olarak yorumlanmaktadır (Peng et al. 2011).

Güneş pillerinin çalışma şartları, şebeke uyumlu alternatif akım sağlamanın esasları; sisteme aküde depolanmış DC akımın 220V, 50Hz’lik sinüs dalgalarına dönüştürülmesi konusunda yapılan çalışma ile ekipmanlar analiz edilmiştir.

Güneş Enerji sistemlerinde seçilen fotovoltaik modüllerin değişik sıcaklıklarda sağladıkları verimi deneysel olarak araştırmışlardır (Durisch et al.2000).

Güneş uygulamaları için DC/AC güneş inverteleri konusunu araştırmışlar, evsel uygulamalar için tek fazlı bir invertör prototipi dizayn ederek laboratuvarında test etmişlerdir (Amrouche et al. 2009).

Evsel sistemler için kullanılan fotovoltaik sistemlerinde verimi artıracak enerji kaybını azaltacak metotları araştırmışlardır (Coventry And Lovegrove K 2003).

Evsel fotovoltaik sistemlerin çalışma şartları ve ekonomik analizleri konusunda araştırmalar yapmışlardır. Ucuz temiz enerji üretmesi ve düşük karbon salınımı özelliği ile binalara kurulabilecek fotovoltaik sistemler gelecek için vazgeçilmez enerji kaynağı olacağı savunulan bu çalışmada; fotovoltaik sistemlerin DC akım üretmesi nedeniyle DC akımla çalışan cihaz ve ürünlerin üretilmesi önerisinde bulunmuşlardır (Li 2011).

Yenilenebilir enerji kaynaklarının çevreyi kirletmemesinin yanı sıra tercih edilmelerini sağlayan önemli konu başlıkları; ülkelerin dışa bağımlılıklarını azaltması, yakıt giderlerinin olmaması, amortisman sürelerinin sonunda çok ucuz enerji sağlamalarıdır.

Tüm bu avantajları nedeniyle gün geçtikçe yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgi hızla artmaktadır. 2008 yılından beri dünyada ekonomik kriz olmasına rağmen, yenilenebilir enerji alanında dikkate değer yatırım yapılmaya devam edilmiştir. Bununla beraber yenilenebilir enerji güneş enerjisinde ekonomik analiz konusunu işlemiştir (Taşdemiroğlu 1988).

Yenilenebilir enerji alanındaki yeni yatırımlar sektörel baz da incelendiğinde, rüzgar ve güneş alanında yapılan yatırımların önde geldiği görülmektedir Bu yüzden yenilenebilir enerji kullanımı miktarını artırmak için gerekli çalışmaların yapılması gerekmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının en büyüğü güneştir. Güneş enerjisi temiz bir yakıttır fakat sürekliliğinin olmaması yani kesintili olması en büyük problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bundan dolayı da elektriği üretilip depolayabilen sistemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu yayın güneş enerjisi parametrelerini kullanarak elektrik enerjisi sağlanması konusunda teorik bilgiler vermektedir (Siegel et al. 1981).

Direkt güneş kaynaklı elektrik üretmenin başlıca yolu “fotovoltaik pil” sistemleridir. Son yıllarda fotovoltaik pil uygulamaları dünyada birçok ülkede giderek yaygınlaştı. Özellikle evsel elektrik tüketiminde güneş pilleri lider konumdadır. Bu yayında fotovoltaik pillerin kullanımı konusunda teorik ve deneysel bilgiler verilmiştir (Rosenblatt 1984).

Güneş enerjisinden dolaylı ve dolaysız yoldan elektrik üretmek mümkündür. Dolaylı yoldan elektrik üretme yönteminde, yoğunlaştırıcılar ya da yansıtıcı aynalar yardımıyla etkisi arttırılan güneş enerjisi, özel bir sıvıyı buharlaştırıyor ve elde edilen yüksek basınçlı buharla türbin döndürülüyor. Bu türbin bir elektrik jeneratörüne bağlanarak elektrik elde ediliyor. Ayrıca güneş enerjisi ile hidrojen üretilip, yakıt hücresi kullanarak hidrojeni elektriğe dönüştürmek de mümkün. Bu yayında güneş enerjisinin kullanımı ile ilgili ayrıntılı bilgiler verilmiştir (Söylemez 1988).

Doğrudan elektrik üretme yönteminde güneş pili kullanılıyor. Bu alandaki Ar-Ge çalışmaları güneş pillerinin daha verimli kullanımı üzerinde yoğunlaşmış durumdadır. Üretilen bu elektrik enerjisi tüketim yerlerinde iki şekilde kullanımı mümkündür. Şebekeye bağımlı ve şebekeden bağımsız sistemlerdir (Klein et al.1975).

Güneş pilleri, elektrik enerjisinin gerekli olduğu her uygulamada kullanılabilir. Güneş pili modülleri uygulamaya bağlı olarak, akümülatörler, invertörler, akü şarj denetim aygıtları ve çeşitli elektronik destek devreleri ile birlikte kullanılarak bir güneş pili sistemi (fotovoltaik sistem) oluştururlar. Bu sistemler, özellikle yerleşim yerlerinden uzak, elektrik şebekesi olmayan yörelerde, jeneratöre yakıt taşımanın zor ve pahalı olduğu durumlarda kullanılırlar. Bu sistemlerde yeterli sayıda güneş pili modülü, enerji kaynağı olarak kullanılır. Güneşin yetersiz olduğu zamanlarda ya da özellikle gece süresince kullanılmak üzere genellikle sistemde akümülatör bulundurulur. Güneş pili modülleri gün boyunca elektrik enerjisi üreterek bunu akümülatörde depolar, yüke gerekli olan enerji akümülatörden alınır (Ünsal 1981).

Akünün aşırı şarj ve deşarj olarak zarar görmesini engellemek için kullanılan denetim birimi ise akünün durumuna göre, ya güneş pillerinden gelen akımı ya da yükün çektiği akımı keser. Şebeke uyumlu alternatif akım elektriğinin gerekli olduğu uygulamalarda, sisteme bir invertör eklenerek akümülatördeki DC gerilim, 220V, 50Hz'lik sinüs dalgasına dönüştürülür. Benzer şekilde, uygulamanın şekline göre çeşitli destek elektronik devreler sisteme katılabilir (Kılıç ve Öztürk 1983).

Şebeke bağlantılı güneş pili sistemleri yüksek güçte santral boyutunda sistemler şeklinde olabileceği gibi daha çok görülen uygulaması binalarda küçük güçlü kullanım şeklindedir. Bu sistemlerde örneğin bir konutun elektrik gereksinimi karşılanırken, üretilen fazla enerji elektrik şebekesine satılır, yeterli enerjinin üretilmediği durumlarda ise şebekeden enerji alınır. Böyle bir sistemde enerji depolaması yapmaya gerek yoktur, yalnızca üretilen DC elektriğin, AC elektriğe çevrilmesi ve şebeke uyumlu olması yeterlidir. Şebekeden bağımsız sistemlerde ise sadece üretilen elektriğin depolanıp kullanılması söz konusudur. Güneşin olmadığı saatlerde akü üzerine depolanan elektrik kullanılır (Ünsal ve Doğantan 1980).

Bingöl İli İnönü Mahallesi; Aksa Elektrik Bingöl İl Müdürlüğünden alınan verilerle Ocak ayı elektrik tüketim miktarı 18.941 kWh, Şubat ayı elektrik tüketim miktarı 18.914 kWh, Mart ayı elektrik tüketim miktarı 17.254 kWh, Nisan ayı elektrik tüketim miktarı 18.552 kWh, Mayıs ayı elektrik tüketim miktarı 16.960 kWh, Haziran ayı elektrik tüketim miktarı 13.139 kWh, Temmuz ayı elektrik tüketim miktarı 14.247 kWh, Ağustos ayı elektrik

tüketim miktarı 19.057 kWh, Eylül ayı elektrik tüketim miktarı 14.271 kWh, Ekim ayı elektrik tüketim miktarı 17.139 kWh, Kasım ayı elektrik tüketim miktarı 16.257 kWh, Aralık ayı elektrik tüketim miktarı 18.854 kWh'tir.. Bingöl İli İnönü Mahallesi yıllık elektrik tüketim miktarı 203.434 kWh'tir (AKSA 2019).

2.1. Güneşin Yapısı

Güneş sisteminin merkezinde güneş yer alır. Güneş canlı hayatının ana kaynağıdır ve hidrojen ve helyum gazlarından oluşur (Yerebakan 2010). Güneş elektromanyetik ışımlar yaparak enerji yayar. Güneş dünyadan 150 milyon kilometre uzaklıkta ve çapı 1.39×10^9 m olan bir gaz küresidir. Güneşin kütlesi dünyanın yaklaşık 330.000 katıdır. Güneş enerjisinin %90'ının termonükleer füzyon sonucu güneşin merkez bölgesinde olduğu düşünülmektedir. Bu merkezi bölgedeki sıcaklık 15×10^6 K civarındadır ve açığa çıkan enerji yaklaşık 3.83×10^{26} W'tır. Fotosfer güneşin en dışında yer alan küresel kabuktur. Güneş radyasyonunun büyük bir kısmı fotosferden yayılır. Fotosfer'deki sıcaklık 6050 K olup enerji miktarı $6,33 \times 10^7$ W/m² dir. Fotosferin ötesinde kromosfer olarak bilinen ve derinliği yaklaşık 10.000 km olan bir gaz tabakası bulunur. Kromosfer tabakasının 5000 ile 50.000 K arasında sıcaklığa ve düşük yoğunluğa sahip yapısı vardır. Kromosferin ötesinde daha düşük yoğunlukta korona yer almaktadır. Korona tabakasındaki sıcaklık yaklaşık 8×10^5 ile 3×10^6 K arasındadır (İbrahim 2006). En son bölge ise güneş tacıdır. Bu bölgede yoğunluk çok düşük olmakla beraber sıcaklık (2 milyon K) çok yüksektir (Acaroğlu 2013).

2.2. Güneş Sabiti

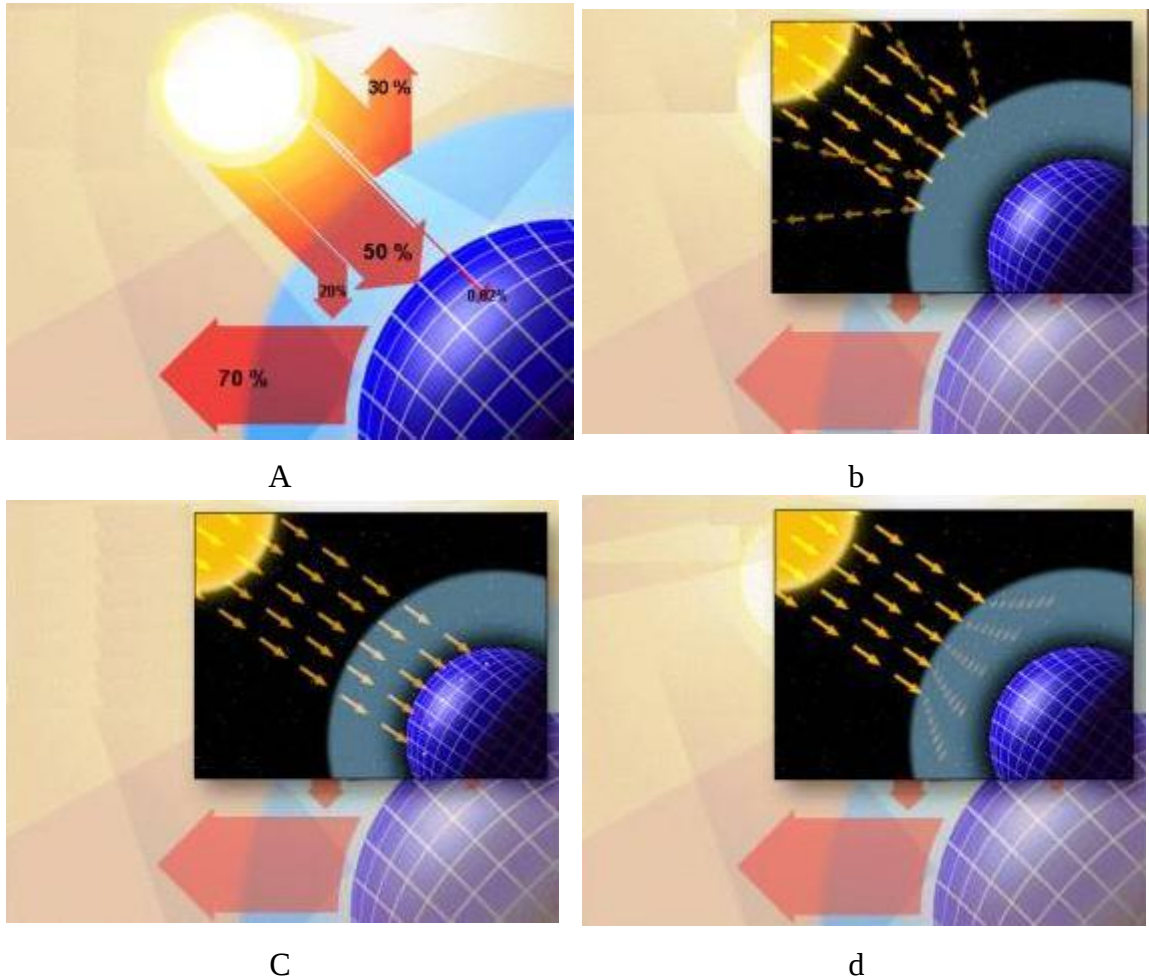
Güneş yüzeyindeki enerji miktarı $6,33 \times 10^7$ W/m²'dir. Atmosferin dışında güneşten yaklaşık 1.5×10^{11} m uzaklıktaki 1 m²'lik alana düşen enerji miktarı 1367 W/m²'dir. Bu sayıya güneş sabiti denir ve I_{gs} ile tabir edilir. Güneş sabiti dünya güneş arasındaki uzaklığın değişmesinden kaynaklanan mevsimsel farklardan dolayı az da olsa değişebilir. Güneş sabitinin değeri aşağıda verilen fonksiyon ile yaklaşık olarak bulunabilir.

$$I_t = I_{gs} [1 + 0,033 \cos (360. N / 365)] \quad (2.1)$$

Yukarıdaki denklemde I_t atmosfer dışındaki radyasyonu, I_{gs} güneş sabitini, N ise 1 Ocak'tan itibaren geçen gün sayısını belirtmektedir (Kılıç A ve Öztürk A 1980).

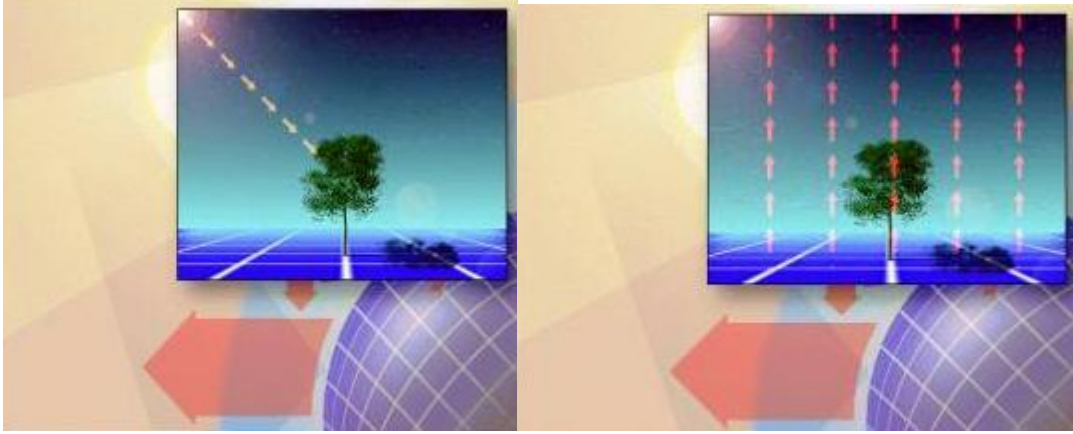
2.3. Güneş Işınımı ve Işınım ölçüm cihazları

Şekil 2.1'de görüleceği gibi güneş ışınımının tamamı yeryüzüne ulaşmaz. Şekil 2.1b'de görüldüğü gibi güneş ışınımının %30'u atmosfer tarafından geriye yansıtılır. Şekil 2.1.c'de görüldüğü gibi güneş ışınımının %50'si atmosfer tabakasından geçerek dünyamıza ulaşır. Dünyamıza ulaşan güneş ışınimleri sayesinde dünyanın sıcaklığı yükselir ve dünyamızda yaşam mümkün olur. Aynı zamanda gelen ışınım ile rüzgar hareketleri ve okyanus dalgalanmaları meydana gelir (Öztürk 2012).



Şekil 2.1. Güneş ışınımının yeryüzüne gelmesi (URL 6)

Şekil 2.2’de görüldüğü gibi yeryüzüne gelen güneş ışınımının çok az (%1’den) kısmı bitkiler tarafından fotosentez olayında kullanılır. Nükleer enerji dışındaki bütün enerjilerin dolaylı veya direkt kaynağı güneştir (Öztürk 2012).



Şekil 2.2. Yeryüzüne gelen güneş ışınımının bitkiler tarafından kullanılması (URL 6)

Doğrudan güneşten gelen ve atmosferde hiçbir şekilde dağılmaya uğramadan gelen ışınımolar direkt güneş ışınımı olarak adlandırılır. Direkt güneş ışınımı güneşli bir günde bir noktaya yaklaşık %80 civarında gelir. Atmosferdeki atomlar, su parçacıkları ve bulutlar tarafından yansıtılan ışınımolar difüz güneş ışınımı olarak adlandırılır. Toplam güneş ışınımı direkt ve difüz güneş ışınımı toplamı olarak düşünülse de buna ek olarak yansıtılmış güneş ışınımı vardır. Yansıtılmış güneş ışınımı bitkiler, insanlar, binalar gibi yeryüzünde bulunan elemanlarca yansıtılan güneş ışınımolarıdır. Güneş ışınımolarını ölçen cihazlardan birincisi Şekil 2.3’te gösterilen piranometredir. Bu cihaz direkt ve difüz güneş ışınımolarının toplamını ölçmek için kullanılan cihazdır. Difüz güneş ışınımolarını belirlemek için yapmamız gereken işlem gölgeleme bandı, disk veya top kullanarak direkt güneş ışınımolarını engellemektir (Kıncay 2018).



Şekil 2.3. Piranometre Cihazı

Güneş ışınımını ölçen cihazlardan ikincisi pirheliometredir. Pirheliometre difüz ve yansıtılmaya uğramadan yeryüzüne gelen direkt güneş ışınımını ölçen cihazdır. Pirheliometre cihazı direkt radyasyon ölçer olarak ta adlandırılır. Pirheliometre cihazı güneş ışınımını dik görebilmesi için güneş izleyici sistem ile beraber kullanılır (İbrahim 2006).

Güneş ışınımını ölçen cihazlardan üçüncüsü pirradyometredir. Pirradyometre cihazı güneş ışınımının tümünü (direkt, difüz, yansıtılmış) ölçen cihazdır (Kılıç ve Öztürk 1980).

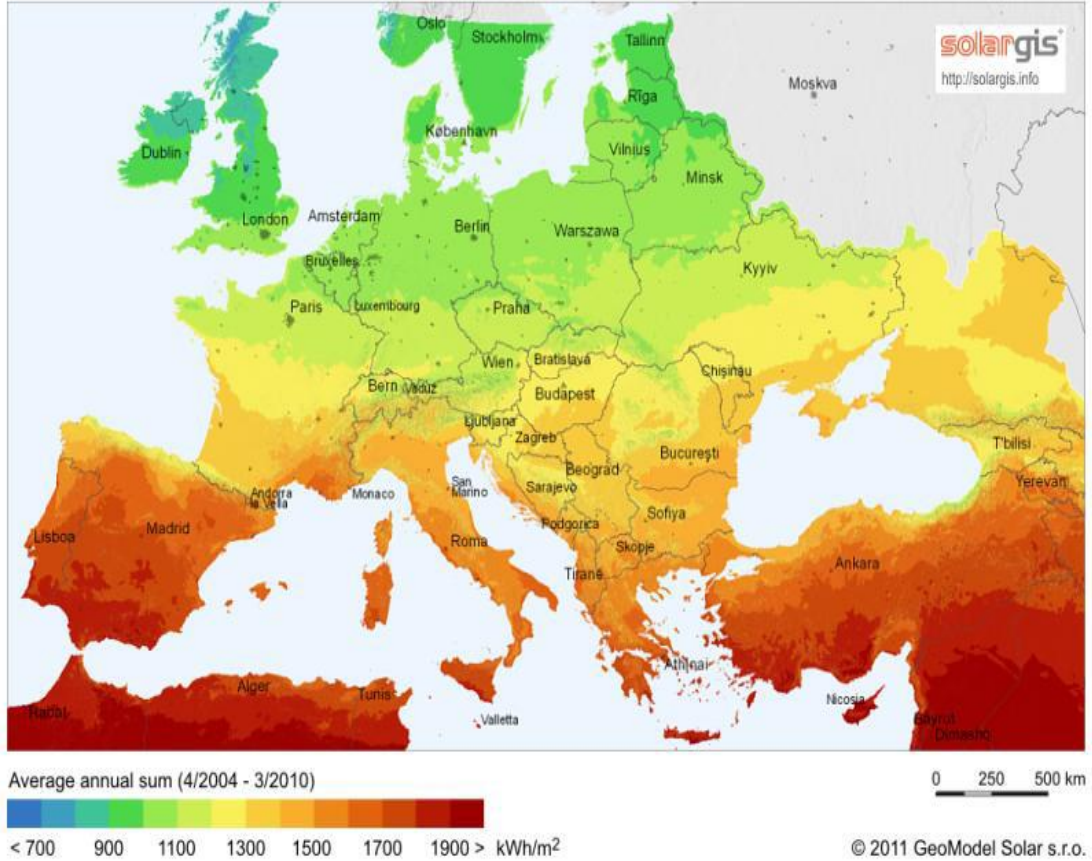
Güneş ışınımını ölçen cihazlardan dördüncüsü solarmetredir. Solarmetre cihazı direkt güneş ışınımını ölçmekle beraber diğer ışınım cihazlarından daha ucuzdur (Acaroğlu 2013).

2.4. Güneş Radyasyonu Geometrisi

Güneş geometrisiyle ilgili fotovoltaik sistemler için dört tanıma ihtiyaç duyulmaktadır. Bunlardan birincisi güneş yükseklik açısıdır. Güneş yükseklik açısı, bölgenin yatay düzlemi ile güneşin, herhangi bir anda, bulunduğu noktaya doğru düşünülen çizgi arasındaki yani güneş ışını ile yatay düzlem arasındaki açıdır. Öğlen vaktinde en yüksek değerini almaktadır. Şekil 2.4'te güneş konumuna göre güneş yükseklik açısı ve güneş azimuth açısı görülmektedir

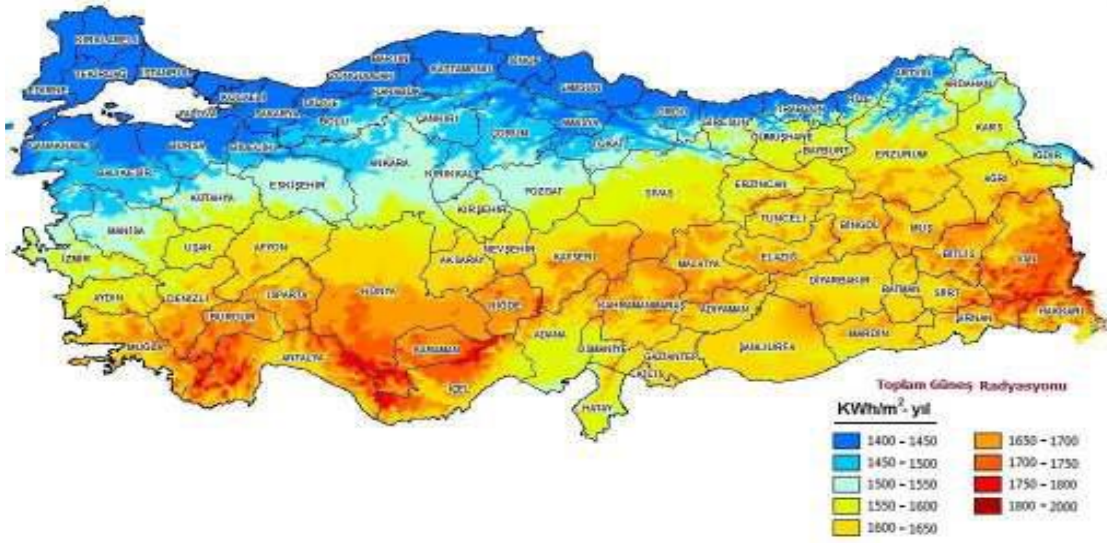
2.5. Avrupa ve Türkiye’de Güneş Enerjisi Potansiyeli

Şekil 2.6’da Avrupa güneş enerji atlası görülmektedir. Şekilden de anlaşılacağı üzere kırmızı bölge üzerinde olanlar ışıınımı fazla olan bölgelerdir. Ülkemiz güneş enerjisinden yararlanma potansiyeli birçok Avrupa ülkesinden fazladır.

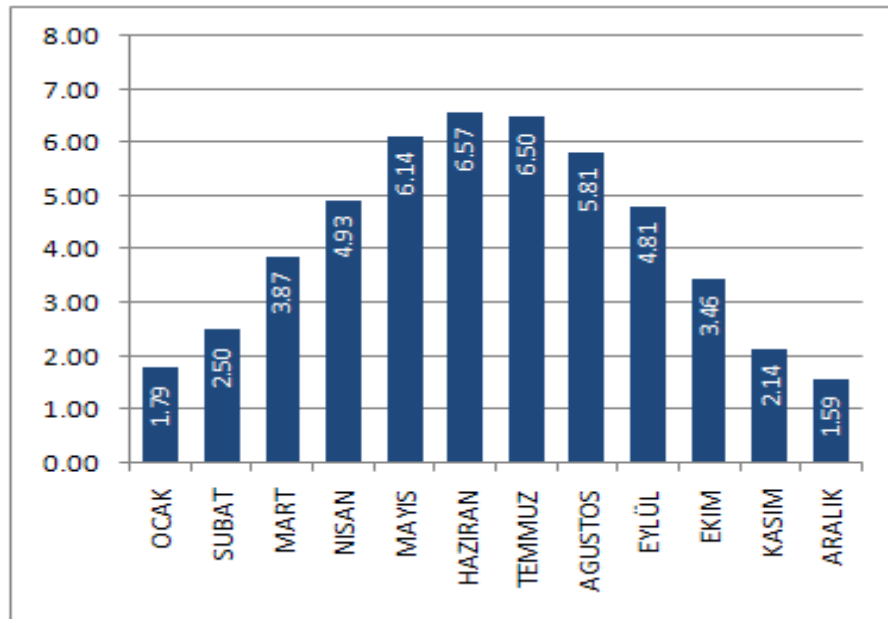


Şekil 2.6. Avrupa ülkeleri güneş enerjisi potansiyel atlası(URL 7)

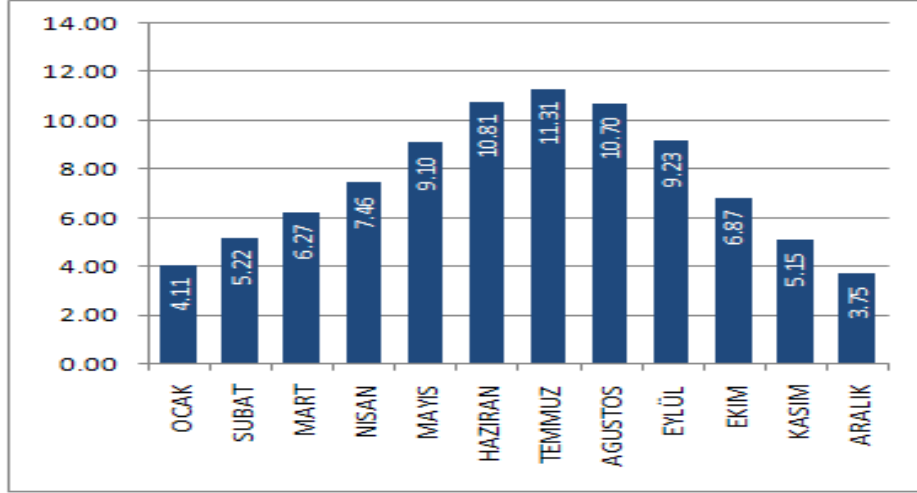
Türkiye kuzey yarım kürede yer alır ve 36-42° kuzey enlemleri ve 26-45° doğu boylamları arasında yer alır. Türkiye güneş enerjisi bakımından birçok ülkeye göre avantajlıdır ve bu avantajını bulunduğu coğrafi konumundan almaktadır (Çanka Kılıç 2015). Türkiye güneş kuşağı olarak isimlendirilen bir bölgede bulunmaktadır (Altıntop and Erdemir 2013). EİE tarafından 2010 yılında Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA) hazırlanmıştır. Şekil 2.7’de Türkiye güneş enerjisi potansiyeli atlası görülmektedir. Şekil 2.8’de aylık bazda Türkiye global radyasyon değerleri verilmiştir. Şekil 2.9’da Türkiye güneşlenme süreleri aylık olarak verilmiştir.



Şekil 2.7. Türkiye güneş enerjisi potansiyeli atlası (URL 6)



Şekil 2.8. Türkiye global radyasyon değerleri (kWh/m²-gün)(URL 6)



Şekil 2.9. Türkiye güneşlenme süreleri (Saat) (URL 6)

Tablo 2.1’de aylara göre Türkiye toplam güneş enerji potansiyeli ve güneşlenme süresi değerleri verilmiştir. Tablo 2.1’de görüleceği gibi ülkemizde yıllık ortalama güneşlenme süresi 2640 saat (günlük 7,2 saat) yıllık ortalama güneş radyasyon değeri 1311 kWh/m² (günlük 3,6 kWh/m²) dir. Aynı zamanda tablodan anlaşılabacağı üzere aylık ortalama güneşlenme süreleri bakımından Temmuz, Ağustos, Haziran ayları güneş enerjisi potansiyellerinin yüksek olduğu görülür (Acaroğlu M).

Tablo 2.1. Türkiye'nin aylık ortalama güneş enerjisi Potansiyeli (URL 7)

Aylar	Aylık Toplam Güneş Enerjisi (kWh/m ² -ay)	Güneşlenme Süresi (Saat/ay)
Ocak	51,75	103
Şubat	63,27	115
Mart	96,65	165
Nisan	122,23	197
Mayıs	153,86	273
Haziran	168,75	325
Temmuz	175,38	365
Ağustos	158,4	343
Eylül	123,28	280
Ekim	89,9	214
Kasım	60,82	157
Aralık	46,87	103
Toplam	1311	2640
Ortalama	3,6 kWh/m ² -gün	7,2 saat/gün

Tablo 2.2’te Türkiye’de bölgelere göre güneş enerjisi potansiyeli verilmiştir. Türkiye’de güneş enerjisi potansiyelinin bölgesel dağılımına tablodan bakıldığında Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nin ilk sırada geldiği görülür. Onu sırasıyla Akdeniz, Doğu Anadolu ve İç Anadolu Bölgeleri takip etmekle beraber en düşük potansiyele sahip olan bölge ise Karadeniz Bölgesi olduğu görülür (Yiğit A ve Atmaca İ 2010).

Tablo 2.2. Türkiye’de bölgelere göre güneş enerjisi potansiyeli (URL 6)

Bölge	Toplam Güneş Enerjisi (kWh/m ² -yıl)	Güneşlenme Süresi (Saat/yıl)
Güneydoğu Anadolu	1460	2993
Akdeniz	1390	2959
Doğu Anadolu	1365	2664
İç Anadolu	1314	2628
Ege	1304	2738
Marmara	1168	2409
Karadeniz	1120	1971

2.6. Güneş Enerjisinin Avantajları ve Dezavantajları

Güneş enerjisi sistemlerinin avantajları;

- Çevreyi kirletmez ve küresel ısınma meydana getirmez.
- Mevcut sistemlerden farklı olarak en büyük yararı, herhangi bir fosil yakıt veya bağlantı gerektirmeden bağımsız olarak elektrik üretebilmesidir.
- Her yerde bulunması nedeniyle dışa bağımlılığın olmamasıdır.
- İlk yatırım maliyetleri yüksek olması dışında ucuz bir kaynak olması.
- Enerjinin ihtiyaç duyulduğu yerde kolayca üretilmesinden dolayı nakil problemi olmaz.
- Enerji krizlerinin etkisinden uzak olmasıdır.
- Karmaşık teknolojiler olmadan yararlanılabilmesi.
- İşletme maliyetinin düşüktür.
- Hareketli parçaları ya çok azdır; ya da yoktur. Şimşekler, güçlü rüzgarlar veya kum fırtınaları, nem ve ısı, kar veya buz gibi doğa olaylarına dayanıklıdır.

- Enerji kaynağı ile kullanım yeri arasında, uzun kablolar ve bağlantı elemanları olmadığından arada oluşabilecek güç kaybından kaçınılmış olur (Kayfeci 2011).

Güneş enerji sistemlerinin kullanımındaki dezavantajlar;

- Birim yüzeye gelen güneş ışıınımı istenilen seviyede olmadığı için çok büyük alanlara ihtiyaç duyulmakta bundan dolayı ilk yatırım maliyeti artmaktadır.
- İhtiyaç duyulan enerjinin tamamı güneş ışıınımı ile sağlanmadığı zamanlar batarya ihtiyacı oluşmakta hem maliyet artmakta hem de verim azalmaktadır.
- Kış aylarında enerji ihtiyacı artmakta ancak ışıınım azalmaktadır.
- Günlük veya saatlik enerji çıkışı belli değildir (Çağan F 2018).

2.7. Güneş Pilleri

Güneşten dünyamıza ulaşan ışıınlar üç şekilde enerjiye dönüşür. Bunlardan birincisi bitkiler vasıtasıyla kimyasal enerjiye dönüştürölür, ikincisi kollektör vasıtasıyla ısı enerjisine dönüştürölür ve üçüncü olarak elektrik enerjisine dönüştürölür.(Ceylan ve Gürel 2018). Güneş enerjisinden elektrik üretmek çok çeşitlilik göstermekle birlikte iki ana gruba ayrılabilir:

- Isıl Güneş Teknolojileri ve Odaklanmış Güneş Enerjisi (CSP): Bu sistemlerde güneş enerjisinden ısı elde edilir. Elde edilen ısı doğrudan kullanılacağı gibi elektrik üretiminde de kullanılabilir.
- b - Güneş Pilleri: Fotovoltaik piller de denen yarıiletken malzemeler güneş ışıığını doğrudan elektriğe çevirirler.

Güneş pilleri aynı zamanda fotovoltaik pil olarak da adlandırılır. Güneş pilleri güneş enerjisini elektrik enerjisine çeviren fotovoltaik düzeneklerdir (Koçak 2018). FV sistemlerin en temel yapısı FV hücrelerdir. FV hücreler üzerlerine ışıık düştüğü zaman uçlarında elektrik gerilimi meydana gelir. Gücü istenilene seviyeye getirebilmek için güneş hücrelerini birbirine seri veya paralel bağlayabiliriz. Oluşan bu yapıya FV modöl adı verilmektedir. Bu şekilde oluşan sistemle birkaç W'tan MW'lara kadar büyüklükte üretim sistemleri meydana getirilebilir (Cebeci 2017).

2.7.1. Güneş Pilleri Çeşitleri

Fotovoltaik pil çeşitlerini dört ana teknoloji olarak sıralayabiliriz.

- Kristal yapı teknolojisi
- İnce film teknolojisi
- Birleşik teknoloji
- Nanoteknoloji

olarak sıralayabiliriz (URL 8).

2.7.1.1. İnorganik güneş pilleri

Verimleri çok düşük olan tek katmanlı inorganik güneş pili, elektronlardan birisi yarı iletken olan ve farklı elektrokimyasal potansiyele sahip iki metal elektrot arasına yerleştirilen silikon gibi inorganik yarı iletkenlerden meydana gelir (URL 8).

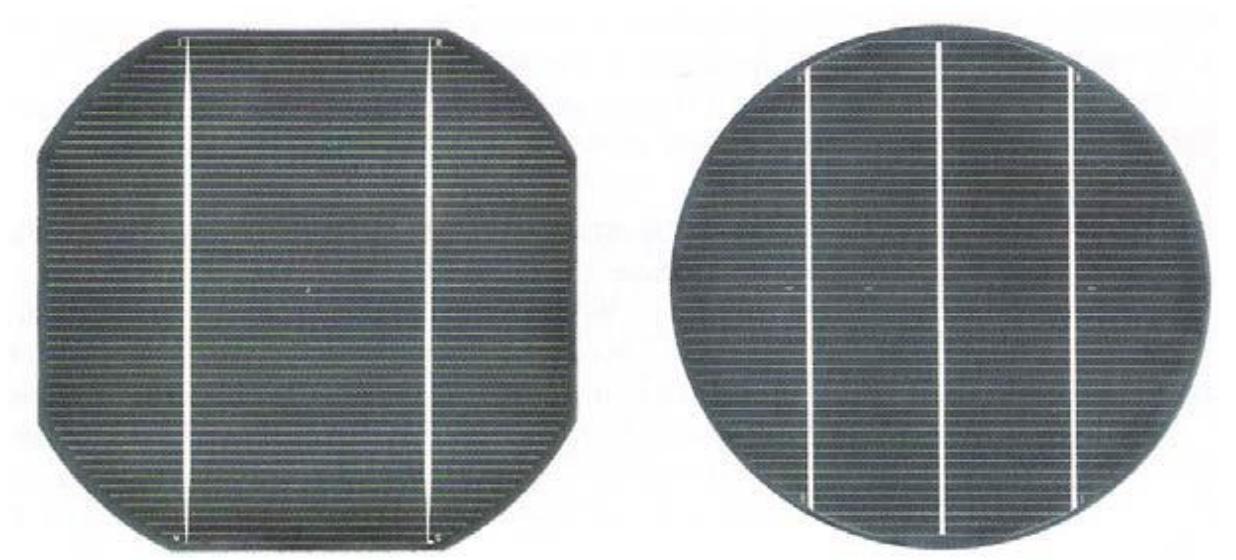
2.7.1.2. İki Katmanlı İnorganik Güneş Pilleri

Günümüzde iki katmanlı inorganik güneş pili %30'a kadar verim sağlamaktadır. Bu piller iki yarı iletken kullanılarak meydana getirilir ve kimyasal ve ısı bakımından oldukça karardır. Sınırda yakın bölgelerde yük ayrımı meydana gelir (URL 8).

2.7.1.3. Tek Kristal Silisyum Güneş Pilleri

Güneş paneli yapımında tek kristal silisyum güneş pili çok kullanılır. Bu pilin maliyeti çok yüksektir. Çok kristalli güneş hücresine göre daha az kullanılmaktadır. Güneş pili yapımında en çok kullanılan madde silisyumdur. Silisyum maddesinin güneş pili yapımında yaygın olarak kullanılmasının başlıca sebepleri silisyumun elektriksel, optik ve yapısal özelliklerini uzun zaman koruyabilmesinden dolayıdır. Silisyumu saf olarak elde etmek hem pahalı hem de zordur. Silisyum elementi Dünya'da oksijenden sonra en çok bulunan elementtir. Çok kristalli silisyum elde edilmek için silisyumun saflaştırılarak yarı iletken özelliği sağlanmalıdır. Ancak çok kristalli silisyum elde etmek maliyeti artırıyor. Silisyum (Si) güneş pillerini ticari olarak kullanılır. Bunların birçoğu bor katkılı tek kristal dilimlerden Czochralski (CZ) işlemiyle meydana getirilirler. Kafes bozuklukları

oluşmaması için güneş pilleri CZ işlemiyle üretilir. Güneş pili pazarının yaklaşık %80'ini kristal silikon piller oluşturur. Kristal silikon pillerin verimleri %15 ile %23 arasındadır. Şekil 2.10'da Farklı geometrilere sahip tek kristalli silikon güneş pilleri görülmektedir (Ünal 2006)



Şekil 2.10. Farklı geometrilere sahip tek kristalli silikon güneş pilleri

2.7.1.4. Çok Kristal Silisyum Güneş Pilleri

Elektriksel, optik ve yapısal olarak tek kristal silisyum güneş pili ile aynı olan çok kristal silisyum güneş pili damarlarının boyutları arttıkça kalitesi de artar. Elektriksel yük taşıyıcılarının aktarılmasında engelleyici rol oynamasından dolayı damarların arasındaki süreksizlik istenmez. Çok kristal silisyum hücrelerin üretimi kolay ve az maliyetli olması avantaj olsa da az verimli olması dezavantajdır. Bu piller dökme yöntemi ile üretilmektedir. Üretilirken tek kristalli silisyumun elde edilmesi için yapılan işlemlerle benzerlik gösterse de erimiş yarı iletken haldeki silisyumun soğuması için kalıplara dökülür. Kare şeklinde kesilerek üretim tamamlanır. Bu güneş pillerinin verimleri %12-15 arasındadır. Şekil 2.11'de çok kristalli silikon güneş pilleri gösterilmiştir (Koryürek 2008).



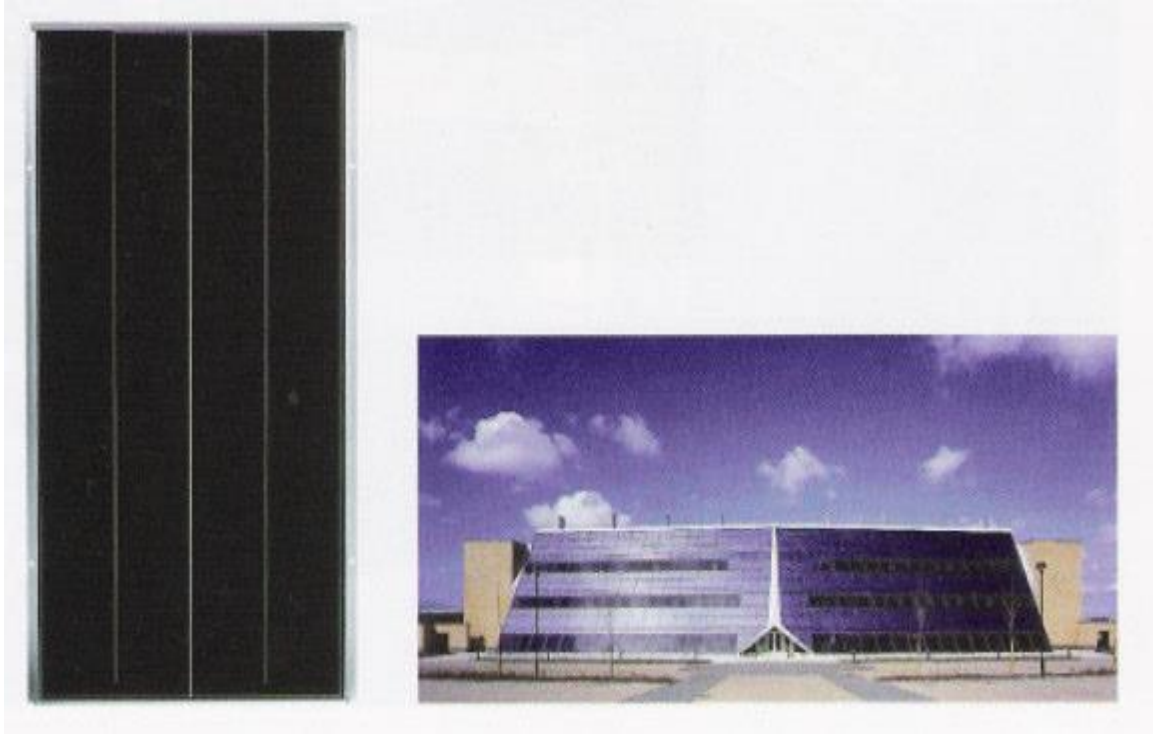
Şekil 2.11. Çok kristalli silikon güneş pilleri

2.7.1.5. İnce Film Güneş Pilleri

Amorf silikondan yapılan ince film güneş pili üst üste yerleştirilen aşırı ince yarı iletken katmanlardan meydana gelir. Bu güneş pili elde edilirken pek çok malzeme kullanılır. Bunların başında çok kristal bakır indiyum diselenid ve kadmiyum tellür gelir. İnce film pillerin katmanları maliyeti düşük olan cam veya plastik esaslı malzeme üzerinde çökeltilir. Verimleri %8-12 arasında değişen ince film güneş pillerinin de kullanılan yarı iletken malzeme ve arka elektrik kontaklarına, yansıtmayan özellikli kaplama ve iletken oksit katmanlar eklenince üretim tamamlanır (Yazıcı 2014).

2.7.1.6. Amorf Silisyum Güneş Pilleri

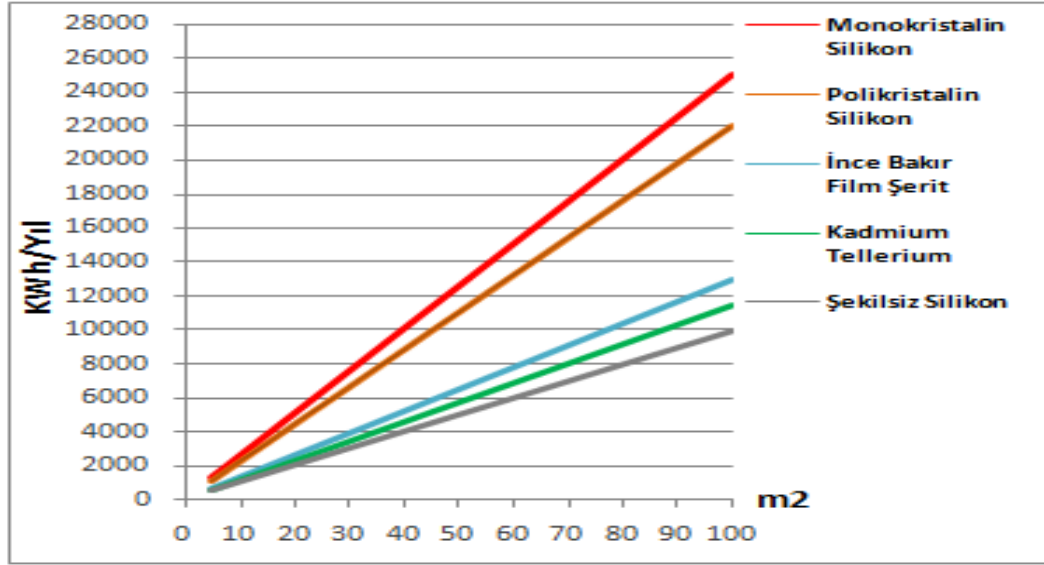
Amorf yapıdaki katı malzemelerin atomları belli bir düzende dizilmemiştir. Tam anlamıyla kristal bir yapı oluşturduğu söylenemez. Çok sayıda yapısal ve bağlantı hataları içerdiği söylenebilir. Amorf silikonun elektriksel özelliği yalıtkan olarak kabul edilmişse de daha sonra fotovoltaiik piller de kullanılabileceği düşünülmüştür. Düşük güçteki cihazlarda genellikle amorf silikon güneş pilleri kullanılır. Cihazları geliştirmek için karbon, germanyum, azot ve kalay ile amorf silikon alaşımları oluşturulur. Amorf silisyum güneş pili etkinlik gösterdiği yer çoğunlukla laboratuvarıdır. İnce film güneş pili %24'den daha fazla verim gösterebilmesi için galyum arsenit kullanılmalıdır. Şekil 2.12'de amorf silisyum güneş modülü görülmektedir (Yazıcı 2014).



Şekil 2.12. Amorf silisyum güneş modülü (solda)

2.7.1.7. Çok Kristalli İnce Film Güneş Pilleri

Çok kristalli ince film güneş pili, yarı iletken malzemelerin çok küçük kristal taneciklerinden meydana gelir. İnce film güneş pili güneş hücrelerinde kullanılan malzemeler, silikondan farklı özelliklere sahiptir. Bu hücrelerde, iki farklı yarı iletken malzeme arasındaki ara yüzey ile daha kolay elektrik alanı oluşturulur. Çok kristalli ince güneş pili, pencere olarak adlandırılan 0,1 mikrondan daha ince kalınlıktaki bir üst katmana sahiptir. Yüksek enerji taşıyan ışınım enerjisini absorbe etmek pencere katmanının görevidir. Pencere katmanının yeteri kadar ince olması sonucunda katman yeterli bant boşluğuna sahip olur (Yazıcı 2014). Şekil 2.13'te GEPA'ya göre Türkiye'nin ortalama güneş ışınım değerleri özelinde farklı tip güneş enerjisi piline göre m^2 başına üretilebilecek enerji miktarı gösterilmiştir.



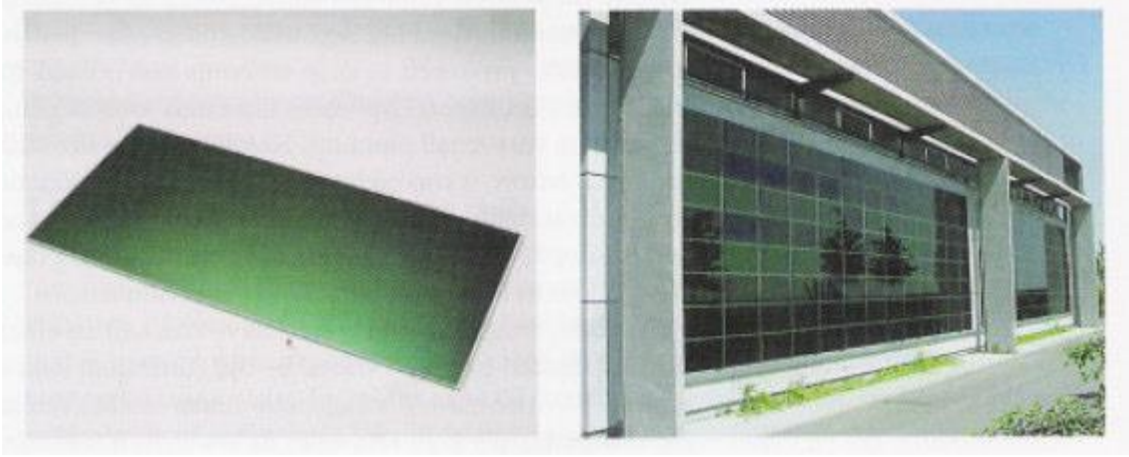
Şekil 2.13. Fotovoltaik Güneş pili türüne göre Türkiye’de yılda üretilebilecek enerji miktarı

2.7.1.8. İnce Film Kalgonit Güneş Pilleri

CdS, CdSe, CdTe ince film güneş pili hücreleri 1960 yılında geliştirilmiştir. İnce film kalgonit güneş pillerinin üretimi çok basittir. Kimyasal çökeltme işlemi ile CdS, CdSe ve CdTe filmleri üretilir. Bu üçüncü nesil güneş pili hücresi de %10’dan fazla verim verebilmektedir. Bu güneş pili çeşitleri üretilmemesinin nedeni bakır kalgonit katmanlar, bakır difüzyonu ile bozulmasından kaynaklanır (Ünver 2012).

2.7.1.9. Kadmiyum Tellürid Güneş Pilleri (CdTe)

Kadmiyum elementi (Cd) ve Tellür (Te) elementinin birleşmesiyle oluşur. Meydana gelen kadmiyum tellür (CdTe) yarı iletkenidir. İnce film güneş pili teknolojisinde önemli yer tutan kadmiyum tellür (CdTe) güneş pilinin güneş ışınını absorbe etme katsayısı yüksektir. Kadmiyum tellür güneş hücresi verimi %15’ten fazladır ve ideal bant genişliğine sahiptir. Kadmiyum tellür güneş hücresi ile meydana getirilen güneş paneli modüllerinin verimi %9’dan daha fazladır. İnce film güneş pili teknolojileri arasında kadmiyum tellür’ün depolanması kolay ve üretimi daha iyidir. Güneş pilleri ile elektrik elde etmek için çok uygun bant boşluğuna sahip olan kadmiyum tellür’ün bant boşluğu 1,45 eV dir. Şekil 2.14’te Kadmiyum Tellür güneş pili ve endüstriyel bir binada uygulandığı görülmektedir (Zafer 2006).



Şekil 2.14. Kadmiyum Tellür güneş pili ve endüstriyel bir binada uygulaması

2.7.1.10. Bakır İndiyum Diseleneid Güneş Pilleri

Bakır indiyum diseleneid güneş pili bakır, indiyum, selenyum veya daha fazla elementin bir araya gelmesiyle meydana gelen yarı iletken pildir. Bu pilin absorbe etme katsayısı çok yüksektir. Bakır indiyum diseleneid güneş pilini diğer pillerden ayıran özellikleri; optik absorbe kat sayısı yüksek olması, iletkenliği ve öz direnci değiştirilebilir olması, fabrika ortamında da üretilebilir olması söylenebilir. Yüksek soğurganlık özelliğine sahip CIS güneş pili hücrelerine Ga (galyum) elementi katılırsa, daha yüksek verim meydana getirilebilir. CIS güneş pili malzemesinin ilk bir mikron kalınlığında ki katmanı, gelen ışınların %99'unu absorbe etme özelliğine sahiptir (Zafer 2006).

2.7.1.11. Bakır İndiyum Galyum Diseleneid Güneş Pilleri (CIGS)

Bakır indiyum galyum diseleneid ince film güneş pili çeşitleri arasındadır ve CIGS güneş pili olarak adlandırılır. CIGS güneş hücresi %10 civarında verimliliğe sahipken diğer ince film güneş hücreleri %8 verime sahiptir. CIGS ve CdTe güneş pilleri uygulama koşullarında en fazla %25 verime ulaşabilir (Zafer 2006).

2.7.1.12. Fleksibil CIGS Güneş Pilleri

Uzay teknolojisi açısından oldukça yüksek potansiyele sahip CIGS güneş pilleri modülleri elektriksek olarak içten bağlantılıdır. CIGS güneş pilleri rulo şeklini alabildiğinden ve

esnek olduğundan dolayı oldukça popüler hale gelmiştir. Şekil 2.15'te rulo şeklindeki güneş pili gösterilmiştir. Çatı sistemleri için fleksibil CIGS güneş pili kullanımı artmıştır (Zafer 2006).



Şekil 2.15. Rulo halinde güneş pili

2.7.1.13. Çok Eklemli Güneş Pilleri

Çok eklemli güneş pili üretilirken tek tip malzeme kullanılır ve bu piller teorik %30, uygulamada ise %25 verime ulaşır. Verimin yüksek olmasından ve tek tip malzeme kullanılmasından dolayı çok eklemli güneş pili üzerindeki araştırmalar oldukça artmıştır. İki veya iki den fazla yarı iletken katmanlardan yapılan çok eklemli güneş pilinin bir katmanı mavi ışığı çok iyi absorbe ederken, diğeri kırmızı ışığı daha iyi soğurmaktadır. Bu

yüzden verim artışı yüksek olur. Zamanımızda çok eklemli güneş pili verimliliği %35-40 gibi düzeylere çıkmıştır (Boya 2017).

2.7.1.14. Nanofotovoltaik Güneş Pilleri (NanoPV)

Geleceğin güneş pili teknolojisi nanofotovoltaik güneş pillerinden oluşacaktır. Nanofotovoltaik güneş pilleri hücreleri nano-mikro kristalli ve yüksek verimlidir. NanoPV (nano fotovoltaik) piller diğer güneş pillerine göre %8-10 üzerinde verim sağlar. Bunun nedeni optik, elektrik ve kimyasal özellikleri açısından oldukça iyi olan nanomateriyallerin kullanılmasıdır. Nanofotovoltaik teknolojisinde kristal yarı iletken materyalleri, polimerik materyaller, karbon esaslı nano yapılar kullanılır. Bundan dolayı bu pillerde maliyet ve uygulama açısından farklı çözümler sunulabilir. Nanofotovoltaik güneş pilleri üretiminde her birisi saç telinden 1000 kat daha ince olabilen çinko oksit (ZnO) ve titanyum dioksit (TiO₂) nanotelleri iletken olarak kullanılabilir (Boya 2017).

2.7.1.14.1. Nano Güneş Pili Teknolojisinin Avantajları

- Mimarlar nano fotovoltaik teknolojisi ile esnek güneş pillerini kullanarak istediği tasarımları elde edebilecektir.
- Nano fotovoltaik teknoloji yeni iş sahaları açacaktır.
- Nano teknoloji ile üretilen güneş panelleri çok hafif olduğundan statik olarak binaya yük getirmeyecektir.
- Nano fotovoltaik teknoloji sayesinde güneş pili verimi en az %8-10 artacaktır (Boya 2017).

2.7.1.14.2. Nano Güneş Pili Teknolojisinin Dezavantajları

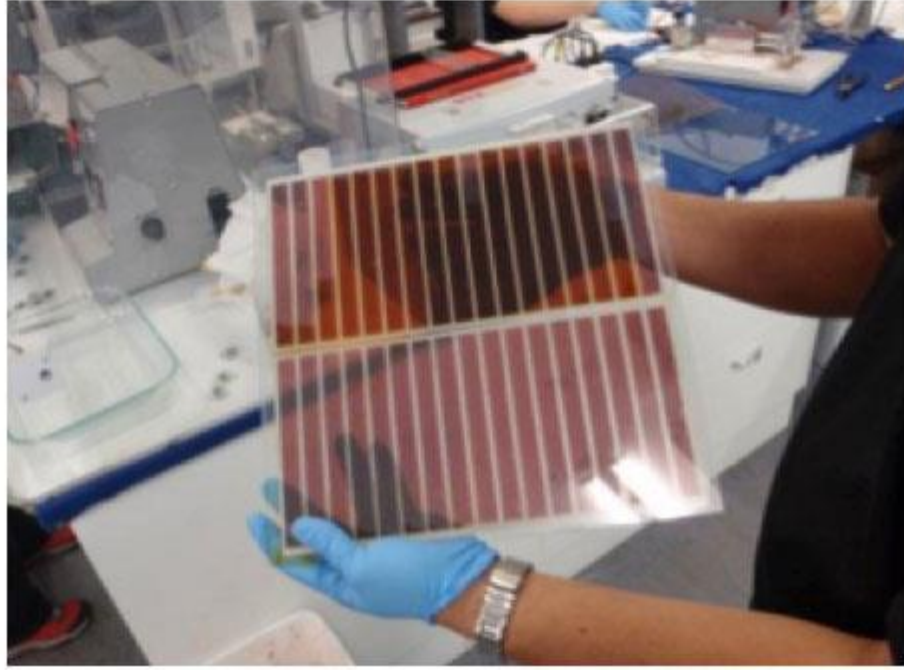
- Özel üretim yöntemleri ile üretilmeleri.
- İlk yatırım maliyeti diğer güneş panellerine göre oldukça fazladır.
- Nano fotovoltaik teknoloji alanında teknik personel sayısının az olması ve teknik personelin yetişmesinin uzun zaman alması (Boya 2017).

2.7.1.15. Kuantum Noktalı Güneş Pilleri

Kuantum noktalı güneş pillerindeki kuantum noktaları nanometre büyüklüğünde kristal yarı iletkenlerdir. Soğurma eşiğinin ayarlanmasına imkan verebilen kuantum noktaları genelde yapay atomlar olarak adlandırılır. Bu noktalar enerji taşıyıcılarını kontrol olanağı sağlar. Yarı iletken malzemenin nanometre büyüklüğündeki granülü olan kuantum noktaları nanokristaller ve elektronlar için üç boyutlu kanal işlevini yaparlar. Teorik açıdan %63 verim elde edilebilen bu pillerde kuantum noktalı malzemeler nanometre seviyesindedir ve bant genişliği ayarlanabilir. Alt boşluk enerjileri absorbe edilerek noktaların kaynaştırılması verimi artırabilir (Boya 2017).

2.7.1.16. Boya Duyarlı Güneş Pilleri

Boya duyarlı güneş pili hücreleri elektrolit sıvı içerir. Bu elektrolit sıvı silikon gibi yarı iletken ve su gibi çözücü sıvı içinde eriyen tuzla oluşturulmuş bir iletim çözeltisidir. Aynı zamanda elektrolit sıvı güneş ışınımı hücrenin üzerine ulaştığında, üretilen yakın bağlı elektron-boşluk çiftlerini ayırmaya çalışır. Güneş pili hücrelerine ismini veren ışığa duyarlı boyalar ışınım tarafından indüklenen yük taşıyıcıların kaynağıdır. İyodürdür en yaygın olarak kullanılan boyadır. Boya moleküllerini iskelet bir yapıda tutmak için titanyum dioksit (TiO_2) gibi nanomalzeme kullanılır. Boya duyarlı hücrelerin güneş pili uygulamalarında ki kullanımı bitkilerdeki fotosentez yöntemi ile aynıdır. Boya duyarlı güneş pili için en önemli gelişim 1991’de yapılan çalışmadır. 1991’de yapılan çalışmada TiO_2 nanoparçacığı daha verimli ve kararlı olan rutenyum (Ru) tarafından algılanarak oluşturulan kompleks boya kullanılarak, ışığı soğuran boya geliştirilerek yapılmıştır. Şekil 2.16’da boya duyarlı güneş pili gösterilmiştir (Dayan 2019)



Şekil 2.16. Boya duyarlı güneş pili

2.7.2. Güneş Pilleri Kullanım Alanları

Güneş pili sistemlerinin kullanıldığı başlıca uygulama alanlarını şöyle sıralayabiliriz:

- Park, bahçe, sokak ve otopark aydınlatmaları
- Trafik işaret levhaları
- Sıcak su üretiminde
- Hesap makinelerinde
- Saatlerde
- Evlerde elektrik ihtiyaçlarının karşılanmasında
- Deprem ve hava gözlem istasyonlarında
- Billboard aydınlatılmasında
- Cep telefonlarının şarj edilmesinde
- Arazi aydınlatılmasında
- GSM vericilerinin ve radyo istasyonlarının enerjilerini karşılamak için
- Güneş arabalarında
- Yapay uydularda
- Haberleşme istasyonlarında

- Petrol boru hatlarının kadmik koruması
- Metal yapıların (köprüler, kuleler vb) korozyondan korunması
- İlaç ve aşı soğutma
- İlk yardım, alarm ve güvenlik sistemleri
- Deniz fenerleri
- Orman gözetleme kuleleri
- Tarımsal sulama veya binalarda kullanmak amacıyla su pompası
- Deprem ve hava gözlem istasyonları
- Meteorolojik gözlem istasyonlarında elektrik ve su dağıtım sistemlerinde yapılan telemetrik ölçümler (Öztürk 2012)

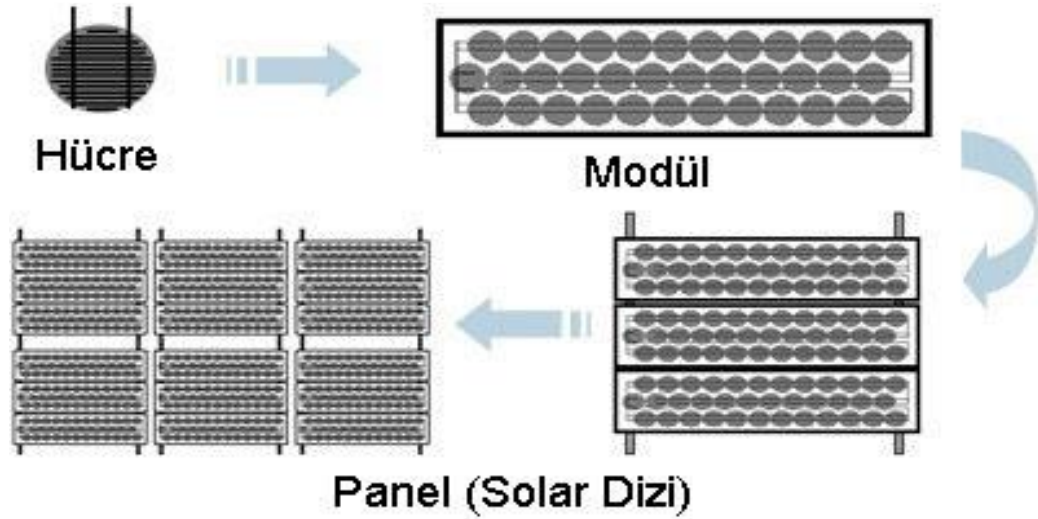
2.8. Fotovoltaik Sistem Elemanları

Fotovoltaik sistemin temel elemanlarını aşağıdaki gibi sıralayabiliriz

- Güneş panelleri
- İnvertörler
- Şarj regülatörü
- Batarya veya aküler
- Çift yönlü sayaç

2.8.1. Güneş Panelleri

FV sistemlerin en temel yapısı FV (Güneş Pili) hücrelerdir. FV hücreler üzerlerine ışık düştüğü zaman uçlarında elektrik gerilimi meydana gelir. Gücü istenilene seviyeye getirebilmek için güneş hücrelerini birbirine seri veya paralel bağlayabiliriz. Oluşan bu yapıya FV modül adı verilmektedir. Güneş panelleri fotovoltaik modüllerin birleşmesinden oluşur. Şekil 2.17’de güneş paneli oluşumu gösterilmiştir. İstenilen güç çıkışlarına göre birkaç W’tan MW’lara kadar büyüklükte üretim sistemleri meydana getirilebilir (Cebeci 2017).



Şekil 2.17. Güneş paneli oluşumu

2.8.2. İnvörtör (Eviriciler)

İnvörtörler herhangi bir kaynaktan üretilen doğru akımı gerektiği zaman alternatif akıma çeviren güç elektroniği devreleridir. İnvörtörler şebekeye bağlı ve şebekeden bağımsız sistemlerde kullanılabilirler. Şebekeye bağlı sistemlerde sisteme en uygun invörtörü seçmek önemlidir. Şebekeye bağlı sistemlerde güneş panelinden sonra en önemli sistem elemanı invörtördür. İnvörtörün görevi şebekeden gelebilecek zararları önlemek ve sistem için en uygun gücü verebilmektir. Şebekeye bağlı veya şebekeden bağımsız sistemlerde kullanılan invörtörlerin çoğunda invörtör üzerinde, güç, voltaj, akım ve diğer çalışma parametrelerini kaydedip izlemeye yarayan veri kaydedici ve ölçüm yapan bir bilgisayar sistemleri bulunmaktadır. İnvörtörde bulunan elektronik devre tarafından izlenen sistemin maksimum güç noktası (MPP) sayesinde sistem çok verimli çalışır. Şekil 2.18’de şebekeden bağımsız invörtör görülmektedir. Bu invörtör sayesinde sistem için gerekli olan farklı çeşitlerdeki elektrik ihtiyaçları karşılanır. Şekil 2.19’da ise şebekeye uyumlu olarak çalışan invörtör gösterilmiştir (URL 12).



Şekil 2.18. Şebekeden bağımsız çalışan invertör (URL 9)



Şekil 2.19. Şebekeye uyumlu olarak çalışan invertör (URL 9)

İnvertörden esas olarak ürettiği alternatif akımdaki bozulmaların düşük seviyelerde olması ve istenilen genlik ve frekansta alternatif kaynak sağlanması istenmektedir. Tek fazlı veya üç fazlı olan invertörler şebeke bağlantılı veya ada sistemlerinde (ada eviriciler) kullanılmak üzere iki kullanım şekilleri mevcuttur. Çıkış gerilimlerinin sinüzoidal dalga olması istenen invertörlerin düşük ve orta güçlü uygulamalarda kare dalgaya yakın çıkış formları kabul edilse de büyük güçlerde mümkün olduğu kadar harmoniklerinden arınmış bir sinüs dalga formu gerekir. İnvertörler Değişken hızlı asenkron motor sürücü devrelerinde, kesintisiz güç kaynaklarında, yüksek gerilimde doğru akım iletim sistemlerinde, endüksiyonla ısıtma sistemlerinde kullanılabilir. Beslemede kullanılan

kaynağın çeşidine invertörler gerilim kaynaklı invertörler ve akım kaynaklı invertörler diye ikiye ayrılır. Akım kaynaklı invertörlerde düşük ve orta güç uygulamalarında daha transistör ve mosfet anahtarlar kullanılırken büyük güç uygulamalarında tristör anahtar kullanılır. IGBT anahatar kullanımı ise hem orta hem de büyük güç uygulamalarında kullanılan eleman olmakla birlikte invertörler de günümüzde en çok kullanılan anahtarlardır. Yükün özelliğine göre akım beslemeli ya da gerilim beslemeli invertör kullanılır (Baş 2016).

2.8.2.1. Gerilim Kaynaklı İnvörtör

Gerilim kaynaklı invertörler (Flexible AC Transmission Systems – FACTS) iletim sistemlerini gerçekleştirmekte kullanılır. Gerilim kaynaklı invertörler de giriş doğru gerilimi ve anahtarlama yöntemi kullanılarak çıkış gerilim dalga biçimi belirlenir. Dalga biçimine etki etmeyen yük, harmonik akımlara yüksek empedans gösteren bir özellik taşıyorsa gerilim beslemeli bir invertör ile sürülmesi daha uygundur. Tek fazlı yarım köprü topolojisi basit invertör yapısıdır. Tek fazlı yarım köprü topolojisinde orta uçlu bir gerilim kaynağı beslemesine gerek duyulur. Seri yerleştirilmiş iki kapasite ile doğru akım kaynağı kullanılarak orta uç oluşturulur (Baş 2016).

2.8.2.2. Akım Kaynaklı İnvörtörler

Çok büyük güçlerde tercih edilen ve akımı evirmekte kullanılan akım kaynaklı invertörlerin, kaynaktan çektiği akımın sabit kalması için doğrultucu bir devrenin çıkısına seri bağlanacak çok büyük bir self (endüktans) konulması gerekmektedir. İnvörtör çıkısındaki yükün harmonik akımlara düşük empedans gösteren bir özelliği varsa, bu durumda akım kaynaklı invertör kullanmak daha uygun olur (Baş 2016).

2.8.2.3. Çok Katlı İnvörtörler

Çok katlı invertörler son yıllarda orta veya yüksek gerilimli uygulamalarda tercih edilmektedir. Bunun nedeni diğer invertörlerin veriminin düşük olması ve büyük transformatörler kullanılması nedeni ile fiyatın yükselmesidir. Dağıtılmış enerji kaynakları

alanında ilgi odağı olan invertör çok katlı invertördür. Fotovoltaik piller voltaj dengeleme sorunları olmadan bir yükü veya AC sistemi besleyebilir (Baş 2016).

2.8.2.4. İnvörtör Seçimi

Şebekeden ayrı sistemler için off-grid invertörler, şebekeye paralel sistemler içinde on-grid invertörler seçilir. İnvörtörler gücünün, sistemde aynı anda çalışan tüm cihazların güçlerinin toplamından daha fazla olacak şekilde invertör seçilmelidir. İnvörtör kapasitesi aynı anda çalışan cihazların toplam güçlerinin (CG) 1.2 katından küçük ve aynı anda çalışan cihazların toplam güçlerinin (CG) 0.7 katından büyük olmalıdır (Ceylan ve Gürel 2018).

$$0.7 \times CG < P_{inv} < 1.2 \times CG \quad (2.2)$$

2.8.3. Şarj Regülatörü

Güneş panelinden gelen akımı düzenleyerek istenilen akım değerine çevirerek aküye ileten üründür. Akünün uzun süre kullanmasını sağlar. Genellikle şebekeden bağımsız (Off-Grid) sistemlerinde kullanılan cihazın seçiminde en önemli kıstas regülatörün gerekli olan maksimum akıma dayanıklı olmasıdır. Şarj regülatörleri iki ana gruba ayrılmaktadır.

2.8.3.1. Darbe Genişlik Modülasyonlu (PWM) Şarj Regülatörleri

Bağımsız güneş sistemleri için en uygun regülatör darbe genişlik modülasyonlu (PWM) şarj regülatörüdür. Açık ve kapalı kurşun aküleri optimum ölçüde şarj edebilen darbe genişlik modülasyonlu (PWM) şarj regülatörü üzerindeki LCD ekran veya LED'ler sayesinde akü durumu şarj durumu görebilir. 12V ve 24V akü veya akü gruplarını şarj edebilen bu regülatörlerin verimleri maksimum güç noktası izleyicilere (MPPT) göre düşüktür.

2.8.3.2. Maksimum Güç Noktası İzleyicili (MPPT) Şarj Regülatörleri

Maksimum güç noktası izleyicili (MPPT) şarj regülatörü Akünün aşırı dolmasını ya da aşırı kullanımlarda tamamen boşalmasını önleyerek akü ömürlerini %50 uzatmaktadır.

Maksimum güç noktası izleyicili (MPTT) şarj regülatörü yaklaşık %98 verimlerde çalışmaktadır. Maksimum güç noktası izleyicili (MPTT) şarj regülatörü akü ömrünü uzattığından sistem maliyeti de düşmektedir (Kıyançiçek 2010).

2.8.3.3. Şarj Regülatörleri Akım Hesabı

Şarj regülatörünün akımını hesaplamak için aşağıdaki denklem kullanılır.

$$\text{ŞR}_{\text{amp}} = (\text{GPG} \times \text{GPA}) / V_{\text{mp}} \quad (2.3)$$

ŞR_{amp} : Şarj regülatörü amper (A)

GPG : Güneş pilinin gücü (W)

GPA : Güneş panelinin adedi

V_{mp} : Güneş paneli maksimum çıkış voltajıdır (Ceylan ve Gürel 2018).

2.8.4. Batarya veya Aküler

Güneş panelleri tarafından üretilen elektrik enerjisinin ihtiyaç duyulan enerjiden fazla olması durumunda enerji akülerde depolanır (Gürgen 2016). Depolama şekli elektrik enerjisini kimyasal enerji olarak meydana gelir. Aküler genellikle depoladıkları enerjinin %60'ını kullanımına izin verirler. Şekil 3.21'de görülen derin deşarj jel aküler ise depoladıkları enerjinin %80'inin kullanımına izin verdikleri için fotovoltaiik sistemlerde genelde kullanılırlar. Akü gruplarının kapasitesi yarıdan az duruma düşmemesi gerekir. Bu yüzden sistem için hesaplanan akü kapasitesi 2 ile çarpılmalıdır. Maliyeti arttırsa da şebekeden ayırık sistemler için olmazsa olmazları içerisinde yer alır. Şebekeden ayırık sistemlerde güneş ışığının yeterli olmadığı zamanda ihtiyaç duyulan enerji bu akülerden sağlanır. Dolum sürelerinin uzun olması ve hızlı boşalmalarından dolayı kuru tip batarya güneş enerji sistemlerinde kullanılmaması gerekmektedir. Sürekli bakım gerektiren ve çok fazla ısınan sulu aküler de güneş enerji sistemlerinde kullanılmaması gerekmektedir (Ceylan ve Gürel 2018).

2.8.4.1. Batarya Gücü Hesabı

Fotovoltaik sistemlerde kullanılacak toplam batarya gücü aşağıdaki denklemden bulunabilir.

$$TBG = GPG \times GPA \times GS \times 1.20 \times 2 \quad (2.4)$$

$$TBA = TBG / (V_{bat} \times I_{bat}) \quad (2.5)$$

TBG : Bataryanın toplam gücü (Wh/gün)

1.20 : Güneş enerji sistemlerinde kullanılan derin deşarj bataryanın tam dolu halde %80'ini kullanabilmesinden dolayı bu sayı ile çarpılır.

2 : Bataryanın toplam gücü hesaplanırken 2 sabiti ile çarpılmasının nedeni akünün yarısından fazlasının boşaltılmamasının istenmesidir.

TBA : Bataryanın toplam adedi

V_{bat} : Batarya voltajı (genellikle 12 voltur)

I_{bat} : Tek bir bataryanın akımı

GS : Güneşlenme süresi (h)

2.8.5. Çift Yönlü Sayaç

Sistem için gerekli olan elektrik ihtiyacından fazla üretilen elektrik enerjisini şebekeye göndermeye yarayan ve tüketilen enerjinin üretilen enerjiden fazla olduğu durumlarda şebekeden elektrik ihtiyacının karşılandığı cihazdır. Şebekeden gelen elektriği ve şebekeye gönderilen elektriği üzerinden geçirerek gerekli verileri kayıt altında tutar (URL 10). Çift taraflı sayaç ilk defa 1980 yıllarında ABD'nin birkaç eyaletinde kullanılmaya başlanmıştır (Denholm et al. 2009).

2.9. Fotovoltaik Sistem uygulamaları

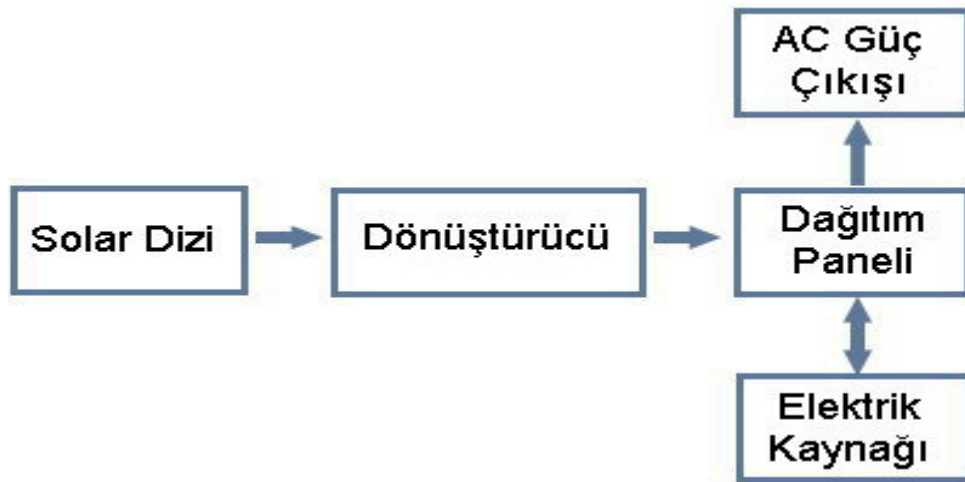
Fotovoltaik sistem uygulamalarını şebekeye paralel(on-grid) ve şebekeden bağımsız (off-grid ya da stand alone) sistemler olarak ikiye ayırabiliriz (Sulukan 2019)

2.9.1 Şebekeye Paralel Sistemler

Şebekeye paralel sistemlerde elektrik şebekesi sonsuz bir batarya düzeneği olarak düşünüldüğünden akü kullanılmaz. Şebekeye paralel sistemlerde üretilen enerji ihtiyaç duyulan enerjiden fazla ise çift yönlü sayaç sayesinde fazla olan elektrik enerjisi şebekeye verilir. Şekil 2.20’de şebekeye paralel sistem uygulaması gösterilmiştir. Şekil 2.21’de şebekeye paralel sistem uygulamasının şematik görünümü gösterilmiştir.

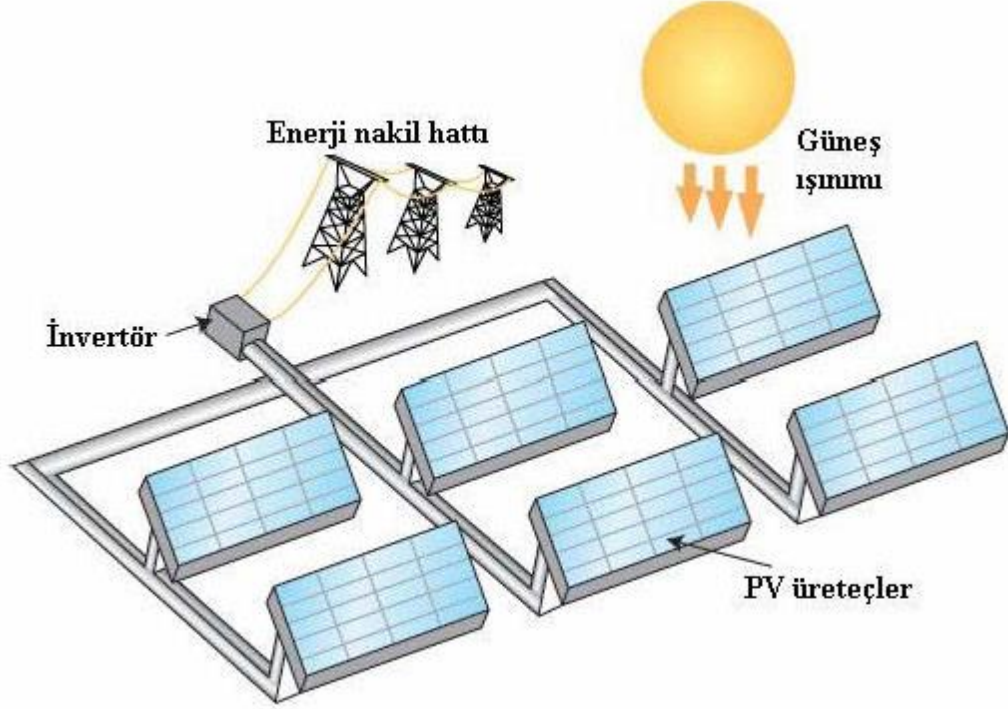


Şekil 2.20. Şebekeye paralel sistem uygulaması (URL 11)



Şekil 2.21. Şebekeye paralel sistem uygulamasının şematik görünümü

Şebekeye paralel sistemlerle MW mertebesinde elektrik üreten elektrik santrali Şekil 2.22’de gösterilmiştir.



Şekil 2.22. Şebekeye paralel sistem uygulaması elektrik üretim santrali

Şebekeye paralel sistemlerin özellikleri:

- Şebekeden bağımsız sistemlere göre ilk yatırım maliyeti düşük olur.
- Akü bakım ve değişim maliyeti oluşmaz.
- Çift yönlü sayaç kanuni düzenlemeye tabidir.
- Yıllık üretilecek enerji tahmin edilirken anlık üretilecek enerji tahmin edilememektedir.
- Şebekeden alınan enerji ve şebekeye verilen enerji maliyetleri sabit değildir.
- Dünyada genelde devlet desteği verilerek kullanılır.
- Modüler sistem olduğu için ekleme ve çıkarma yapılabilir.
- Bu sistemler çok sessiz çalışır (Ceylan ve Gürel 2018).

2.9.2. Şebekeye Bağımsız Sistemler

Şebekeden bağımsız sistemler de ihtiyaç duyulan elektriğin tümü fotovoltaik sistemden alınır. Bu tür sistemlerde akü olur ve güneş ışınımının düşük olduğu zamanlarda, hiç olmadığı gece saatlerinde ihtiyaç duyulan elektrik enerjisi aküden sağlanır. Şekil 2.23'te şebekeden bağımsız (stand alone ya da off-grid) sistem uygulaması görülmektedir. Şebekeden bağımsız sistemler şebekenin olmadığı yerler veya şebekenin getirilmesinin yüksek maliyetli olduğu yerler için kullanılır. Taşıtlarda (kara, deniz ve hava), hesap makinelerinde, saatlerde, trafik sinyalizasyonunda, şebekeden uzak yerleşim yerlerinde olan fotovoltaik sistemler şebekeden bağımsız sistemlere örnek gösterilebilir.



Şekil 2.23. Şebekeden bağımsız (stand alone ya da off-grid) sistem uygulaması

Şebekeden bağımsız sistemlerde ihtiyaç duyulan güç belirlendikten solar sistemin tasarımı gerçekleştirilmelidir. Bu sistemlerde şarj regülatörüne akü bağlantısı yapıldıktan sonra

güneş panelleri bağlanmalıdır. Şebekeden bağımsız (stand alone ya da off-grid) sistemlerin özellikleri:

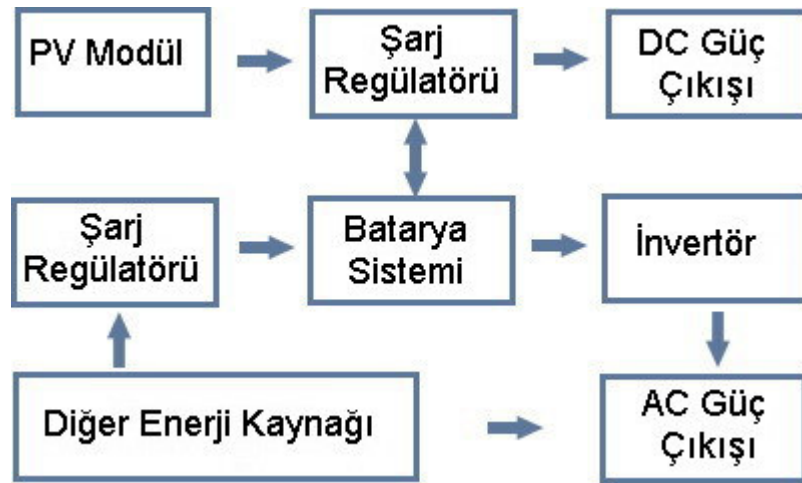
- Gece depolama gerektirdiğinden (güneş ışınımı olmadığı için) ilk yatırım maliyeti çok yüksektir.
- Akü kullanıldığından bakım ve değişim maliyeti vardır.
- Kanuni düzenlemeye ihtiyaç yoktur.
- Akü kullanıldığı için enerji kaybı oluşmaktadır.
- Modüler sistem olduğu için ekleme ve çıkarma yapılabilir.
- Güneş panellerinden dolayı sistem sessiz çalışır.
- Elektrik şebekesinden uzak olan dağ evleri, çiftlikler vb yerlerde kullanımı uygundur (Ceylan ve Gürel 2018).

2.9.3. Hibrit Sistemler

Hibrit sistemler birinci sistemi fotovoltaik sistem ve diğer sistemi diesel jeneratör veya rüzgar enerjisi gibi farklı elektrik üretim sistemlerinden biri olmak üzere iki sistemin birleşmesiyle oluşur. Bu sistem sayesinde ihtiyaç duyulan enerjinin panellerden sağlanamadığı zamanlar diğer sistemden enerji alınır. Şekil 2.24’de rüzgar türbini ve PV modülün birlikte kullanıldığı bir hibrit sistem gösterilmiştir. Şekil 2.25’te hibrit sistemin şematik görünümü gösterilmiştir.



Şekil 2.24. Rüzgar türbini ve PV modülün birlikte kullanıldığı bir hibrit sistem



Şekil 2.25. Hibrit sistemin şematik görünümü

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Birim Yüzeye Gelen Güneş Işınım Şiddetinin Hesaplanması

Güneş enerjisi ile ilgili yapılacak tüm çalışma, uygulama ve tasarımlarda uygulamanın yapılacağı bölgede birim yüzeye gelen anlık, aylık, yıllık ve ortalama günlük ışınlm değerlerine ihtiyaç duyulur. Bu ışınlm değerlerinin bir bölümü ölçüm istasyonlarında uzun süre yapılan ölçüm sonuçlarından sağlanırken bir bölümü de ölçüm istasyonlarından elde edilen verilerden faydalanarak yapılacak uygulama durumuna göre yaklaşık ifadelerle tespit edilmektedir. Ölçüm istasyonlarında genelde birim yatay yüzeye gelen anlık toplam ışınlm (H) değeri tespit edilmektedir.

$$H = H_b + H_d \quad (3.1)$$

Burada;

H_b = Direk ışınlm değeri

H_d = Yayılı(diffüze) ışınlm değeri

Kuzey yarım küresinde güneş ışınlımından yeterince faydalanabilmek için ışınlm alacak yüzeyin güney veya güneyin ara yönlerine belirli bir açıda eğimlendirilmesi gerekir. Bu konuda geliştirilen matematiksel ifadeler aşağıda verilmiştir.

3.2. Eğimlendirilmiş Birim Yüzeye Gelen Anlık(H), Aylık Ortalama Günlük Tüm Güneş Işınım Değerlerinin Hesaplanması

Güneş enerjisi ile ilgili yapılacak tüm uygulama ve tasarım çalışmalarında çok sayıda parametreye ihtiyaç duyulur. İhtiyaç duyulan temel parametrelerden en önemlileri uygulama yapılacak bölgenin coğrafi değerleri ile yatay ve eğik birim yüzeye gelen anlık, aylık ortalama günlük tüm ışınlm değerleri ile yıllık ortalama güneş ışınlm değerleridir. Bu çalışmada uygulama alanı olarak Bingöl ili ve çevresinin coğrafik değerleri ile bu bölgeye

gelen güneş ışınlam değerlerinin on yıllık ortalaması esas alınarak tasarıma dayalı gerekli hesaplamalar yapılmıştır. Benzeri bir çalışma diğer bölgeler için de yapılabilir. Gerçek uygulamalarda ve bilimsel bazdaki analizlerde bölgenin enlem derecesi esas alınarak yataya nazaran bir (S) açısı ile eğimlendirilmiş birim yüzeye gelen anlık güneş ışınlam ($H_t, Mj/m^2$) değeri ve yataya nazaran bir (S) açısıyla eğimlendirilmiş birim yüzeye gelen aylık ortalama günlük tüm güneş ışınlam ($\bar{H}_t, Mj/m^2\text{gün}$) değeri önemli temel parametrelerdir.

Yataya nazaran bir (S) açısı ile eğimlendirilmiş birim yüzeye gelen güneş ışınlam değerlerinin tespit edilebilmesi için ilgili yörede yatay birim yüzeye gelen anlık(H) ve yatay birim yüzeye gelen aylık ortalama günlük tüm güneş ışınlam($\bar{H}$) değerlerine ihtiyaç vardır. Bu değerler bölgedeki güneş ölçüm istasyonlarından sağlanabilmektedir. Bu çalışmada da Bingöl ili için birim yatay yüzeye gelen anlık ve aylık ortalama günlük tüm güneş ışınlam değerleri Meteoroloji Genel Müdürlüğünden son on yıllık ortalama değerleri sağlanarak tezde ilgili kısımlarda kullanılmıştır.

Eğimlendirilmiş yüzeye gelen anlık güneş ışınlamı: H_t

Yatay yüzeye gelen anlık güneş ışınlamı: H

$H = H_b + H_d$ (meteoroloji ölçüm istasyonlarından alınır)

H_b = Direkt ışınlam değeri

H_d = Yayılı(diffüze) ışınlam değeri

Eğimlendirilmiş birim yüzeye gelen anlık güneş ışınlamı (H_t) aşağıdaki ifade yardımı ile hesaplanabilir.

$$H_t = H_b R_b + H_d \left(\frac{1 + \cos(S)}{2} \right) + (H_b + H_d) \rho_g \left(\frac{1 - \cos(S)}{2} \right) \quad (3.2)$$

$$R_b = \frac{\cos(i)}{\cos(z)} = \frac{\cos(L-S)\cos(\delta)\cos(h) + \sin(L-S)\sin(\delta)}{\cos(L)\cos(\delta)\cos(h) + \sin(L)\sin(\delta)} \quad (3.3)$$

ρ_g : Çevrenin yansıtma oranı

R_b : Direkt ışınlam eğim faktörü

z : Zenit açısı

i : Güneşin geliş açısı

δ : denklinasyon açısı

h : Saat açısı

Öte yandan $\left(\frac{H_t}{H}\right)$ oranı önemli bir parametredir. Bu oran “R” ile ifade edilmektedir; toplam güneş ışınlımına eğim faktörü adı verilmektedir.

$$R = \frac{H_t}{H} = \frac{H_b}{H} R_b + \frac{H_d}{H} \left(\frac{1+\cos(S)}{2} \right) + \rho_g \left(\frac{1-\cos(S)}{2} \right) \quad (3.4)$$

Aylık ortalama toplam eğim faktörü $\bar{R}$ ise;

$$\bar{R} = \frac{\bar{H}_t}{\bar{H}} = \left(1 - \frac{\bar{H}_d}{\bar{H}} \right) \bar{R}_B + \frac{\bar{H}_d}{\bar{H}} \left(\frac{1+\cos(S)}{2} \right) + \rho_g \left(\frac{1-\cos(S)}{2} \right) \quad (3.5)$$

Burada $\bar{R}_b$, aylık ortalama günlük direk ışınlım eğim faktörüdür. Bu değer kuzey yarım küresinde ekvatora dönük bir yüzey için

$$\bar{R}_b = \frac{\cos(L-S) \cos(\delta) \sin(h'_s) + \left(\frac{\pi}{180} \right) h'_s \sin(L-S) \sin(\delta)}{\cos(L) \cos(\delta) \sin(h_s) + \left(\frac{\pi}{180} \right) h_s \sin(L) \sin(\delta)} \quad (3.6)$$

$$h_s = \arccos(-\tan(L) \tan(\delta)) \quad (3.7)$$

$$h'_s = \arccos[-\tan(L-S) \tan(\delta)]$$

Yataya nazaran bir (S) açısı ile eğimlendirilmiş birim yüzeye gelen aylık ortalama günlük tüm güneş ışınlımı $(\bar{H}_t)$ değerinin tespiti için birçok yaklaşık ifade geliştirilmiştir. Bunlardan en çok tercih edilen Liu ve Jordon tarafından geliştirilen yaklaşık ifadelerdir. Liu ve Jordon yaklaşımının da yatay birim yüzeye gelen aylık ortalama günlük yayılı(diffüze) ışınlım değerinin yatay birim yüzeye gelen aylık ortalama günlük ışınlım değerine, olan oranından $(\bar{H}_d/\bar{H})$ ve aylık ortalama günlük açıklık indeksinden $(\bar{K}_t)$ faydalanılır.

$$\frac{\bar{H}_d}{\bar{H}} = 1.390 - 4027\bar{K}_t - 3.108(\bar{K}_t)^3 \quad (3.8)$$

$$\bar{H}_d = \bar{H} - \bar{H}_b \quad (3.9)$$

3.3. Absorbe Edilen Işınım Miktarı

Yatay birim yüzeye gelen anlık ışıının absorbe edilen değeri H_a ise;

$$H_a = H_b R_b(\tau\alpha)_b + H_d(\tau\alpha)_d \left(\frac{1+\cos(S)}{2}\right) + H\rho_g(\tau\alpha)_g \left(\frac{1-\cos(S)}{2}\right) \quad (3.10)$$

Yatay birim yüzeyin absorbe ettiği aylık ortalama günlük ışıının değeri $\bar{H}_a$;

$$\bar{H}_a = \bar{H}_B \bar{R}_B(\bar{\tau}\alpha)_B + \bar{H}_d(\bar{\tau}\alpha)_d(1 + \cos(s)/2) + \bar{H}\rho_g(\bar{\tau}\alpha)_g(1 - \cos(S)/2) \quad (3.11)$$

Veya $\bar{H}_a = \bar{H}\bar{R}(\bar{\tau}\alpha)$ ifadesiyle hesaplanır.

3.4. Bingöl ve Çevre İller İçin Yataya Nazaran Belirli Açılarla Eğimlendirilmiş Panel Yüzeylere Gelen Aylık Ortalama Günlük Tüm Güneş Işınım Değerlerinin Matlab Bilgisayar Programı İle Hesaplanması

Bingöl İlinde Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan yatay yüzeye gelen güneş ışıının değerlerinin 10 yıllık ortalamaları ve diğer iklim özellikleri. Tablo 3.1, Tablo 3.2, Tablo 3.3'te verilmiştir.

Tablo 3.1. Bingöl ili aylık ortalama günlük toplam güneşlenme süresi (saat)

(Meteoroloji Genel Müdürlüğü 2018)												
İSTASYON ADI/NO: BINGOL / 17203												
YIL/AY	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2009	2,3	3,2	4,6	4,1	3,5	9,4	9,5	9,1	8,3	6,0	5,5	4,4
2010	4,7	3,8	5,3	6,0	6,5	9,5	9,5	9,2	8,3	6,3	4,4	4,4
2011	3,5	5,2	3,9	5,3	7,6	8,8	9,7	8,9	7,7	6,4	4,9	3,3
2012	3,5	3,3	4,6	4,2	8,2	9,7	9,2	8,6	8,1	4,9	6,0	6,2
2013	4,8	4,8	4,6	4,2	6,0	9,2	8,9	8,6	8,5	6,6	4,1	3,7
2014	4,9	5,2	4,8	5,3	7,3	9,3	9,5	8,1	7,1	7,0	5,1	4,3
2015	4,0	2,0	3,8	6,0	7,4	8,2	8,8	9,0	7,8	6,8	4,3	2,1
2016	2,2	2,1	4,5	5,6	6,7	8,6	9,4	9,1	7,9	5,8	7,1	4,2
2017	4,2	4,3	5,6	3,9	5,9	8,9	8,3	9,1	7,8	6,9	4,7	4,5
2018	1,8	4,7	4,7	4,7	6,2	8,6	9,0	8,8	8,3	6,0	4,0	2,5

Tablo 3.2. Bingöl ili aylık ortalama sıcaklık (°C)

Aylık Ortalama Sıcaklık (°C)												
(Meteoroloji Genel Müdürlüğü 2018)												
İSTASYON ADI/NO: BINGOL / 17203												
YIL/AY	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2009	0,1	-1,7	1,1	10,3		23,0	27,4	28,4	21,2	15,2	6,5	0,6
2010	-2,5	-1,9	5,9	9,9	15,2	22,5	26,4	26,6	22,3	15,4	5,6	-5,1
2011	-3,9	-2,7	3,8	11,9	16,7	20,9	28,2	27,2	20,7	12,4	5,4	0,6
2012	-4,9	-2,4	3,7	10,2	15,5	23,8	25,5	27,6	19,9	12,7	3,4	-1,9
2013	-7,6	-4,8	2,2	4,7	16,2	21,0	24,7	24,8	20,5	13,5	3,2	-2,7
2014	-8,5	-7,1	4,7	10,8	11,7	19,9	24,8	25,3	20,1	14,1	8,0	-1,6
2015	-3,5	0,2	3,1	9,3	15,8	22,6	26,1	26,0	19,5	15,8	7,6	3,7
2016	1,3	3,5	8,8	11,9	17,0	24,0	28,8	28,5	24,0	15,0	9,8	4,5
2017	0,5	0,7	5,7	10,3	15,2	21,8	26,9	27,0	21,4	13,3	2,4	-0,1
2018	-1,3	-4,3		12,3	17,0	24,1	27,3	27,4	22,6	15,5	9,4	1,7

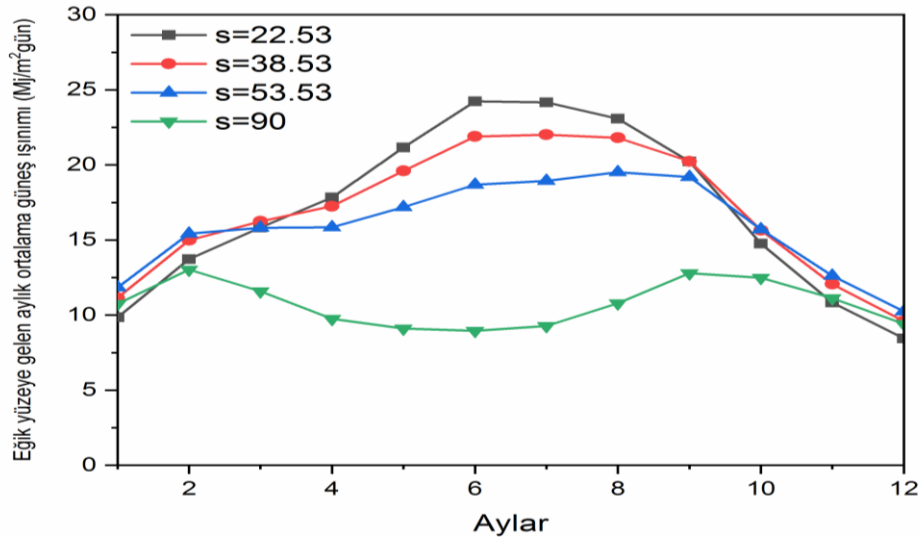
Tablo 3.3. Bingöl ili aylık ortalama günlük toplam global güneşlenme şiddeti (cal÷cm²)

Aylık Ortalama Günlük Toplam Global Güneşlenme Şiddeti (cal÷cm ²)												
İSTASYON ADI/NO: BINGOL / 17203												
YIL/AY	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2011	150,3	225,1	336,1	348,6		593,4	554,9	525,0	456,4	306,2	200,0	152,1
2012	148,0	240,2	378,6	434,1	487,1	592,8	576,4	492,4	430,5	297,0	187,0	198,8
2013	195,5	301,6	299,7	398,5	504,6	553,5	565,6	516,4	421,6	307,7	205,9	146,3
2014	177,5	232,1	314,5	337,0	514,6	585,7	544,7	500,6	438,1	269,4	211,9	196,3
2015	196,8	269,3	316,0	327,0	424,7	558,3	529,6	470,9	451,0	314,3	196,1	157,9
2016	221,6	305,2	354,1	426,4	516,0	605,1	571,5	484,3	415,2	330,1	204,7	176,9
2017	201,4	190,0	320,8	432,3	516,1	569,0	541,1	543,1	433,7	323,3	201,9	122,7
2018	139,1	213,7	342,5	416,2	478,8	559,5	563,0	522,4	432,3	280,2	250,9	153,1

Meteoroloji Genel Müdürlüğünden elde edilen değerler ve tezimize esas teşkil eden Bingöl ili enlem açısı (L) dikkate alınarak yataya nazaran L-15, L+15, L ve 90° eğimine sahip panellere gelecek güneş ışınlam değerleri matlab programı ile hesaplanarak elde edilen veriler Tablo 3.4’de ve Şekil 3.1’de verilmiştir. Bingöl ili L Değeri 38.53° ve $\rho = 0.2$ esas alınmıştır.

Tablo 3.4. Bingöl ili enlem açısı (L) dikkate alınarak yataya nazaran L-15, L+15, L ve 90° eğimine sahip panellere gelecek güneş ışınlam değerleri

AY	T _a (°C)	$\bar{H}$ (MJ/m ² gün)	$\bar{H}_t$ (MJ/m ² gün)			
			23,53°	38,53°	53,53°	90°
OCAK	-1,09	6,81	9,3561	11,7626	11,8355	10,749
ŞUBAT	-0,46	10,31	13,2602	14,9837	15,9773	13,027
MART	4,33	13,58	15,9684	16,4870	15,814	11,581
NİSAN	10,75	17,04	17,8785	17,9726	15,8475	9,745
MAYIS	17,13	21,74	21,5661	19,5773	17,7777	9,1026
HAZİRAN	22,74	25,84	24,4472	21,8502	18,6722	8,9537
TEMMUZ	27,02	25,43	24,6564	22,4806	18,932	9,2792
AĞUSTOS	26,41	22,8	23,7221	21,8115	19,7895	10,781
EYLÜL	20,77	18,08	20,5406	20,2369	19,189	12,455
EKİM	14,16	11,82	14,5603	15,6502	15,7144	12,483
KASIM	7,11	7,82	10,7637	12,0635	12,6265	11,124
ARALIK	0,81	5,78	8,9878	9,6034	10,2357	9,4099



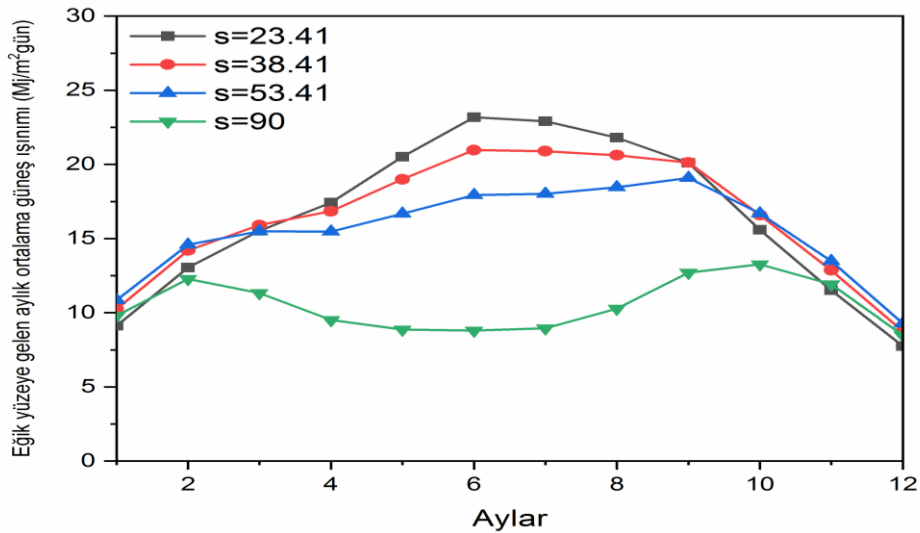
Şekil 3.1. Bingöl iline ait hesaplanan değerlerin grafiklendirilmesi

- Elazığ ili için $\bar{H}_t$ değerlerinin hesaplanması

Meteoroloji Genel Müdürlüğünden elde edilen değerler ve tezimize esas teşkil eden Elazığ ili enlem açısı (L) dikkate alınarak yataya nazaran L-15, L+15, L ve 90° eğimine sahip panellere gelecek güneş ışınlam değerleri matlab programı ile hesaplanarak elde edilen veriler. Tablo 3.5'te ve Şekil 3.2'de verilmiştir. Elazığ ili L değeri 38.41° ve $\rho = 0.2$ esas alınmıştır.

Tablo 3.5. Elazığ ili enlem açısı (L) dikkate alınarak yataya nazaran L-15, L+15, L ve 90°eğimine sahip panellere gelecek güneş ışıınım değerleri

AY	T _a (°C)	$\bar{H}$ (MJ/m ² gün)	$\bar{H}_t$ (MJ/m ² gün)			
			23,41°	38,41°	53,41°	90°
OCAK	1,36	6,42	9,7583	10,4635	11,9765	10,7654
ŞUBAT	1,76	9,90	13,6578	14,3586	15,8653	13,7897
MART	5,98	13,36	15,9187	15,9853	15,9765	11,4678
NİSAN	11,76	16,67	17,6975	16,7653	15,9754	9,6789
MAYIS	17,56	21,07	20,4897	18,8643	17,6785	9,5678
HAZİRAN	23,04	24,69	23,9876	20,8756	18,4689	8,5789
TEMMUZ	27,87	24,09	22,7697	20,3367	18,4699	9,9765
AĞUSTOS	26,96	21,59	21,4578	20,9654	19,4578	10,7865
EYLÜL	21,07	18,01	20,8789	20,8643	19,8754	12,7890
EKİM	14,67	12,43	15,6797	15,8754	15,6789	12,8789
KASIM	8,01	8,24	11,4678	11,8653	12,4567	11,5667
ARALIK	2,59	5,42	7,5678	7,9764	10,8995	9,7787



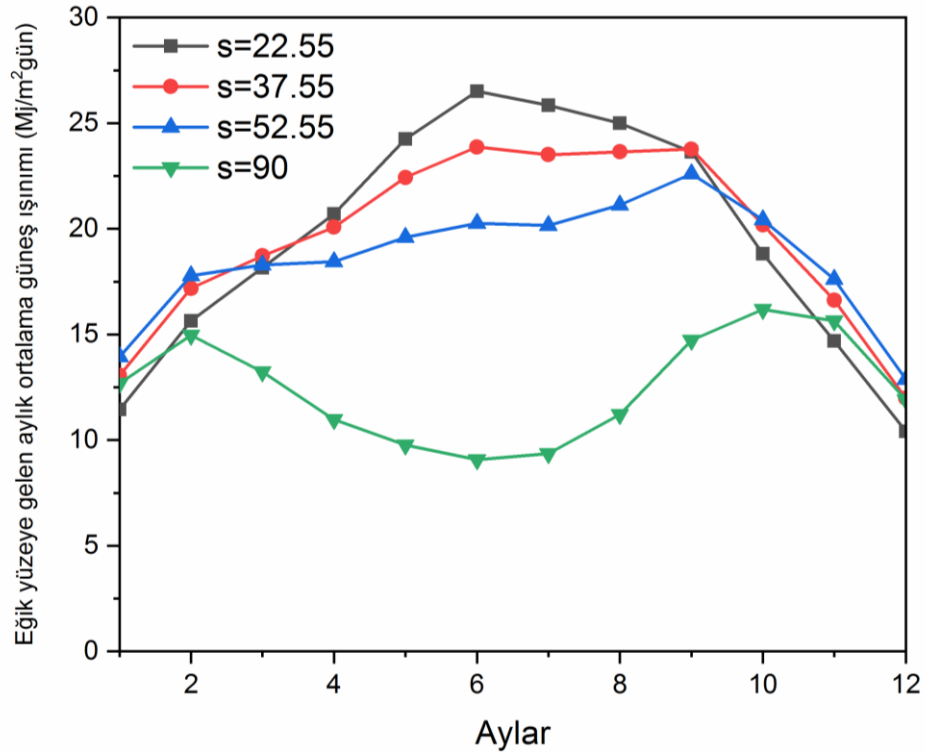
Şekil 3.2. Elazığ İline ait hesaplanan $\bar{H}_t$ değerlerinin grafiklendirilmesi

- Diyarbakır ili için $\bar{H}_t$ değerlerinin hesaplanması

Meteoroloji Genel Müdürlüğünden elde edilen değerler ve tezimize esas teşkil eden Diyarbakır ili enlem açısı (L) dikkate alınarak yataya nazaran L-15, L+15, L ve 90° eğimine sahip panellere gelecek güneş ışıınım değerleri matlab programı ile hesaplanarak elde edilen veriler Tablo 3.6'da ve Şekil 3.3'te verilmiştir. Diyarbakır ili L değeri 37.55° ve $\rho = 0.2$ esas alınmıştır.

Tablo 3.6. Diyarbakır ili enlem açısı (L) dikkate alınarak yataya nazaran L-15, L+15, L ve 90° eğimine sahip panellere gelecek güneş ışınlam değerleri

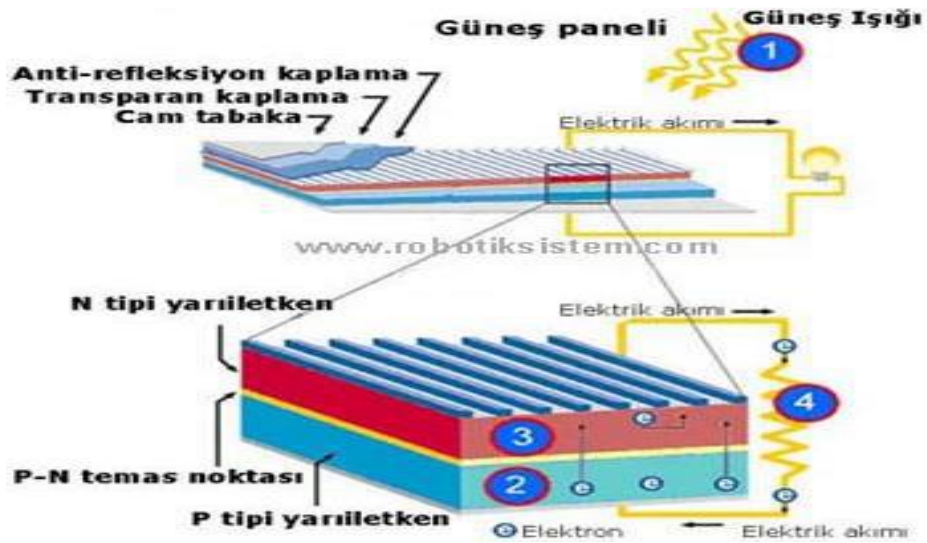
AY	$T_a(^{\circ}\text{C})$	$\bar{H}$ (MJ/m ² gün)	$\bar{H}_t$ (MJ/m ² gün)			
			22,55°	37,55°	52,55°	90°
OCAK	3,02	7,9	11,9789	13,8457	13,5678	12, 6688
ŞUBAT	4,32	11,75	15,6757	17,4637	17,5778	14,6854
MART	8,87	15,53	18,5678	18,7454	18,5677	13,4788
NİSAN	13,76	19,73	20,9085	20,7653	18,7766	10, 6688
MAYIS	19,57	24,92	24,6688	22,3546	19,5756	9,7896
HAZİRAN	27,75	28,3	26,5778	23,7564	20,5758	9, 6688
TEMMUZ	31,98	27,97	25,5788	23,4657	20,4787	9,8789
AĞUSTOS	30,08	24,67	25,5789	23,4765	21,7678	11,6789
EYLÜL	24,90	21,97	23,9764	23,4778	22,9876	14, 9688
EKİM	17,78	14,65	18,6876	20,8765	20,8766	16,8756
KASIM	9,08	10,46	14, 6688	16,7886	17,5547	15,7789
ARALIK	4,08	7,98	10,8655	11,8866	12,9867	11,6789



Şekil 3.3. Diyarbakır iline ait hesaplanan $\bar{H}_t$ değerlerin grafiklendirilmesi

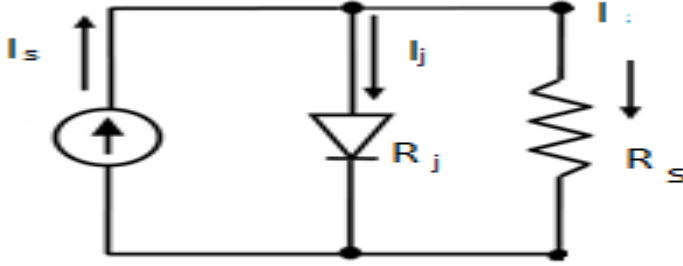
3.5. Fotovoltaik Piller ve Performansları

Fotovoltaik piller, genellikle protonca ve elektronca zengin yarı iletken malzemelerin uygun bir şekilde birleştirilip bir (p-n) kavşağı oluşturmaları suretiyle meydana getirilmiş bir yapıya sahip önemli sistemlerdir. (p-n) kavşakları yardımıyla sonsuz enerji kaynağı olan güneş enerjisinden direkt elektrik enerjisi (DC) üretimi ve benzer diğer uygulamalar için yer ve uzay sisteminde tercih edilen ve halen yoğun kullanılan enerji dönüşüm sistemleridir. Şekil 3.4’de fotovoltaik pilin fiziksel yapısı verilmiştir. Günümüzde (p-n) kavşağı oluşturmak için çok farklı yarı iletken malzemeler kullanılmaktadır. Ancak yeryüzünde bol bulunan silikon bu konuda en çok tercih edilen malzemedir. Saf silikon üretimi için, indüksiyon Ocaklarında eritilmiş silikon içine boron malzeme katılarak (p) tipi malzeme üretilir. Bu işlemten sonra (p) tipi yarı-iletken malzeme yüzeyinde (n) tipi yarı iletken malzeme meydana getirecek şekilde, içinde fosfor gazı bulunan difizyon fırınına konularak difizyonla girişim sağlanarak yüzeyde elektronca zengin 0.2μ (mikron) kalınlığında n tipi yarı iletken malzemeyi oluşturacak şekilde çok ince bir bant teşekkül ettirilerek ışığa, ışına duyarlı (p-n) kavşağı oluşturulur. Bu (p-n) kavşakları uygun şekilde birleştirilerek ihtiyaca göre belirli güçlerde fotovoltaik sistem (panel) üretilerek kullanıcılara sunulur. Günümüzde farklı metal kombinasyonu ve üretim yöntemleri kullanılarak daha verimli; daha ucuz yani tip yarı-iletken malzemeler üretilerek uygun şekilde (p-n) kavşağı oluşturulması konusunda yoğun araştırma ve çalışmalar devam etmektedir.



Şekil 3.4. Güneş pilinin (Fotovoltaik) fiziksel yapısı

Fotovoltaik pil teşkili için Şekil 3.5'te verilen eş değer devre pratik uygulamalar için uygun devre olarak kullanılabilir.



Şekil 3.5. Fotovoltaik eş değer devresi

Bu devrede yük akımı; I ile ifade edilir.

$$I = I_s - I_j \quad (3.12)$$

I_j = (p-n) kavşağı akımı aşağıdaki ifade ile verilir.

$$I_j = I_o \left[e^{\left(\frac{eV}{kT}\right)} - 1 \right] \quad (3.13)$$

Bu ifade aynı zamanda (p-n) kavşağındaki (kavşak diyodunda) akım-gerilim bağıntısıdır.

Burada ;

I_o : Karanlık Akım

k : Boltzman sabiti (termal iletkenlik)

T : Kavşak (hücre) mutlak sıcaklığı(K)

I_s : Kısa devre akımı

(3.13) nolu ifadede (3.12) nolu ifadeye yerleştirilirse; devre yük akımı (I) aşağıdaki ifade ile verilir.

$$I = I_s - I_o \left[e^{\left(\frac{eV}{kT}\right)} - 1 \right] \quad (3.14)$$

Kısa devre akım şartlarında ışık kaynaklı bir devre elde edilir, bu durumda $V = 0$ olur ve

$I = I_S$ olur. Öte yandan açık devre şartlarında $I = 0$ bu durumda maksimum açık devre (V_{OC}) dir. Bu durumda (3.14) nolu ifade aşağıdaki şekilde yazılabilir.

$$\frac{I_S}{I_o} = \exp\left(\frac{eV_{OC}}{kT}\right) - 1 \text{ ve } V_{OC} = \frac{kT}{e} \ln\left(\frac{I_S}{I_o} + 1\right) \quad (3.15)$$

Fotovoltaik pilden üretilen elektrik enerjisi gücü P ise

$$P = IV \quad (3.16)$$

Işınım şiddetine bağlı olarak elde edilen güç yük direncine (R) bağlı olur. Bu durumda (3.14) nolu ifade (3.16) nolu ifadede yerine konulursa; çıkış gücü (P) aşağıdaki ifade ile verilir.

$$P = \left\{ I_S - I_o \left[\exp\left(\frac{eV_{OC}}{kT}\right) - 1 \right] \right\} V \quad (3.17)$$

(3.17) nolu ifadenin (V)'ye göre diferansiyeli alınıp türevi sıfıra eşitlenirse, elde edilen ifade dış yük voltajını (gerilimini) (V_{mp}) verir. Buradan da fotovoltaik hücre max çıkış gücüne ulaşır:

$$\left\{ I_S - I_o \left[\exp\left(\frac{eV_{mp}}{kT}\right) - 1 \right] \right\} + V_{mp} \left\{ -I_o \left[\left(\frac{e}{kT}\right) \exp\left(\frac{eV_{mp}}{kT}\right) \right] \right\} = 0$$

Veya;

$$\exp\left(\frac{eV_{mp}}{kT}\right) \left(1 + \frac{eV_{mp}}{kT} \right) = 1 + \frac{I_S}{I_o} \quad (3.18)$$

(3.18) nolu ifade; kısa devre akımı I_S , I_o ve mutlak sıcaklık (T) şartlarında çıkış gücünü maksimum yapan V_{mp} gerilimi için impliut eşitliğidir. Şayet I_S , I_o ve T bilinirse, V_{mp} değeri de (3.18) nolu ifade yardımı ile bulunabilir. Öte yandan çıkış yükünü max yapan yük altındaki akım değeri olan I_{mp} de bulunabilir. (3.18) nolu ifade (3.14) nolu ifade de yerine konulursa;

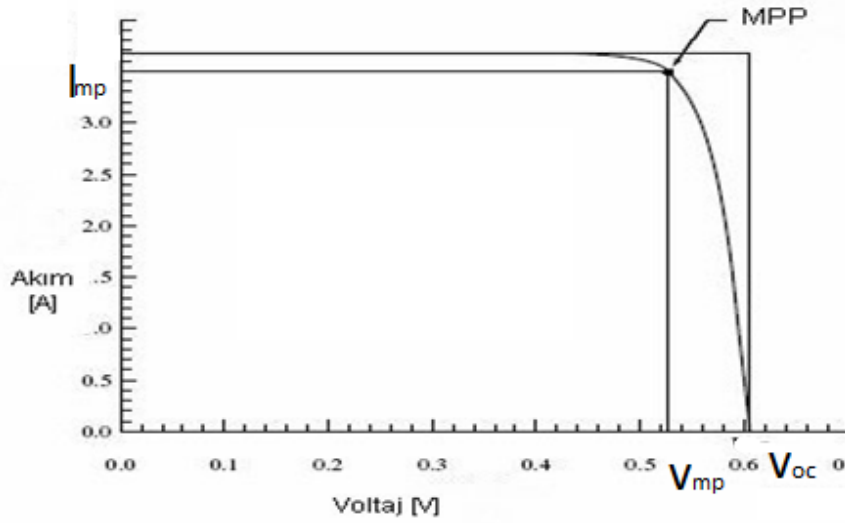
$$I_{mp} = I_S - I_o \left[\exp \left(\frac{eV_{mp}}{kT} \right) - 1 \right]$$

$$I_{mp} = I_S - I_o \left[\frac{\left(1 + \frac{I_S}{I_o} \right)}{\left(1 + \frac{eV_{mp}}{kT} \right) - 1} \right] = \frac{\left(\frac{eV_{mp}}{kT} \right)}{\left(1 + \frac{eV_{mp}}{kT} \right)} (I_S + I_o) \quad (3.19)$$

İfadesi elde edilir. Bu durumda fotovoltaiik hücrenin max çıkış gücü (P_{max}) aşağıdaki şekilde verilebilir.

$$P_{max} = \left[\frac{\frac{eV_{mp}}{kT}}{1 + \frac{eV_{mp}}{kT}} (I_S + I_o) \right] V_{mp} \quad (3.20)$$

Şekil 3.6’da belirli bir ışın şiddeti için voltaj-akım karakteristikleri verilmiştir.



Şekil 3.6. Herhangi bir fotovoltaiik pile ait yüke karşılık voltaj-akım karakteristikleri

3.6. Fotovoltaiik Sistem Performansı – Uygulama Metodu

Tek başına fotovoltaiik hücrenin gerilimi ve çıktı akımı oldukça küçük seviyede olduğundan ihtiyaca göre, her bir hücre seri veya paralel bağlanarak gerilim veya akım değeri artırılarak ihtiyaç giderilebilir. Benzer uygulama fotovoltaiik panel yerleşimlerinde de uygulanarak istenilen gerilim veya akım şartları sağlanabilmektedir. Bu uygulamada

paneller belirli bir düzende seri veya paralel bağlanarak sistem tasarımı yapılır. Fotovoltaik uygulama işleminde gerilimin (voltajın) yüksek olması isteniyorsa; her hücre seri bağlanır. Aynı işlem, belirli güçlerde üretilmiş panel sistemine de uygulanarak, yani paneller de seri bağlanarak ihtiyaç duyulan yüksek gerilime sahip devre oluşturulur. Şayet ihtiyaç gereği devre akımının yüksek olması isteniyorsa; hücreler ve hücrelerden oluşmuş paneller paralel bağlanarak yüksek akım şartları sağlanır. Panel dizi hesabı yapılırken fotovoltaik güç sistemin kurulacağı bölgede en az 10 veya 15 yıl geriye giderek bu yıllar içerisinde kaydedilen en yüksek ve en düşük sıcaklık değeri esas alınarak dizi sayısı bulunur. Bingöl ili için en yüksek sıcaklık 41°C , en düşük sıcaklık -21°C 'dir. Genel olarak güneş panel veri değerleri test sonucu elde edilir. Bu veriler içinde; panel gücü, akımı, gerilimi, test yapılan ortam sıcaklığı önemli parametrelerdir. Genelde test sıcaklığı 20 ve 25°C alınır. Örnek bir panelin teknik özellikleri şu şekildedir.

W_p : Güneş panelin maksimum gücü (325 V)

V_{mp} : Maksimum güçteki voltaj değeri (38,11 V)

I_{mp} : Maksimum güçteki akım değeri (8,53 A)

V_{oc} : Açık devre gerilim değeri (46,34 V)

I_{sc} : Kısa devre akım değeri (9,11 A)

- Fotovoltaik Güç Sistemlerinin Projelendirilmesi

Herhangi bir bölgeye yerleştirilecek güneş panelleri ve invertörlerin uyumlu bir şekilde çalışabilmeleri için yapılması gereken işlemler aşağıda verilmiştir

- Alan Seçim ve Özellikleri

Fotovoltaik güç sistemlerinin tasarımında dikkat edilecek önemli hususlardan biri, sistemin kurulacağı alan ve özellikleridir. Fotovoltaik güç sistemleri taşıyıcı yapılar vasıtasıyla doğrudan eğimli bir alan üzerine kurulabileceği gibi binaların çatı yüzeyine de kurulabilir. Fotovoltaik güç sistemlerinin kapasiteleri; sistemin kurulacağı bölgenin güneş ışınım şiddetine ve alanın büyüklüğüne bağlıdır. Güneş panellerinin belirli bir açıyla yerleştirilmesi önemli bir ayrıntıdır. Panel eğim açısı, bölgenin eğim açısı (L) sistem performansını etkileyen önemli parametredir. Eğim açısı her ay değişir. Ancak iyi bir çalışma için paneller, yörenin eğim açısında veya eğim açısından $3-5^{\circ}$ fazla bir eğimle yerleştirilmeleri halinde güneş enerjisinden optimum oranda faydalanılır. Gerek ana uygulamalarda gerekse çatı yüzeyi uygulamalarında panellerin birbirlerini gölgelemeleri önlenmelidir.

3.7. Fotovoltaik Hücreler Kullanılarak Güneş Enerjisinden Üretililecek Anlık Elektrik Enerjisi (E) Miktarı

$$E = AH_t\tau_\alpha\eta = A_cH_t\tau\delta - A_cU_L(T_c - T_a) \quad (3.21)$$

Burada;

τ_α : Panelin ışın geçirme – absorbe oranı

A_c : Panel alanı (m^2)

η : Anlık güneş ışıınımı verimi (%)

H_t : Yataya nazaran “S” açısı ile eğimlendirilmiş birim yüzeye gelen anlık ışıınım şiddeti (Mj/m^2 , W/ m^2)

τ : Fotovoltaik panel üstüne konmuş ışın geçirici yüzeyin (cam vb) ışın geçirme yüzdesi

δ : Fotovoltaik hücrenin ışın absorbe oranı (yüzdesi)

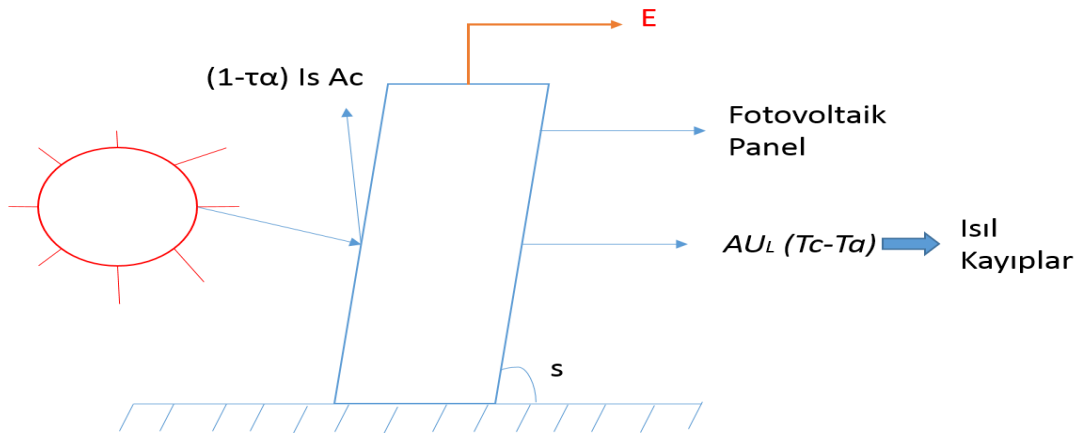
U_L : Kollektörden olan toplam ısı kayıp miktarı ($10 - 30 W/ m^2$ civarında)

T_c : Fotovoltaik hücre sıcaklığı ($^{\circ}C$)

T_a : Çevre ortalama sıcaklığı ($^{\circ}C$)

$$T_c = T_a + \frac{H_t\tau}{U_L}(\alpha - \eta)$$

Panelin anlık verimi (η) fotovoltaik hücre sıcaklığının bir fonksiyonudur. Şekil 3.7’de S açısı ile eğimlendirilmiş bir panel gösterilmektedir.



Şekil 3.7. S açısı ile eğimlendirilmiş panel

I_s : Birim panel yüzeyine anlık gelen güneş ışıınım değeri (W/ m^2)

A_c : Panel alanı (m^2)

Fotovoltaik güç sistemi anlık enerji dönüşüm verimi η ile ifade edilir.

$$\eta = \frac{E}{A_c H_t \tau} \quad (3.22)$$

Fotovoltaik güç sistemi ile üretilen anlık üretilen elektrik enerjisi miktarının kollektör üzerine gelen güneş ışıyım şiddetine oranıdır. Burada;

E: Fotovoltaik sistem yardımı ile üretilen anlık elektrik enerjisi miktarı (Wh)

A_c : Fotovoltaik panel(pil) yüzeyi (m^2)

H_t : Yataya nazaran belirli bir açı ile eğimlendirilmiş birim panel yüzeyine gelen anlık güneş enerjisi şiddeti (Mj/m^2 , W/ m^2)

τ : Panel örtüsünün (cam yüzeyin) ışın geçirme oranı (%)

Aylık ortalama günlük elektrik enerjisi miktarı $\bar{E}$ değeri (W/ m^2 gün); anlık güneş enerjisi miktarı olan (E) değerinin hesaplanan ay için entegre edilerek o ayın gün sayısına bölünerek elde edilir.

$$E = \frac{1}{N} \int^{ay} E dt = \frac{1}{N} \int^{ay} A_c \tau \eta H_t dt \quad (3.23)$$

(3.21) nolu ifade de η, τ ve H_t yerine aylık ortalama günlük değerler konulursa aylık ortalama günlük elektrik enerjisi miktarı ($\bar{E}$) değeri aşağıdaki ifade ile verilir.

$$\bar{E} = A_c \bar{\tau} \bar{H}_t \bar{\eta} \quad (3.24)$$

$$\bar{\eta} = \frac{\int^{ay} \eta H_t dt}{\int^{ay} H_t dt} \quad (3.25)$$

Fotovoltaik hücreler kullanılarak güneş enerjisinden üretilecek aylık ortalama günlük elektrik enerjisi miktarı ($\bar{E}$); fotovoltaik hücreler kullanılarak yataya nazaran bir “S” açısı ile eğimlendirilmiş fotovoltaik panel yardımı ile güneş enerjisinden üretilebilecek “aylık ortalama günlük tüm elektrik enerjisi miktarı ($\bar{E}$); ile ifade edilirse, bu değer (3.22) nolu ifade ki eğimli bir yüzeye gelen anlık ışıyımdan üretilebilecek anlık elektrik enerjisinden (E) faydalanarak, yapılacak entegrasyon işlemi sonucunda elde edilir.

$$\bar{E} = \bar{\tau} \bar{H}_t \bar{\eta} A$$

İfadesi ile hesaplanabilmektedir. Burada;

$\bar{E}$: “S” açısı ile eğimlendirilmiş birim fotovoltaik panelden güneş enerjisinden üretilebilecek aylık ortalama günlük elektrik enerjisi miktarı (W/ m²gün)

$\bar{\tau}$: aylık ortalama ışın geçirgenlik oranı (%)

$\bar{H}_t$: (S) açısı ile eğimlendirilmiş birim fotovoltaik yüzeye (1 m²) gelen aylık ortalama günlük tüm güneş ışınlam miktarı (Mj/ m²gün) (Wh/m²gün)

$\bar{\eta}$: aylık ortalama fotovoltaik hücre verimi(0.12 – 0.18)

3.8. Bingöl İlinde Yataya Nazaran Farklı Açılarla Eğimlendirilmiş Fotovoltaik Panellerden Üretilbilecek Aylık Ortalama Günlük Elektrik Enerjisi Miktarı Hesabı

Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan yatay yüzeye gelen güneş ışınlam değerlerinden faydalanarak ve eğimli yüzeye gelen ışınlam bağıntılarını kullanarak yapılan matlab programı sonucuna göre farklı eğim açılarında Bingöl ilinde eğimli yüzeye gelen aylık ortalama günlük tüm güneş ışınlam değerleri hesaplanarak Tablo 3.4’e ve Şekil 3.1’e aktarılmıştır. Bu veriler esas alınarak Bingöl ilinde üretilebilecek aylık ortalama günlük elektrik enerjisi miktarı ($\bar{E}$) tespit edilmiştir. Bu değer ve İnali Mahallesi aylık ortalama elektrik enerjisi dikkate alınarak panel alanı ve panel sayısı aşağıda hesaplanmıştır.

Bingöl ilinde eğimli yüzeye gelen (38,53°) günlük ortalama güneş ışınlam miktarı $\bar{H}_t$ tablo 3.4’den hesaplanarak 16,03 Mj/m² gün bulunmuştur.

Birim m² eğik düzleme gelen aylık ortalama günlük ışınlam şiddeti esas alınarak fotovoltaik panelden üretilebilecek aylık ortalama günlük elektrik enerjisi miktarı $\bar{E}$ ise;

$$\bar{E} = A_c \bar{\tau} \bar{H}_t \bar{\eta} \quad (3.26)$$

$$A_c = 1 \text{ m}^2$$

$$\bar{\tau} = 0,85$$

$$\bar{H}_t = 16,03 \text{ Mj/m}^2$$

$$\bar{\eta} = 0,15$$

$$\bar{E} = 1 \text{ m}^2 \times 0,85 \times 16,03 \times 10^6 \text{ j/ m}^2 \times 0,15 = 2,043825 \times 10^6 \text{ j}$$

1 Wh= 3600j olduğundan

$$\bar{E} = 2,043825 \times 10^6 \text{ j} / 3600 = 567,72 \text{ Wh}$$

Bingöl İlinde 1 m² eğik yüzeye gelen ışıınımdan elde edilebilecek aylık ortalama günlük enerji miktarı $\bar{E} \cong 567,72 \text{ Wh}$

Işııma, panel ve benzeri kayıplar toplamı 0,115 ise

$$\bar{E}_T = \bar{E} \eta_g = 567,72 \text{ Wh} \times 0,885 = 502,24 \text{ Wh/ m}^2$$

$\bar{E}_T = 0,50224 \text{ kWh}$ Bingöl ilinde 1 m² eğik yüzeye(38.53°) gelen ışıınımdan elde edilebilecek aylık ortalama günlük elektrik enerji miktarı

Bingöl İli İnalı Mahallesi toplam mesken sayısı 375'tir. Bingöl ili İnalı Mahallesi aylık ortalama elektrik tüketim miktarı 51.896 kWh'tir. Buradan İnalı mahallesinde bir hanenin aylık ortalama tüketilen günlük güneş enerjisi miktarı:

$$51.896 / (375 \text{ hane} \times 30 \text{ gün}) = 4,61 \text{ kWh kabul edilir.}$$

Bingöl ilinde 38.53° eğimlendirilmiş ve verimi 0,15 olan 1 m² fotovoltaik panelden üretilecek aylık ortalama günlük elektrik enerjisi miktarı $\bar{E} \cong 0,50224 \text{ kWh}$ tır.

Bingöl ili İnalı mahallesinde oturan bir ailenin aylık ortalama günlük elektrik enerjisi tüketimi 4,61 kWh olduğuna göre bir hanede kullanılacak panel alanı A ise;

$$A = 4,61 \text{ kWh} / 0,50224 \text{ kWh} \cong 9.17 \text{ m}^2 \text{ panele ihtiyaç vardır.}$$

Örnek fotovoltaik panelin ölçüleri 1,956 m x 0,992 m olduğundan panel alanı 1,9403 m²dir

Bingöl İli İnalı mahallesinde bir hanenin elektrik enerjisi için ihtiyaç duyduğu panel alanının fotovolatik panel alanına bölünmesiyle bir hanenin elektrik enerjisi için ihtiyaç duyduğu panel sayısı 4,72 olarak bulunur.

Yaklaşık 4,72 adet panel sayısı ile bir hanenin elektrik enerjisi ihtiyacı sağlandığına göre Bingöl İli İnalı mahallesinin elektrik enerjisi ihtiyacının güneş enerjisi panellerinden sağlanması durumunda 1746 panele ihtiyaç duyulacaktır.

3.9. Bingöl İli İnalı Mahallesiinde Elektrik İhtiyacının Şebeke Bağlı Fotovoltaik Sistemle Sağlanması Solargis Programı İle Maliyet Analizi

Bingöl İli İnalı Mahallesi; Aksa Elektrik Bingöl İl Müdürlüğünden alınan verilerle Ocak ayı elektrik tüketim miktarı 56.403 kWh, Şubat ayı elektrik tüketim miktarı 44.159 kWh, Mart ayı elektrik tüketim miktarı 56.751 kWh, Nisan ayı elektrik tüketim miktarı 50.612 kWh, Mayıs ayı elektrik tüketim miktarı 51.960 kWh, Haziran ayı elektrik tüketim miktarı 40.817 kWh, Temmuz ayı elektrik tüketim miktarı 48.493 kWh, Ağustos ayı elektrik tüketim miktarı 58.094 kWh, Eylül ayı elektrik tüketim miktarı 45.885 kWh, Ekim ayı elektrik tüketim miktarı 44.330 kWh, Kasım ayı elektrik tüketim miktarı 59.850 kWh, Aralık ayı elektrik tüketim miktarı 57.109 kWh'tir. Bingöl ili İnalı Mahallesi aylık ortalama elektrik tüketim miktarı 51.896 kWh'tir. Bingöl ili İnalı Mahallesi toplam mesken sayısı 375'tir. Bingöl ili İnalı Mahallesi yıllık elektrik tüketim miktarı 622.754 kWh'tir.

Bingöl İli İnalı mahallesinin elektrik İhtiyacının fotovoltaik sistemlerle karşılanabilmesi için 400 kWh kurulu güce sahip güneş enerjisi santraline ihtiyaç vardır. Solargis programı ile Bingöl ili İnalı mahallesinin konum ve enlem derecesi ile birlikte kurulacak olan güneş enerjisi santralinin verileri girilmiştir. Şekil 3.8 de bu veriler görülmektedir. Kullanılacak güneş paneli ve invertör özellikleri Tablo 3.7'de gösterilmiştir. GES santrali için 1250 (320 W gücünde) panel ve 6 adet invertör (66kW) kullanılacaktır.

YIELD ASSESSMENT OF THE PHOTOVOLTAIC POWER PLANT

1. Site info

Site name: Bingöl, Türkiye

Coordinates: 38° 54' 26.09" N, 40° 32' 39.48" E
 Elevation a.s.l.: 1050 m
 Slope inclination: 2°
 Slope azimuth: 183° south

Annual global in-plane irradiation: **1995 kWh/m²**
 Annual air temperature at 2 m: **11.1 °C**

2. PV system info

Installed power: **1.0 kWp**
 Type of modules: crystalline silicon (c-Si)
 Mounting system: **fixed mounting, free standing**
 Azimuth/inclination: **180° (south) / 30°**
 Inverter Euro eff.: 97.5%
 DC / AC losses: 5.5% / 3.5%
 Availability: 99.0%

Annual average electricity production: **1556 kWh**
 Average performance ratio: **77.8%**

3. Geographic position



Şekil 3.8. Solargis koordinat girişi

Tablo 3.7. Bingöl İli İnalı Mahallesi GES

BİNGÖL İLİ İNALI MAHALLESİ GES	
SİSTEM GÜCÜ (kWp)	400
PANEL YÜZEYİ (m ²)	2425
PANEL CİNSİ	SMart solar 320 W
PANEL YÜZEY ALANI (m ²)	1,94
PANEL SAYISI (ADET)	1250
EVİRİCİ CİNSİ	Huawei 66kW
İNVERTÖR SAYISI (ADET)	6
PV ENERJİSİ (kWh)/yıl	622.360

Tablo 3.8’de İnalı Mahallesi üretim tüketim farkı gösterilmektedir. Konutlarda 1 kWh elektrik enerjisi aktif enerji ve dağıtım dahil bedeli (2019 yılı 2. dönem için) 0,572754 Türk lirasıdır (TL). Sistemden şebekeye elektrik enerjisi satış bedeli 0.364 TL’dir. Şekilden anlaşılacağı üzere Ocak ayında sistemden 25.560 kWh elektrik enerjisi sağlanmakta İnalı Mahallesi Ocak ayı tüketimi ise 56.403 kWh olduğu görülmektedir. Ocak ayı üretim tüketimi dengeleme oranı %45’tir. İnalı mahallesinde sistem kurulmadığında güncel fatura tutarı KDV dahil 40.059 TL’dir. Sistem kurulduktan sonra fatura tutarı KDV dahil 21.906 TL’dir. Ocak ayında şebekeye satış olmamaktadır. Ocak ayı aylık kazanç ise 18.153 TL’dir. Şubat ayında sistemden 30.920 kWh elektrik enerjisi sağlanmakta İnalı Mahallesi Şubat ayı tüketimi ise 44.150 kWh olduğu görülmektedir. Şubat ayı üretim tüketimi dengeleme oranı %70’tir. İnalı mahallesinde sistem kurulmadığında güncel fatura tutarı KDV dahil 31.357 TL’dir. Sistem kurulduktan sonra fatura tutarı KDV dahil 7.963 TL’dir. Şubat ayında şebekeye satış olmamaktadır. Şubat ayı aylık kazanç ise 21.960 TL’dir. Mart ayında sistemden 49.720 kWh elektrik enerjisi sağlanmakta İnalı Mahallesi Mart ayı tüketimi ise 56.751 kWh olduğu görülmektedir. Mart ayı üretim tüketimi dengeleme oranı %88’dir. İnalı mahallesinde sistem kurulmadığında güncel fatura tutarı KDV dahil 40.306 TL’dir. Sistem kurulduktan sonra fatura tutarı KDV dahil 4.994 TL’dir. Mart ayında şebekeye satış olmamaktadır. Mart ayı aylık kazanç ise 35.313 TL’dir. Nisan ayında sistemden 51.560 kWh elektrik enerjisi sağlanmakta İnalı Mahallesi Nisan ayı tüketimi ise 52.312 kWh olduğu görülmektedir. Nisan ayı üretim tüketimi dengeleme oranı %99’dur. İnalı mahallesinde sistem kurulmadığında güncel fatura tutarı KDV dahil 37.154 TL’dir. Sistem kurulduktan sonra fatura tutarı KDV dahil 534 TL’dir. Nisan ayında şebekeye satış olmamaktadır. Nisan ayı aylık kazanç ise 41.785 TL’dir. Mayıs ayında sistemden 63.320 kWh elektrik enerjisi sağlanmakta İnalı Mahallesi Mayıs ayı tüketimi ise 51.960 kWh olduğu görülmektedir. Mayıs ayı üretim tüketimi dengeleme oranı %122’dir. İnalı mahallesinde sistem kurulmadığında güncel fatura tutarı KDV dahil 36.904 TL’dir. Sistem kurulduktan sonra fatura gelmemektedir. Mayıs ayında şebekeye satış tutarı 4.882 TL’dir. Mayıs ayı aylık kazanç ise 41.785 TL’dir. Haziran ayında sistemden 69.840 kWh elektrik enerjisi sağlanmakta İnalı Mahallesi Haziran ayı tüketimi ise 42.517 kWh olduğu görülmektedir. Haziran ayı üretim tüketimi dengeleme oranı %164’tür. İnalı mahallesinde sistem kurulmadığında güncel fatura tutarı KDV dahil 30.197 TL’dir. Sistem kurulduktan sonra fatura gelmemektedir. Haziran ayında şebekeye satış tutarı 11.742 TL’dir. Haziran ayı aylık kazanç ise 41.939 TL’dir. Temmuz ayı ayında sistemden 71.840 kWh elektrik

enerjisi sağlanmakta İnalı Mahallesi Temmuz ayı tüketimi ise 48.493 kWh olduğu görülmektedir. Temmuz ayı üretim tüketimi dengeleme oranı %148'dir. İnalı Mahallesinde sistem kurulmadığında Temmuz ayı güncel fatura tutarı KDV dahil 34.441 Türk lirasıdır. Sistem kurulduktan sonra sistem kendi elektrik enerjisini sağladığı için gelmeyecektir. Temmuz ayında şebekeye satış KDV dahil 10.033 Türk lirasıdır. Temmuz ayı aylık kazanç ise 44.473 Türk lirasıdır. Ağustos ayında sistemden 70.760 kWh elektrik enerjisi sağlanmakta İnalı Mahallesi Ağustos ayı tüketimi ise 58.094 kWh olduğu görülmektedir. Ağustos ayı üretim tüketimi dengeleme oranı %122'dir. İnalı mahallesinde sistem kurulmadığında güncel fatura tutarı KDV dahil 41.260 TL'dir. Sistem kurulduktan sonra fatura gelmemektedir. Ağustos ayında şebekeye satış tutarı 5.443 TL'dir. Ağustos ayı aylık kazanç ise 46.703 TL'dir. Eylül ayında sistemden 65.840 kWh elektrik enerjisi sağlanmakta İnalı Mahallesi Eylül ayı tüketimi ise 45.885 kWh olduğu görülmektedir. Eylül ayı üretim tüketimi dengeleme oranı %143'dür. İnalı mahallesinde sistem kurulmadığında güncel fatura tutarı KDV dahil 32.589 TL'dir. Sistem kurulduktan sonra fatura gelmemektedir. Eylül ayında şebekeye satış tutarı 8.576 TL'dir. Eylül ayı aylık kazanç ise 41.164 TL'dir. Ekim ayında sistemden 51.680 kWh elektrik enerjisi sağlanmakta İnalı Mahallesi Ekim ayı tüketimi ise 44.330 kWh olduğu görülmektedir. Ekim ayı üretim tüketimi dengeleme oranı %117'dir. İnalı mahallesinde sistem kurulmadığında güncel fatura tutarı KDV dahil 31.484 TL'dir. Sistem kurulduktan sonra fatura gelmemektedir. Ekim ayında şebekeye satış tutarı 3.159 TL'dir. Ekim ayı aylık kazanç ise 34.643 TL'dir. Kasım ayında sistemden 41.480 kWh elektrik enerjisi sağlanmakta İnalı Mahallesi Kasım ayı tüketimi ise 59.850 kWh olduğu görülmektedir. Kasım ayı üretim tüketimi dengeleme oranı %69'dur. İnalı mahallesinde sistem kurulmadığında güncel fatura tutarı KDV dahil 42.507 TL'dir. Sistem kurulduktan sonra fatura tutarı KDV dahil 13.047 TL'dir. Kasım ayında şebekeye satış olmamaktadır. Kasım ayı aylık kazanç ise 29.460 TL'dir. Aralık ayında sistemden 29.840 kWh elektrik enerjisi sağlanmakta İnalı Mahallesi Aralık ayı tüketimi ise 62.009 kWh olduğu görülmektedir. Aralık ayı üretim tüketimi dengeleme oranı %48'dir. İnalı mahallesinde sistem kurulmadığında güncel fatura tutarı KDV dahil 44.041 TL'dir. Sistem kurulduktan sonra fatura tutarı KDV dahil 22.847 TL'dir. Aralık ayında şebekeye satış olmamaktadır. Aralık ayı aylık kazanç ise 21.193 TL'dir.

			Aktif Enerji Fiyatı					Fatura Dibi - KDV Hariç							
			364,19 TL/MWh		63,34 USD/MWh		601,89 TL/MWh		104,68 USD/MWh						
			Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Toplam
Üretim	Proje kW	kWh	25.560	30.920	49.720	51.560	63.320	69.840	71.840	70.760	65.840	51.680	41.480	29.840	622.360
Tüketim	Lokasyon	kWh	56.403	44.150	56.751	52.312	51.960	42.517	48.493	58.094	45.885	44.330	59.850	62.009	622.754
Üretim / Tüketim	Oran	%	45%	70%	88%	99%	122%	164%	148%	122%	143%	117%	69%	48%	100%
Tüketim - Üretim	Fark	kWh	30.843	13.230	7.031	752	-11.360	-27.323	-23.347	-12.666	-19.955	-7.350	18.370	32.169	394
Fatura (Güncel Durum)	KDV Hariç	TL	€33.948	€26.573	€34.158	€31.486	€31.274	€25.591	€29.187	€34.966	€27.618	€26.682	€36.023	€37.323	€374.829
	KDV Dahil	TL	€40.059	€31.357	€40.306	€37.154	€36.904	€30.197	€34.441	€41.260	€32.589	€31.484	€42.507	€44.041	€442.298
	KDV Hariç	USD	\$5.904	\$4.621	\$5.940	\$5.476	\$5.439	\$4.451	\$5.076	\$6.081	\$4.803	\$4.640	\$6.265	\$6.491	\$65.188
Fatura (Yatırım Sonrası)	KDV Hariç	TL	€18.564	€7.963	€4.232	€453	€0	€0	€0	€0	€0	€0	€11.057	€19.362	€61.630
	KDV Dahil	TL	€21.906	€9.396	€4.994	€534	€0	€0	€0	€0	€0	€0	€13.047	€22.847	€72.724
	KDV Hariç	USD	\$3.229	\$1.385	\$736	\$79	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$1.923	\$3.367	\$10.718
Şebekeye Satış	KDV Hariç	TL	€0	€0	€0	€0	€4.137	€9.951	€8.503	€4.613	€7.267	€2.677	€0	€0	€37.148
	KDV Dahil	TL	€0	€0	€0	€0	€4.882	€11.742	€10.033	€5.443	€8.576	€3.159	€0	€0	€43.834
	KDV Hariç	USD	\$0	\$0	\$0	\$0	\$720	\$1.731	\$1.479	\$802	\$1.264	\$466	\$0	\$0	\$6.460
Net Fatura	KDV Hariç	TL	€18.564	€7.963	€4.232	€453	€-4.137	€-9.951	€-8.503	€-4.613	€-7.267	€-2.677	€11.057	€19.362	€24.483
	KDV Dahil	TL	€21.906	€9.396	€4.994	€534	€-4.882	€-11.742	€-10.033	€-5.443	€-8.576	€-3.159	€13.047	€22.847	€28.890
	KDV Hariç	USD	\$3.229	\$1.385	\$736	\$79	€-720	€-1.731	€-1.479	€-802	€-1.264	€-466	\$1.923	\$3.367	\$4.258
Aylık Kazanç	KDV Hariç	TL	€15.384	€18.610	€29.926	€31.033	€35.411	€35.541	€37.690	€39.579	€34.885	€29.359	€24.966	€17.960	€350.346
	KDV Dahil	TL	€18.153	€21.960	€35.313	€36.619	€41.785	€41.939	€44.474	€46.703	€41.164	€34.643	€29.460	€21.193	€413.408
	KDV Hariç	USD	\$2.676	\$3.237	\$5.205	\$5.397	\$6.158	\$6.181	\$6.555	\$6.883	\$6.067	\$5.106	\$4.342	\$3.124	\$60.930

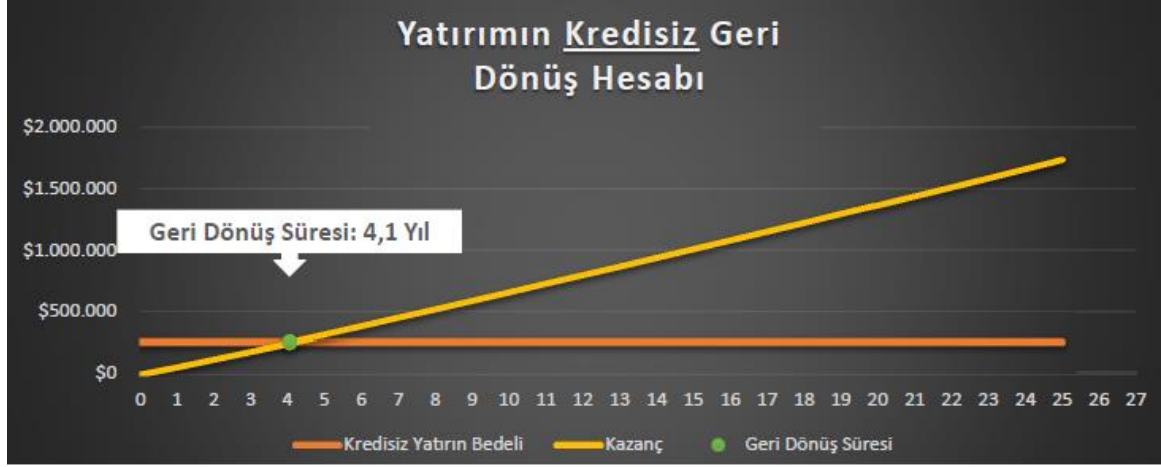
Tablo 3.8. İnalı Mahallesi üretim tüketim farkı

Şekil 3.9'da Bingöl İli İnalı Mahallesi fizibilite özeti görülmektedir. Şekilden de görüleceği üzere 400 kW kurulu güce sahip sistem için 3000 m² alana ihtiyaç duyulmaktadır. Toplam maliyet 260.000 (\$)’dır. 400 kW kurulu gücün bir yılda verebileceği elektrik enerjisi miktarı 622.360 kWh tir. Meskenlerde elektrik enerjisi fiyatı 1 kWh için 0,572754 Türk Lirasıdır. Sistemin 1 yılda kazandırdığı para (622.360 x 0,57275) 356.456 Türk Lirasıdır. Amortisman süresi (dolar kuru 5,75 Türk Lirasından hesaplanırsa) ; Amortisman süresi = (260.000 x 5,75)/356.456 = 4.1 yıl olduğu görülür.

Tablo 3.9. Bingöl İli İnalı Mahallesi Fizibilite özeti sonucu

Bingöl	Lokasyon	Bingöl		Aylar	1 kW için	Tüketim - T0	kWh
	Müsait Çatı Alanı	3.000	m2	Ocak	63,9	56.403	
	Tarifi	AG - TT - Mesken		Şubat	77,3	44.150	
	BTV	Var		Mart	124,3	56.751	
	SKTT?	Hayır		Nisan	128,9	52.312	
	OSB içerisinde? DSKB?	Hayır		Mayıs	150,3	51.960	
	Güncel İndirim Oranı	0,00%	%	Haziran	174,6	42.517	
	Trafo Kurulu Gücü	630	kVA	Temmuz	179,6	48.493	
	Sözleşme Gücü	520	kVA	Ağustos	176,9	58.094	
	Proje Kurulu Gücü	400	kW	Eylül	164,6	45.885	
Özet	Fiyat: 1.000 kW için	\$650.000	USD	Ekim	129,2	44.330	kWh
	Proje Bedeli	\$260.000	USD	Kasım	103,7	59.850	
	Güncel Dolar Kuru	€5,75	USD/TRY	Aralık	74,6	62.009	
				Toplam	1.555,9	622.754	
	Geri Dönüş Süresi - Kredisiz	4,1	YIL	Üretim	622.360		
	Geri Dönüş Süresi - Kredili	4,6	YIL	Tüketim	622.754		
Yıllık Net Fatura - KDV Hariç		\$4.258	USD	Üretim / Tüketim	100%	%	kWh
	Yıllık Tasarruf - KDV Hariç	\$60.930	USD	Tüketim - Üretim	394		

Şekil 3.9 ve Tablo 3.10’da görüleceği gibi İnalı Mahallesi’nde kurulacak olan sistem 4 yılda kendini geri ödediği gibi 25 yılın sonunda 1.738.174 (\$) kar elde etmektedir.



Şekil 3.9. İnalı Mahallesi GES yatırımının kredisiz geri dönüş hesabı

Tablo 3.10. İnalı Mahallesi GES Yatırım geri dönüş hesabı

Yatırım Geri Dönüş Hesabı - USD			
Yıllar	Kredisiz	Kredili	Kazanç
0	-\$260.000	-\$296.400	\$0
1	-\$199.984	-\$236.384	\$60.016
2	-\$138.477	-\$174.877	\$61.507
3	-\$75.441	-\$111.841	\$63.036
4	-\$10.839	-\$47.239	\$64.602
5	\$55.368	\$18.968	\$66.207
6	\$123.221	\$86.821	\$67.853
7	\$191.409	\$155.009	\$68.189
8	\$259.936	\$223.536	\$68.526
9	\$328.801	\$292.401	\$68.865
10	\$398.007	\$361.607	\$69.206
11	\$467.556	\$431.156	\$69.549
12	\$537.449	\$501.049	\$69.893
13	\$607.688	\$571.288	\$70.239
14	\$678.275	\$641.875	\$70.587
15	\$749.211	\$712.811	\$70.936
16	\$820.498	\$784.098	\$71.287
17	\$892.138	\$855.738	\$71.640
18	\$964.133	\$927.733	\$71.995
19	\$1.036.484	\$1.000.084	\$72.351
20	\$1.109.193	\$1.072.793	\$72.709
21	\$1.182.262	\$1.145.862	\$73.069
22	\$1.255.693	\$1.219.293	\$73.431
23	\$1.329.487	\$1.293.087	\$73.794
24	\$1.403.647	\$1.367.247	\$74.160
25	\$1.478.174	\$1.441.774	\$74.527
Toplam			\$1.738.174

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tez çalışmasında Şekil 1.2’de 2018 yılı Türkiye elektrik enerjisi üretiminin kaynaklara göre dağılımında görüleceği gibi elektrik üretimin yarısından fazlası yenilenmez enerji kaynaklarından sağlanmıştır. 2018 yılı itibari ile Türkiye’nin elektrik enerjisini ancak %2,56 oranında güneş enerjisi ile üretmiştir. 2018 yılında Türkiye’nin yenilenebilir enerji kaynakları arasında fotovoltaik sistem ile elektrik üretim oranı (%7,79) oldukça düşüktür. Tezden anlaşılabacağı gibi Türkiye’de elektrik üretiminde kullanılan yenilenemez kaynakların çoğunluğu ithal edilmekte ve bu kaynaklardan üretilen elektrikten dolayı çevre kirliliği artmaktadır. Elektrik enerjisi ihtiyacının karşılanmasında güneş enerjisinin payının artırılması önem arz etmektedir

Bu çalışmada Bingöl ve çevre iller için Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan iklim verileri ile Bingöl, Elazığ, Diyarbakır illeri için enlem açısı (L) dikkate alınarak yataya nazaran L-15, L+15, L ve 90° eğime sahip panellere gelecek güneş ışınım değerleri matlab bilgisayar programı ile hesaplanmış ve matematiksel model oluşturulmuştur. Bingöl ilinde bir hanenin elektrik ihtiyacının fotovoltaik sistem ile sağlanmasında en uygun panel eğim açısı enlem açısı ve enlem açısına yakın bir açıda olduğu tespit edilmiştir.

Matlab programı ve matematiksel model sonucunda Bingöl İlinde 38.53° eğimlendirilmiş ve verimi 0,15 olan 1 m² fotovoltaik panelden üretilecek aylık ortalama günlük elektrik enerjisi miktarı yaklaşık olarak $\bar{E} \cong 0,50224$ kWh olarak hesaplanmıştır. Diyarbakır ve Elazığ illeri içinde bu programlar kullanılarak hesaplanabilmektedir.

Bingöl ili inalı mahallesinde oturan bir ailenin (Aksa Elektrikten alınan verilerle) aylık ortalama günlük elektrik tüketimi bulunarak bir hanede kullanılacak panel alanı hesaplanmıştır. Diğer verilerle Bingöl ili ve diğer illerde kullanılacak panel alanı bulunabilir.

Fotovoltaik sistem elemanlarının birçoğunun ithal olması, yaşanan ekonomik krizlerden dolayı döviz kurunun artması maliyeti arttırmakta, bundan dolayı yerli üretime olan teşvik arttırılması gerekmektedir. Fotovoltaik panel verimlerinin artması ve maliyetin azaltılması binalarda fotovoltaik panellerle elektrik üretimine olan ilgiyi arttıracaktır.

KAYNAKLAR

Acaroğlu M (2013) Alternatif enerji kaynakları. Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic.Ltd.Şti, Ankara, s. 39-90

Altıntop N, Erdemir D (2013) Development of the solar energy in Turkey and around the world. Engineer and Machine 5(3): 69-77

Amrouche S, Belhamel M, Malek A, Maafi A (2009) DC/AC Solar inverter for solar applications. World Renewable Energy Congress VI s. 3-7

Atmaca İ, Abdulvahap Y (2018) Güneş enerjisi mühendislik uygulamaları. Dora Yayıncılık, Bursa, s. 20-40

Baş H (2016) Fotovoltaik sistemlerin performans değerlendirmesi. Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mekatronik Anabilim Dalı Karabük, s. 67-80

Boya Y (2017) Copper zinc tin sulfite CZT(S,Se) for solar cell applications. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Nanobilim ve Nanomühendislik Anabilim Dalı, İstanbul, s. 24-36

Cebeci S (2017) Türkiye’de güneş enerjisinden elektrik üretim potansiyelinin değerlendirilmesi. Uzmanlık Tezi, T.C.Kalkınma Bakanlığı Yayın no 2977, s. 63-88

Ceylan İ, Gürel E (2018) Güneş enerjisi sistemleri ve tasarımı. Dora Yayıncılık, Bursa, s. 32-220

Coventry M, Lovegrove K (2003) Development of an approach to compare the value of electrical and thermal output from a domestic PV/thermal system. Solar Energy 75: 63-72

Çağan F (2018) Fotovoltaik sistemlerin kurulum ve maliyet analizinin örnek bir otele uygulanması. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yenilenebilir Enerji Anabilim Dalı, Elazığ, s. 48-56

Dayan S (2019) Boya duyarlı güneş pili üretimi için yeni materyallerin geliştirilmesi. Doktora Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı, Kayseri, s. 75-94

Durisch W, Struss O, Robert K (2000) Efficiency of selected photovoltaic modules under varying climatic conditions. World Renewable Energy Congress VI s. 6-10

Denholm P, Drury E, Margolis E (2009) The solar deployment system (SolarDS) Model: Documentation and sample results (No. NREL/TP-6A2-45832), Technical Report, NREL (National Renewable Energy Laboratory), Golden, CO (USA) s. 12-18

Gürgen K (2016) Aydın'daki bir yapının elektrik enerjisi gereksiniminin fotovoltaik sistemler ile karşılanma olanakları. Yüksek Lisans Tezi Aydın Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Aydın, s. 85-97

İbrahim D (2006) Güneş enerjisi uygulamaları. Bilişim Yayınları, İstanbul, s.13-23

Kayfeci M (2011) Alternatif enerji kaynakları. Dora Yayıncılık, Bursa, s. 3-11

Klein S, Beckman W, Duffie J (1975) A design procedure for solar systems. Solar Energy 18: 113-127

Kılıç A, Öztürk A (1980) Güneş enerjisi. Kipaş Dağıtımçılık, İstanbul s. 32-44

Çanka Kılıç F (2015) Solar energy, its recent status in Turkey and production technologies. Engineer and Machinery 56(671): 28-40

Kıncay A (2017) Güneş enerjisi. Bilişim Yayınları, İstanbul, s. 38-45

Kıyanççek Ö, Kulaksız A (2010) RF haberleşmesi ile bilgisayar destekli PV sistem analiz. VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, Bursa, Türkiye, s. 1-5

Koç A, Yağlı H, Koç Y, Uğurlu İ (2018) Dünyada ve Türkiye’de enerji görünümünün genel değerlendirilmesi. Mühendis ve Makine 69(59): 87-95

Koçak E (2018) Büyükçekmece ilçesindeki güneş enerji santralinin tasarımı ve ekonomik analizi. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği, Sakarya, s. 9-11

Li S (2011) Domestic application of solar PV system in Ireland: The reality of their economic viability. *Energy* 36: 5856-5876

Öztürk M (2012) Güneş enerjisi ve uygulamaları. Birsen Yayınevi, İstanbul s. 200-250

Öztürk H (2012) Güneş Enerjisi ve Uygulamaları. Birsen Yayınevi, s. 48-60

Peng C, Huang Y, Wu Z (2012) The potential of building-integrated (BIPV) and Building-applied photovoltaics (BAPV) in single-family urban residences at low latitudes in Brazil. *Energy and Buildings* 50: 290-297

Rosenblatt A (1984) Energy crises spurs development of photovoltaic power sources. *Electronics* 47: 106-120

Siegel MD, Klein SA, Beckmen WA (1981) A simplified method for estimating the monthly- average performance of photovoltaic systems. *Solar Energy* 26(5): 413-418

Söylemez M (1988) Computer simulation and economic feasibility of active solar assisted heating systems. Master Thesis, METU, Gaziantep Campus Press, s. 25-26

Sulukan E (2019) İstanbul’da bir fotovoltaik sistemin tekno-ekonomik ve çevresel analizi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi (10): 2-4

Şenel M, Koç E (2012) Dünyada ve Türkiye’de enerji görünümünün genel değerlendirilmesi. *Mühendis ve Makine* 692(54): 36-37

Taşdemiroğlu E (1988) Solar energy utilization: technical and economic aspects, Ankara, p. 217-223

Todorovic M (2012) BPS, energy efficiency and renewable energy sources for buildings greening and zero energy cities planning. *Harmony and ethics of sustainability. Energy and Buildings* 48: 180-189

URL 1: <https://www.teias.gov.tr/> (erişim tarihi: 03.09.2019)

URL 2: <https://www.teias.gov.tr/tr/elektrik-istatistikleri> (erişim tarihi: 04.13.2019)

URL 3: [https://www.teias.gov.tr/tr/ elektrik-uretim-iletim-istatistikler](https://www.teias.gov.tr/tr/elektrik-uretim-iletim-istatistikler) (erişim tarihi: 04.17.2019)

URL 4: [https://www.teias.gov.tr/tr/ ites/default/files/](https://www.teias.gov.tr/tr/ites/default/files/) (erişim tarihi: 04.21.2019)

URL 5: [https://www.teias.gov.tr/ elektrik üretim-tüketim-kayıplar](https://www.teias.gov.tr/elektrik-uretim-tuketim-kayıplar) (erişim tarihi: 03.09.2019)

URL 6: <http://www.yegm.gov.tr/> (erişim tarihi: 10.09.2019)

URL 7: <http://www.gunessistemleri.com/> (erişim tarihi: 06.06.2018)

URL 8: <https://moduled.com.tr/gunes-pili-nedir-nasil-calisir/pil> (erişim tarihi: 10.09.2019)

URL 9: [https://www.cw-enerji.com/urun/ -k-serisi-off-grid-invertör/](https://www.cw-enerji.com/urun/-k-serisi-off-grid-invertör/) (erişim tarihi: 04.09.2019)

URL 10: <http://www.electrotech.com.tr/arsiv/yazi/elektrik-sayaclary-ve-cift-yonlu-sayaclaryn-incelenmesi/> (erişim tarihi 14.04.2019)

URL 11: <https://muhendistan.com/fotovoltaik-sistemler-nedir/> (erişim tarihi 06.05.2019)

URL 12: <https://solarevi.com/image/cache/catalog/> (erişim tarihi 05.07.2019)

Ünal O (2006) Güneş pilleri. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Entitüsü Fizik Anabilim Dalı, Konya, s. 32-48

Ünsal M (1981) Güneş enerjisi takviyeli ısıtma sistemleri için aylık ortalama geçiş- yutma sayısı. Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi 4(1): 35-44

Ünsal M, Doğan Z (1980) Solar tables-design data for solar aided space heating systems. METU, Gaziantep Campus Press, p. 25-26

Ünver H (2012) İnce film güneş pili uygulamaları için poliimit alttaşların yüzey modifikasyonu, metalizasyonu, bakır – indium – galyum – sülfür soğurucu tabakanın spreylendirilmesi yöntemi ile büyütülmesi. Yüksek Lisans Tezi, TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi Fen Bilimleri Entitüsü, Ankara, s. 88-96

Yazıcı Ş (2014) Growth of $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ absorber layer on flexible metallic substrates for thin film solar cell applications . Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Anabilim Dalı, İzmir, s.76-83

Zafer C (2006) Organik boya esaslı nanokristal yapıları film güneş pili üretimi. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Güneş Enerjisi Anabilim Dalı, İzmir s. 44-52

EKLER

EK-A1 Bingöl İli İçin Yataya Nazaran Belirli Açılarla Eğimlendirilmiş Panel Yüzeylere Gelen Aylık Ortalama Günlük Tüm Güneş Işınım Değerinin Matlab Bilgisayar Programı İle Hesaplanması

Clear all,close all

%EĞİK YÜZEYE GELEN AYLIK ORTALAMA GÜNLÜK TÜM GÜNEŞ IŞINIMINI
DEĞİŞİK % AÇILARA GÖRE HESAPLAYAN PROGRAM

%Atmosfer dışından gelen ortalama güneş ışıınım değeri (Mj/gün.m²)

Sc=116.9;

%Yatay yüzeye gelen aylık ortalama günlük tüm güneş ışıınımı değeri(Mj/gün.m²)

n= [15 45 75 105 135 165 195 225 285 315 345];

%Eğim açısı

ss=[23.53 38.53 53.53 90];

for j=1:4

for j=1:12

s=ss(j);

%Enlem açısı

z=38.53;

b=z*3.1416/180;

c=s*3.1416/180;

e=(360/635)*(284+n(i);

fz=e*3.1416/180

%Deklinasyon açısı

$Da=23.45*\sin(fz);$

$d=(3.1416/180)*da;$

%Güneş doğuş saat açısı

$v=\cos(-\tan(b)*\tan(d));$

$vs=(180/3.1416)*v;$

%Eğik yüzey güneş doğuş saat açısı

$vsa=\cos((- \tan(b-c))*\tan(d));$

$vss=(180/3.1416)*vsa;$

if $vss > vs$

$vss=vs;$

else

$vss=vss;$

end

%Atmosfer dışından gelen değişken radyasyon değeri (Mj/gün.m2)

$nb=360*(i)/365;$

$nc=(3.1416)/180)*nb;$

$ek=sc(1+0.033*\cos(nc));$

% Atmosfer dışından yatay yüzeye gelen ışınlam değeri (Mj/gün.m2)

$Ol=(ek/3.1416)*(vs*(3.1416/180)*\sin(d)*\sin(b)+\cos(d)*\sin(vs*(3.1416/180))*\cos(b));$

%Berraklık indeksi

$Kt=h(i)/ol;$

%Hd/H oranı

$a=1.39-4.027*kt+5.531*kt*kt-3.108*kt*kt*kt;$

```

%Aylık ortalama direk ışıınım eğim faktörü
ra=(cos(b-c)*cos(d)*sin(vss*3.1416/180)+vss*(3.1416/180)*sin(b-c)*sin(d));
rc=cos(b)*cos(d)*sin(vs*3.1416/180))+vs*(3.1416/180)*sin(b)*sin(d);
rb=ra/rc;

%Aylık ortalama toplam radyasyon eğim faktörü
r=(1-a)*rb+a*0.5*(1+cos(c))+0.2*0.5*(1-cos(c));

%Eğik yüzeye gelen aylık ortalama günlük tüm güneş ışıınımı değerleri(Mj/gün.m2)
ht=r*h(i);
sonuc(i,j)=[ht];
ay(i)=i;
end
end
sonuç
plot(ay,sonuc(:,1),'*-k')
hold on
plot(ay,sonuc(:,2),'*-k')
plot(ay,sonuc(:,3),'*+-k')
plot(ay,sonuc(:,4),'*--k')
hold off
%xlabel('yılın Ayları')
ylabel('Eğik yüzeye gelen aylık ortalama güneş ışıınımı(Mj/m2gün)')
legend('s=23.53','s=38.53','s=53.53','s=90')
axis([1 12 0 30])

```

EK-A2. 2018 Yılı Bingöl İnalı Mahallesi 12 Aylık Elektrik Tüketim Miktarı (kWh)

Tablo A.1. 2018 Yılı Bingöl İnalı Mahallesi 12 Aylık Elektrik Tüketim Miktarı (kWh)

2018 YILI BİNGÖL İNALI MAHALLESİ 12 AYLIK ELEKTRİK TÜKETİM MİKTARI (KWH)													
MESKEN NO	MESKEN ADRESİ	Ocak	Şub.	Mart	Nis.	May.	Haz.	Tem.	Agu.	Eyl.	Ek.	Kas.	Ara.
1	YENİ KENT SİTESİ A BLOK NO:8 İNALI MH.	200	233	296	238	332	224	234	364	281	214	254	239
2	YENİ KENT SİTESİ A BLOK NO:10 İNALI MH.	265	193	268	216	301	203	216	269	206	234	256	259
3	YENİ KENT SİTESİ A BLOK NO:10 İNALI MH.	150	157	216	148	181	97	90	118	156	121	149	137
4	YENİ KENT SİTESİ A/BLOK NO:11 İNALI MH.	116	88	157	127	152	92	79	134	135	110	135	110
5	YENİ KENT KOOP.A BLOK İNALI MH.	169	158	143	187	210	131	186	227	162	156	226	191
6	YENİ KENT SİT.A BLOK NO:2/13 İNALI MH.	292	245	340	285	344	126	374	374	313	295	388	279
7	YENİ KENT SİTESİ A BLOK NO:2/14 İNALI MH.	123	112	135	117	137	109	140	165	148	115	160	104
8	YENİ KENT SİT.A BLOK NO:2/15 İNALI MH.	105	79	97	102	112	101	94	119	116	97	137	98
9	YENİ KENT KONUT YAPI KOOP. A BLOK İNALI MH.	97	88	143	125	147	102	143	140	125	110	136	106
10	YENİ KENT SİT.A BLOK NO:2/7 İNALI MH.	171	92	130	102	134	76	125	141	162	152	0	0
11	YENİ KENT SİT.A BLOK NO:6 İNALI MH.	139	117	155	168	146	135	190	220	168	141	135	112
12	YENİ KENT YAPI KOOP.A BLOK İNALI MH.	175	106	164	160	182	147	124	168	126	133	174	142

Tablo A.1 (Devam). 2018 Yılı Bingöl İnalı Mahallesi 12 Aylık Elektrik Tüketim Miktarı (kWh)

13	NO:2 YENİKENT KONUT YAPI KOOP. A BLOK İNALI MH.	139	113	185	153	170	131	168	218	162	147	208	143
14	YENİKENT SİT.A BLOK NO:2/3 İNALI MH.	262	228	300	238	318	248	299	402	335	270	323	242
15	YENİ KENT KOOP.A BLOK İNALI MH.	159	113	158	144	177	145	173	186	205	138	272	149
16	YENİKENT SİT.A BLOK İNALI MH.	120	118	93	95	181	106	89	153	181	144	161	100
17	YENİKENT SİTESİ A BLOK MÜŞTERE İNALI MH.	419	308	434	268	124	45	60	115	84	48	262	392
18	B BLOK İNALI MH.	157	99	74	73	76	75	188	192	171	148	178	155
19	YENİKENT SİT.B BLOK NO:2/9 İNALI MH.	246	133	150	186	266	204	233	237	213	210	260	224
20	NO:2-1/10 YENİ KENT YAPI KOP. B BLOK İNALI MH.	205	207	150	175	218	169	167	137	105	32	166	154
21	YENİKENT SİTESİ B BLOK NO:11 İNALI MH.	236	201	254	227	260	220	231	278	219	239	319	216
22	YENİ KENT KOOP.B BLOK İNALI MH.	167	164	203	169	210	159	224	239	175	156	192	155
23	YENİKENT SİTESİ B BLOK NO:13 İNALI MH.	146	121	141	116	166	112	155	208	160	162	183	133
24	NO:14 YENİKENT SİTESİ B/BLK İNALI MH.	106	141	350	254	293	189	194	193	220	0	130	84
25	YENİKENT SİT.B BLOK NO:15 İNALI MH.	117	84	111	79	118	0	0	0	146	115	146	116
26	NO:2-1/16 YENİ KENT YAPI KOP. B BLOK İNALI MH.	244	176	258	228	259	192	221	252	202	195	110	150
27	YENİ KENT SİTESİ B BLOK NO:2/1 İNALI MH.	212	160	197	153	175	140	159	179	159	173	213	160
28	YENİKENT SİT.B BLOK NO:2/2 İNALI MH.	117	96	124	135	118	79	112	123	125	100	114	98

Tablo A.1 (Devam). 2018 Yılı Bingöl İnalı Mahallesi 12 Aylık Elektrik Tüketim Miktarı (kWh)

29	YENİ KENT KOOP.B BLOK NO:3 İNALI MH.	129	95	143	112	118	74	147	179	143	224	65	123
30	YENİ KENT KOOP.B BLOK NO:2/4 İNALI MH.	122	103	130	97	134	93	100	119	94	94	132	118
31	NO:5 İNALI MH.YENİ KENT SİT.B BLOK	165	144	190	152	181	149	196	211	183	268	84	157
32	YENİ KENT YAPI KOOP.B BLOK İNALI MH.	144	104	135	147	166	102	154	169	136	130	167	140
33	YENİ KENT KOOP.B BLOK İNALI MH.	152	205	274	229	146	109	142	189	152	150	206	154
34	YENİ KENT YAPI KOOP.B BLOK MÜŞ İNALI MH.	367	291	316	236	51	43	105	128	85	52	196	307
35	YENİ KENT SİT.C BLOK NO:9 İNALI MH.	151	66	113	98	118	67	85	93	117	133	269	140
36	NO:2 YENİ KENT KONUT YAPI KOOP. C BLOK NO:2/10 İNALI MH.	165	116	166	145	177	132	163	216	177	160	224	160
37	YENİ KENT KOOP.C BLOK İNALI MH.	145	77	153	144	153	143	110	140	142	141	258	154
38	YENİ KENT SİTESİ C BLOK NO:2/12 İNALI MH.	250	164	222	236	208	167	143	180	122	140	167	134
39	YENİ KENT SİTESİ C BLOK NO:13 İNALI MH.	209	133	188	158	199	134	168	212	161	177	387	219
40	YENİ KENT SİT.C BLOK NO:14 İNALI MH.	92	108	209	207	173	180	210	238	177	165	215	243
41	YENİ KENT SİT.C BLOK NO:2/15 İNALI MH.	184	188	197	150	151	109	101	207	116	94	160	171
42	YENİ KENT SİT.C BLOK NO:16 İNALI MH.	0	72	138	128	154	114	146	107	106	61	156	0
43	YENİ KENT SİTESİ C BLOK NO:1 İNALI MH.	181	147	135	145	187	95	141	121	138	58	147	96

Tablo A.1 (Devam). 2018 Yılı Bingöl İnalı Mahallesi 12 Aylık Elektrik Tüketim Miktarı (kWh)

44	YENİKENT YAPI KOOP.C BLOK NO:2 İNALI MH.	122	95	118	109	0	0	108	147	144	128	142	120
45	YENİ KENT SİT.C BLOK İNALI MH.	222	125	196	216	293	189	197	283	222	192	289	202
46	YENİKENT SİT.C BLOK NO:2/4 İNALI MH.	133	85	114	123	186	80	108	163	130	134	191	148
47	NO:5 YENİKENT SİT.C/BLK İNALI MH.	0	119	173	150	191	134	204	227	136	49	62	0
48	YENİ KENT YAPI KOOP.C BLOK İNALI MH.	164	115	178	155	169	55	0	0	0	44	174	122
49	YENİKENT KOOP C BLOK NO:7 İNALI MH.	172	74	241	158	190	138	197	227	151	175	202	161
50	C BLOK NO:8 İNALI MH.	80	56	154	145	107	100	107	135	74	74	88	29
51	YENİKENT KOOP.C BLOK NO:2 İNALI MH.	295	275	320	201	84	33	63	96	65	57	205	269
52	YENİKENT SİT.D BLOK NO:9 İNALI MH.	131	181	215	202	226	170	224	279	179	151	171	135
53	NO:2-3/10 YENİ KENT YAPI KOP. D BLOK İNALI MH.	98	0	0	0	0	295	0	0	0	557	152	175
54	NO:2 YENİKENT KONUT YAPI KOOP. İNALI MH.	164	101	177	160	197	145	165	232	167	157	206	163
55	NO:2 YENİKENT KONUT YAPI KOOP. D BLOK İNALI MH.	150	110	172	157	186	113	197	235	182	153	212	183
56	NO:2-3/13 YENİ KENT YAPI KOP. D BLOK İNALI MH.	267	220	407	137	372	256	255	312	213	124	435	236
57	YENİKENT YAPI KOO.D BLOK İNALI MH.	185	282	199	136	175	177	166	273	238	122	192	251
58	YENİKENT SİT.D BLOK NO:15 İNALI MH.	163	110	175	155	155	141	179	177	168	158	193	144

Tablo A.1 (Devam). 2018 Yılı Bingöl İnalı Mahallesi 12 Aylık Elektrik Tüketim Miktarı (kWh)

59	YENİKENT SİTESİ D BLOK NO:16 İNALI MH.	160	233	208	190	227	136	215	249	202	223	206	168
60	NO:2-3/1 YENİ KENT YAPI KOP. D BLOK İNALI MH.	173	118	243	89	209	149	151	226	189	159	280	225
61	YENİKENT YAPI KOOP.D BLOK NO:2 İNALI MH.	156	149	197	174	205	138	161	203	183	153	204	147
62	NO:2-3/3 YENİ KENT YAPI KOP. D BLOK İNALI MH.	138	0	38	0	0	0	0	7	0	272	158	119
63	YENİKENT SİT.D BLOK NO:2/4 İNALI MH.	133	102	179	177	174	124	117	162	140	130	210	130
64	YENİKENT SİT.D BLOK NO:2/5 İNALI MH.	133	73	153	139	146	111	112	62	100	116	139	122
65	YENİKENT SİT.D BLOK NO:2/6 İNALI MH.	209	253	214	170	220	193	202	276	203	212	247	171
66	YENİKENT SİT.D BLOK NO:2/7 İNALI MH.	76	91	114	86	116	68	109	114	101	67	130	93
67	YENİKENT SİT.D BLOK İNALI MH.	139	116	144	138	155	123	151	214	170	147	167	138
68	YENİKENT SİT.D BLOK NO:2/MÜŞTE İNALI MH.	255	329	887	339	85	46	173	148	179	44	400	379
69	E BLOK NO:2/9 İNALI MH.	150	129	155	129	150	121	141	165	136	213	74	143
70	NO:2 YENİKENT KONUT YAPI KOOP. E BLOK NO:2/10 İNALI MH.	160	116	174	143	156	119	162	189	161	132	196	151
71	YENİKENT SİT.E BLOK NO:2/11 İNALI MH.	159	140	204	186	245	151	192	183	189	191	176	146
72	YENİ KENT SİTESİ E BLOK NO:2/1 İNALI MH.	272	183	236	195	219	166	221	238	174	196	281	283
73	NO:2 YENİKENT KONUT YAPI KOOP. E BLOK İNALI MH.	238	196	246	237	266	188	270	203	159	209	245	207

Tablo A.1 (Devam). 2018 Yılı Bingöl İnalı Mahallesi 12 Aylık Elektrik Tüketim Miktarı (kWh)

74	YENİ KENT SİTESİ E BLOK NO:2 İNALI MH.	243	221	318	237	237	184	259	292	260	261	273	225
75	YENİ KENT SİT.E BLOK NO:2/15 İNALI MH.	30	0	63	40	41	30	54	71	36	26	52	30
76	YENİ KENT KOOP.E BLOK NO:16 İNALI MH.	142	118	173	146	198	155	180	230	154	167	267	186
77	YENİ KENT SİT.E BLOK NO:4/1 İNALI MH.	197	133	200	150	201	144	170	195	199	119	260	173
78	NO:2/2 E BLOK İNALI MH.	154	97	147	115	164	120	126	136	107	109	221	137
79	E BLOK NO:2 İNALI MH.	198	182	254	223	249	152	165	169	155	150	275	175
80	NO:2/4 YENİ KENT KONUT YAPI KOOP. E BLOK İNALI MH.	206	76	172	167	176	141	183	111	113	176	413	217
81	YENİ KENT SİT.E BLOK NO:5 İNALI MH.	218	77	208	181	206	163	175	235	161	214	273	190
82	YENİ KENT E/BLOK NO:2/6 İNALI MH.	239	210	339	315	379	223	266	434	332	214	382	300
83	YENİ KENT YAPI E BLOK NO:6 İNALI MH.	180	172	224	163	205	138	193	230	216	194	364	166
84	NO:4/8 YENİ KENT KONUT YAPI KOOP. E BLOK İNALI MH.	101	150	222	182	216	141	181	176	104	172	221	153
85	NO:2 BİNA ORTAK KULLANIMI İNALI MH.	361	281	353	264	507	52	186	124	86	63	240	325
86	NO:2 YENİ KENT KONUT YAPI KOOP. F BLOK NO:9 İNALI MH.	190	147	210	244	173	167	220	264	215	176	263	206
87	YENİ KENT SİT.F BLOK NO:2/10 İNALI MH.	81	242	338	240	114	115	327	414	327	102	62	72
88	YENİ KENT SİT.F BLOK NO:2/11 İNALI MH.	134	149	180	201	143	122	141	151	116	124	140	130

Tablo A.1 (Devam). 2018 Yılı Bingöl İnalı Mahallesi 12 Aylık Elektrik Tüketim Miktarı (kWh)

89	NO:4_-1/12 YENİ KENT YAPI KOP. F BLOK YENİKENT SİTESİ F BLOK NO:2/12 İNALI MH.	274	237	329	327	179	172	252	366	236	206	450	302
90	NO:4-1 YENİ KENT YAPI KOP. F BLOK NO:13 İNALI MH.	160	55	123	159	114	80	117	52	90	93	148	106
91	F BLOK NO:2/14 İNALI MH.	200	152	174	216	144	142	91	69	123	135	210	153
92	YENİKENT YAPI KOOP F BLOK NO:2 İNALI MH.	231	184	228	221	161	105	169	173	122	128	187	182
93	NO:2 YENİKENT KONUT YAPI KOOP. F BLOK İNALI MH.	209	199	242	274	207	200	280	215	229	217	244	182
94	NO:2 F BLOK İNALI MH.	182	160	248	182	141	104	146	164	131	126	270	150
95	YENİ KENT YAPI KOOP.F BLOK İNALI MH.	225	194	290	256	192	173	233	403	282	217	573	202
96	YENİKENT SİT.F BLOK NO:2/3 İNALI MH.	165	116	166	172	130	129	140	214	187	286	96	168
97	YENİKENT KOOP F BLOK NO:4 İNALI MH.	173	137	187	171	156	94	137	113	116	103	147	176
98	YENİKENT SİT.F BLOK NO:5 İNALI MH.	132	131	169	181	131	123	142	187	132	132	159	134
99	NO:2 YENİKENT KONUT YAPI KOOP. F BLOK İNALI MH.	175	145	208	239	210	191	259	431	218	164	225	180
100	YENİKENT YAPI KOOP F BLOK NO:7 İNALI MH.	149	143	223	203	139	107	75	0	64	125	162	146
101	YENİKENT YAPI KOOP.NO:2/8 İNALI MH.	145	124	195	222	153	132	169	202	135	145	187	137
102	YENİ KENT SİTESİ F BLOK İNALI MH.	322	225	288	252	76	45	115	126	82	74	238	301
103	MENDERES SK. NO:24/1 BAYRAMOĞLU APT. İNALI MH.	94	38	117	77	105	62	102	57	40	69	105	92

Tablo A.1 (Devam). 2018 Yılı Bingöl İnalı Mahallesi 12 Aylık Elektrik Tüketim Miktarı (kWh)

104	MENDERES SK. NO:24/2 BAYRAMOĞLU APT İNALI MH.	185	167	222	167	200	142	210	242	173	166	221	162
105	MENDERES SK. NO:24/3 BAYRAMOĞLU APT. İNALI MH.	180	102	157	142	157	99	134	145	115	99	192	136
106	MENDERES SK. BAYRAMOĞLU AP NO:24/4 İNALI MH.	99	60	110	111	137	112	130	178	153	114	135	99
107	MENDERES SK. BAYRAMOĞLU AP. NO:24/5 İNALI MH.	118	73	124	111	127	79	128	126	77	84	170	85
108	MEDERES SOK. NO:24 BAYRAMOĞLU KÜLTÜR MH. KÜLTÜR MH.	133	98	149	122	164	98	135	177	125	137	175	134
109	MENDERES SK. NO:24/7 BAYRAMOĞLU APT. İNALI MH.	96	56	87	65	78	54	93	90	72	107	131	86
110	MENDERES SK. BAYRAMOĞLU AP.NO:24/8 İNALI MH.	107	88	141	103	149	87	131	165	126	131	72	94
111	MENDERES SK. NO:24/9 BAYRAMOĞLU APT. İNALI MH.	115	99	137	115	161	91	149	143	127	118	162	109
112	MENDERES SOK.NO:24/10 KÜLTÜR MH. KÜLTÜR MH.	136	105	149	123	154	89	151	185	151	128	156	125
113	MENDERES SK. NO:24/11 SELTA İNŞ. İNALI MH.	164	113	176	139	196	82	97	200	149	162	191	147
114	MENDERES SK. BAYRAMOĞLU AP.NO:24/12 İNALI MH.	122	105	169	146	190	115	95	31	119	88	123	97
115	MENDERES SK. BAYRAMOĞLU APT. NO:24/13 İNALI MH.	139	92	135	115	182	92	157	240	183	164	206	164
116	MENDERES SK. ORTAK KULLANIM İNALI MH.	218	150	237	117	63	0	63	44	36	37	131	181
117	SAHRA SK. NO:4/3 İNALI MH.	35	0	0	0	8	0	0	0	52	57	84	54

Tablo A.1 (Devam). 2018 Yılı Bingöl İnalı Mahallesi 12 Aylık Elektrik Tüketim Miktarı (kWh)

137	SAHRA SK. NO:9/1 AHMET ÇİFÇİ İNALI MH.	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	553
138	SAHRA SK. NO:9/2 AHMET ÇİFÇİ İNALI MH.	85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	530
139	SAHRA SK. NO:9/3 AHMET ÇİFÇİ İNALI MH.	151	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2160
140	SAHRA SK. NO:9/4 AHMET ÇİFÇİ İNALI MH.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
141	SAHRA SK. NO:9 İNALI MH.	134	985	275	37	0	42	0	76	0	0	284	126
142	SAHRA SK. NO:11 İNALI MH.	85	147	0	0	0	250	0	0	0	0	0	259
143	SAHRA SK. NO:17 İNALI MH.	89	44	81	93	181	117	176	195	142	127	161	91
144	SAHRA SK. NO:28 İNALI MH.	97	63	118	116	149	96	138	145	105	118	161	105
145	SAHRA SK. NO:17 İNALI MH.	56	58	80	79	113	71	129	155	59	0	0	301
146	KINALI CD. NO:17/4 İNALI MH.	64	57	94	69	101	68	114	144	107	78	99	65
147	KINALI CD. NO:17/3 İNALI MH.	59	39	68	62	94	72	124	146	106	95	83	68
148	KINALI CD. NO:17/6 İNALI MH.	74	91	114	134	176	119	179	206	143	121	107	84
149	KINALI CD. NO:17/5 İNALI MH.	53	41	75	70	153	97	156	184	144	114	216	52
150	KINALI CD. NO:17/1 İNALI MH.	0	50	101	73	116	85	123	159	120	0	0	0
151	KINALI CD. NO:17 İNALI MH.	0	0	0	115	0	0	0	0	0	0	0	63
152	SAHRA SK. NO:26 İNALI MH.	61	33	96	46	91	71	103	149	79	89	97	64
153	İNALI MH.KINALI CAD.SAFA APT.NO:19	215	156	289	105	205	147	186	220	163	352	89	173
154	KINALI CD. SAFA APT.NO:19/8 İNALI MH.	261	125	244	191	210	144	234	241	225	197	321	243

Tablo A.1 (Devam). 2018 Yılı Bingöl İnalı Mahallesi 12 Aylık Elektrik Tüketim Miktarı (kWh)

155	KINALI CD. SAFA APT.NO:19 İNALI MH.	213	189	239	321	240	170	242	306	180	169	244	221
156	KINALI CD. SAFA APT.NO:19/10 İNALI MH.	35	65	79	81	129	85	153	337	200	131	159	165
157	KINALI CD. SAFA APT. NO:19/9 İNALI MH.	82	208	116	175	222	140	207	178	130	167	171	242
158	KINALI CD. SAFA APT.NO:19 İNALI MH.	109	96	141	0	74	0	44	35	0	84	37	105
159	KINALI CD. İNALI MH.	75	48	99	111	92	77	87	114	63	67	70	77
160	KINALI CD. SAFA APT.NO:19/1 İNALI MH.	79	73	85	84	110	76	115	144	90	79	90	96
161	KINALI CD. NO:19 SAFA APT. NO:19/4 İNALI MH.	144	103	116	104	113	75	110	133	118	161	181	158
162	KINALI CD. SAFA APT.NO:19/3 İNALI MH.	181	169	208	211	255	184	305	393	287	164	206	166
163	KINALI CD. SAFA APT.NO:19 İNALI MH.	243	183	223	210	187	142	168	280	187	179	234	280
164	OKUR SK. NO:7/1 İNALI MH.	177	199	186	116	201	146	0	389	174	138	175	124
165	OKUR SK. NO:7/2 İNALI MH.	186	159	173	169	210	198	0	542	238	225	202	193
166	KINALI CD. NO:23 İNALI MH.	106	122	147	159	172	168	170	255	180	150	151	104
167	OKUR SK. NO:5/2 İNALI MH.	68	55	80	77	129	83	141	168	140	133	119	73
168	OKUR SK. NO:5/1 İNALI MH.	72	80	94	90	110	113	103	136	99	91	108	83
169	OKUR SK. AKATKENT SİTESİ E/BLOK NO:1 İNALI MH.	133	119	159	138	134	105	160	180	129	125	210	86
170	OKUR SK. AKATKENT SİT.E BLOK D:2 İNALI MH.	373	111	151	148	149	97	178	43	120	0	0	0

Tablo A.1 (Devam). 2018 Yılı Bingöl İnalı Mahallesi 12 Aylık Elektrik Tüketim Miktarı (kWh)

171	OKUR SK. AKATKENT SİT.E BLOK NO:3 İNALI MH.	227	214	254	256	238	182	288	281	222	221	402	158
172	OKUR SK. AKAT KENT SİT.E BLOK D:4 İNALI MH.	210	105	207	197	217	171	248	149	130	181	377	134
173	OKUR SK. NO:2_-2/5 AKAT KENT E BLOK İNALI MH.	22	146	220	212	220	175	151	1	125	91	127	69
174	OKUR SK. AKATKENT E/BLOK İNALI MH.	473	347	464	309	121	30	50	58	46	48	343	312
175	OKUR SK. AKATKENT SİT.E BLOK D:6 İNALI MH.	171	174	220	234	238	161	235	228	172	173	281	120
176	OKUR SK. NO:2-2/7 AKAT KENT E BLOK İNALI MH.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
177	OKUR SK. AKATKENT SİT.E BLOK NO:8 İNALI MH.	131	101	141	152	168	117	177	159	136	145	206	85
178	OKUR SK. AKATKENT SİT.E BLOK NO:9 İNALI MH.	125	124	149	162	178	118	183	176	101	268	142	104
179	OKUR SK. AKATKENT SİT.E BLOK D:10 İNALI MH.	102	0	54	103	142	151	128	130	109	101	162	73
180	OKUR SK. AKATKENT SİT.E BLOK NO:11 İNALI MH.	96	101	146	121	152	114	183	219	141	183	161	132
181	OKUR SK. NO:2/12 AKAT KENT E BLOK İNALI MH.	176	150	191	175	119	189	137	315	165	151	264	119
182	OKUR SK. AKATKENT SİT.E BLOK D:13 İNALI MH.	94	103	0	0	99	43	123	119	76	73	159	68
183	OKUR SK. AKATKENT SİT.E BLOK NO:14 İNALI MH.	107	54	116	100	129	82	138	92	94	115	181	68

Tablo A.1 (Devam). 2018 Yılı Bingöl İnalı Mahallesi 12 Aylık Elektrik Tüketim Miktarı (kWh)

184	OKUR SK. AKATKENT SİT.E BLOK NO:15 İNALI MH.	97	109	124	97	131	61	151	178	143	123	130	70
185	OKUR SK. AKATKENT SİT.E BLOK NO:16 İNALI MH.	102	53	92	84	108	72	121	131	74	81	218	71
186	OKUR SK. AKATKENT SİT.E BLOK BODRM-17 İNALI MH.	119	115	147	162	147	79	156	181	110	109	189	73
187	OKUR SK. NO:2-2/18 AKAT KENT E BLOK İNALI MH.	0	98	122	164	0	0	0	0	0	0	0	0
188	OKUR SK. NO:2_-3/1 AKAT KENT F BLOK İNALI MH.	166	141	156	164	183	72	0	0	0	0	106	159
189	OKUR SK. NO:2 AKAT KENT SİT.F/BLK İNALI MH.	252	207	286	280	243	149	254	288	225	443	111	260
190	OKUR SK. AKATKENT SİT.F BLOK NO:2/3 İNALI MH.	604	89	192	233	166	49	118	132	141	280	0	0
191	OKUR SK. AKATKENT SİT. F BLOK NO:4 İNALI MH.	393	154	188	173	228	125	159	174	150	248	0	0
192	OKUR SK. AKATKENT SİT.D BLOK NO:2/5 İNALI MH.	133	113	209	168	159	110	141	192	101	136	163	206
193	OKUR SK. AKATKEN SİT.F BLOK İNALI MH.	141	231	320	234	86	34	46	164	57	47	177	393
194	MENDERES SK. AKAT KENT SİT.D BLOK İNALI MH.	118	148	161	144	143	91	129	131	113	118	144	117
195	OKUR SK. NO:2-3/7 AKAT KENT F BLOK İNALI MH.	155	178	189	194	223	143	247	268	185	176	202	173

Tablo A.1 (Devam). 2018 Yılı Bingöl İnalı Mahallesi 12 Aylık Elektrik Tüketim Miktarı (kWh)

196	OKUR SK. NO:8 AKAT KENT SİT.F/BLK İNALI MH.	0	140	240	111	217	161	211	185	133	133	205	250
197	OKUR SK. AKATKENT SİT.D BLOK NO:2/9 İNALI MH.	172	132	153	132	141	95	135	120	97	140	167	142
198	OKUR SK. NO:2-1/10 AKAT KENT D BLOK İNALI MH.	125	0	0	0	0	0	0	0	0	1611	128	127
199	OKUR SK. AKATKENT SİT D BLOK İNALI MH.	200	142	185	155	199	128	148	287	228	227	253	217
200	OKUR SK. AKATKENT SİT.D BLOK İNALI MH.	213	92	199	213	204	118	209	190	184	174	250	242
201	OKUR SK. AKATKENT SİT.D BLOK NO:2/13 İNALI MH.	294	285	411	334	344	247	366	399	324	286	370	287
202	OKUR SK. AKATKENT SİT.D BLOK NO:2/14 İNALI MH.	125	81	269	103	154	106	144	288	183	147	172	131
203	MENDERES SK. AKATKENT SİTESİ D BLOK NO:15 İNALI MH.	255	148	241	278	245	155	169	198	191	184	259	239
204	OKUR SK. AKATKENT SİTESİ D BLOK NO:2/16 İNALI MH.	181	179	201	222	200	142	203	236	163	163	179	193
205	OKUR SK. NO:2-1/17 AKAT KENT D BLOK BODRUM İNALI MH.	94	63	90	88	99	49	81	89	91	82	98	82
206	OKUR SK. AKATKENT SİT.F BLOK BODRUM/2 İNALI MH.	59	81	125	142	119	75	0	68	97	113	117	174
207	OKUR SK. NO:2,-1/1 AKAT KENT D BLOK İNALI MH.	239	220	270	248	248	186	265	330	211	216	281	250

Tablo A.1 (Devam). 2018 Yılı Bingöl İnalı Mahallesi 12 Aylık Elektrik Tüketim Miktarı (kWh)

208	OKUR SK. NO:2_-1/2 AKAT KENT D BLOK İNALI MH.	196	329	172	165	212	137	253	251	190	203	182	168
209	OKUR SK. NO:2_-1/2 AKAT KENT D BLOK AKAT KENT SİT.B1 BLOK NO:2/3 İNALI MH.	129	121	164	159	147	100	139	168	124	123	163	133
210	OKUR SK. AKATKENT SİT.B1 BLOK NO:24/4 İNALI MH.	108	70	87	87	86	60	96	107	80	80	84	123
211	OKUR SK. AKATKENT SİT.B1 BLOK NO:2/5 İNALI MH.	199	183	237	224	239	175	221	238	180	186	279	218
212	OKUR SK. AKATKENT SİT. İNALI MH.	406	353	466	346	138	28	103	154	94	64	232	393
213	OKUR SK. AKAT KENT SİT.B1 BLOK İNALI MH.	241	208	231	221	239	153	221	347	185	206	336	279
214	OKUR SK. NO:2 AKAT KENT İNALI MH.	202	173	261	233	218	193	257	135	191	216	288	217
215	OKUR SK. AKATKENT SİTESİ B1 BLOK 2/8 İNALI MH.	161	121	168	143	145	108	159	51	145	142	164	152
216	OKUR SK. AKATKENT SİT.B1 BLOK NO:2/9 İNALI MH.	0	238	202	191	250	120	101	0	0	0	0	0
217	OKUR SK. NO:10 AKAT KENT SİTESİ D/BLK İNALI MH.	190	171	237	210	208	138	259	250	245	174	257	200
218	OKUR SK. NO:2_-1/11 AKAT KENT D BLOK İNALI MH.	0	0	0	564	84	62	91	105	92	129	0	0
219	OKUR SK. AKAT KENT SİT.NO:2/1 İNALI MH.	203	265	344	300	289	205	327	331	196	221	271	204
220	OKUR SK. NO:2 AKAT KENT C BLOK İNALI MH.	147	379	212	226	218	168	216	250	172	178	219	216

Tablo A.1 (Devam). 2018 Yılı Bingöl İnalı Mahallesi 12 Aylık Elektrik Tüketim Miktarı (kWh)

221	OKUR SK. AKATKENT SİT.B1 BLOK NO:2/14 İNALI MH.	96	165	285	128	196	109	229	238	194	167	220	339
222	OKUR SK. AKAT KENT SİT.B1 BLOK NO:2/15 İNALI MH.	182	161	189	184	160	122	164	111	103	158	194	166
223	OKUR SK. NO:16 AKAT KENT SİTESİ D/BLK İNALI MH.	213	62	145	139	145	208	0	165	201	244	274	257
224	OKUR SK. NO:2-1/18 AKAT KENT D BLOK İNALI MH.	115	107	142	100	97	27	117	115	46	79	137	133
225	OKUR SK. AKATKENT SİT.D BLOK NO:18/BD RM İNALI MH.	98	94	112	82	86	69	83	57	30	41	0	54
226	OKUR SK. NO:1 AKAT KENT SİT.C/BLK İNALI MH.	450	363	375	389	404	204	368	436	225	301	385	381
227	OKUR SK. AKATKENT SİT.C BLOK NO:2 İNALI MH.	111	139	181	164	155	120	197	186	138	168	259	115
228	OKUR SK. NO:3 AKAT KENT SİT.C/BLK İNALI MH.	97	64	72	66	84	53	76	88	80	62	82	73
229	OKUR SK. NO:2/4 AKAT KENT C BLOK İNALI MH.	87	55	73	64	59	42	71	50	0	0	190	76
230	MENDERES SK. AKATKENT SİT.C BLOK KAZAN DA İNALI MH.	400	299	411	201	76	30	0	247	99	49	0	582
231	OKUR SK. NO:2/6 AKAT KENT C BLOK İNALI MH.	132	187	223	215	219	115	207	379	264	0	511	123
232	MENDERES SK. AKAT KENT SİT.C BLOK NO:7 İNALI MH.	229	280	262	270	268	135	267	287	207	220	265	208
233	OKUR SK. AKAT KENT SİT.A1 BLOK İNALI MH.	187	144	162	153	172	104	179	193	170	145	186	182

Tablo A.1 (Devam). 2018 Yılı Bingöl İnalı Mahallesi 12 Aylık Elektrik Tüketim Miktarı (kWh)

234	OKUR SK. NO:9 AKAT KENT SİT.C/BLK İNALI MH.	150	140	130	129	138	90	168	129	168	104	228	148
235	MENDERES SK. AKATKENT SİT.C BLOK NO:10 İNALI MH.	128	78	94	95	54	77	109	167	181	135	199	143
236	MENDERES SK. AKATKENT SİT.A1 NO:11 İNALI MH.	175	156	245	201	160	106	159	148	136	126	203	172
237	MENDERES SK. AKATKENT SİT.C BLOK NO:12 İNALI MH.	164	77	128	57	94	125	183	171	138	443	207	422
238	MENDERES SK. AKATKENT SİT.C BLOK İNALI MH.	192	141	214	207	190	139	231	228	125	154	208	194
239	MENDERES SK. AKATKENT.SİT.C BLOK İNALI MH.	143	95	110	185	211	87	148	138	126	171	56	157
240	MENDERES SK. AKAT KENT SİT.C BLOK NO:15 İNALI MH.	45	93	111	103	92	63	114	134	104	88	117	149
241	MENDERES SK. AKATKENT SİT.A1 BLOK NO:16 İNALI MH.	225	69	334	190	198	114	199	194	160	161	302	225
242	MENDERES SK. NO:1 AKAT KENT SİT.B/BLK İNALI MH.	122	66	151	155	136	84	53	0	72	90	136	130
243	MENDERES SK. AKATKENT SİT.B BLOK NO:2 İNALI MH.	140	113	152	140	142	85	0	335	144	118	178	143
244	MENDERES SK. AKAT KENT SİT.B BLOK İNALI MH.	164	135	179	167	162	70	125	178	153	149	334	166
245	MENDERES SK. AKATKENT SİT.B BLOK NO:4 İNALI MH.	0	141	164	209	139	93	156	196	272	0	0	523
246	MENDERES SK. AKATKENT SİT.B BLOK NO:5 İNALI MH.	62	171	290	120	0	241	33	85	82	79	124	88
247	MENDERES SK. AKATKENT SİT.B BLOK MÜŞTEREK İNALI MH.	280	269	349	245	84	27	59	56	40	74	223	309
248	MENDERES SK. AKAT KENT SİT.B BLOK İNALI MH.	187	168	191	199	173	165	237	257	144	187	276	198

Tablo A.1 (Devam). 2018 Yılı Bingöl İnalı Mahallesi 12 Aylık Elektrik Tüketim Miktarı (kWh)

249	OKUR SK. NO:2 AKAT KENT B BLOK İNALI MH.	128	102	170	151	154	114	163	197	137	155	180	130
250	MENDERES SK. AKATKENT SİTESİ B BLOK NO:8 İNALI MH.	130	105	120	106	135	67	0	0	33	29	133	105
251	MENDERES SK. NO:9 AKAT KENT SİT.B/BLK İNALI MH.	197	148	199	193	196	116	184	195	161	174	258	185
252	MENDERES SK. NO:29 AKAT KENT SİTESİ A BLOK İNALI MH.	181	150	176	188	189	132	122	46	126	161	244	195
253	MENDERES SK. AKATKENT SİT.B BLOK D:11 İNALI MH.	178	153	197	179	193	129	103	101	150	165	222	168
254	MENDERES SK. NO:12 AKAT KENT SİTESİ B/BLK İNALI MH.	88	184	177	161	213	156	167	185	94	110	195	97
255	MENDERES SK. AKATKENT SİTESİ B BLOK NO:13 İNALI MH.	160	146	166	164	202	142	210	224	178	160	175	169
256	MENDERES SK. AKATKENT SİTESİ B BLOK NO:14 İNALI MH.	128	119	170	162	132	69	150	153	84	105	168	144
257	MENDERES SK. AKATKENT SİT.B BLOK D:15 İNALI MH.	185	69	75	68	52	35	38	0	163	177	234	188
258	MENDERES SK. AKAT KENT SİT.B BLOK İNALI MH.	0	0	0	116	52	35	138	164	94	0	0	48
259	MENDERES SK. NO:29-1/17 AKAT KENT SİTESİ B BLOK İNALI MH.	226	0	0	0	0	0	0	1234	102	74	153	154
260	MENDERES SK. NO:29 - 1/18 AKAT KENT SİTESİ B BLOK İNALI MH.	73	121	139	116	174	132	154	166	240	0	226	229

Tablo A.1 (Devam). 2018 Yılı Bingöl İnalı Mahallesi 12 Aylık Elektrik Tüketim Miktarı (kWh)

261	MENDERES SK. AKATKENT SİT.A BLOK NO:1 İNALI MH.	116	94	140	116	111	76	123	133	180	27	134	130
262	MENDERES SK. NO:29/2 AKAT KENT SİTESİ A BLOK İNALI MH.	0	207	151	122	198	221	172	185	236	195	174	0
263	MENDERES SK. AKATKENT SİTESİ A BLOK NO:3 İNALI MH.	187	179	248	224	210	150	257	267	205	179	201	183
264	MENDERES SK. AKATKENT SİT.A BLOK İNALI MH.	117	108	144	113	122	81	116	138	124	110	148	122
265	MENDERES SK. AKATKENT SİTESİ A BLOK NO:5 İNALI MH.	308	276	271	265	233	139	284	662	363	221	298	302
266	MENDERES SK. AKATKENT SİT.A BLOK MÜŞTEREK İNALI MH.	288	306	349	251	91	45	170	124	80	49	159	275
267	MENDERES SK. AKAT KENT SİT.A BLOK İNALI MH.	168	87	140	116	149	104	136	63	104	123	198	161
268	MENDERES SK. NO:29/7 AKAT KENT SİTESİ A BLOK İNALI MH.	73	77	172	169	127	75	103	194	88	52	288	208
269	MENDERES SK. NO:29/8 AKAT KENT SİTESİ A BLOK AKATKENT SİT.A BLOK İNALI MH.	93	0	55	37	12	38	89	105	90	82	90	86
270	MENDERES SK. NO:29 AKAT KENNT SİTESİ A BLOK İNALI MH.	160	175	232	221	221	142	146	179	154	152	181	161
271	MENDERES SK. AKATKANET SİT A BLOK NO:10 İNALI MH.	110	99	120	133	0	217	61	133	173	0	157	101
272	MENDERES SK. NO:29/11 AKAT KENT SİTESİ A BLOK İNALI MH.	136	126	170	178	163	120	168	126	129	144	235	152
273	AYDINSU MAH.MENDERES SOK.AKATK KÜLTÜR MH. KÜLTÜR MH.	181	179	231	203	211	132	218	223	184	157	198	180
274	MENDERES SK. NO:29 AKAT KENNT SİTESİ A BLOK İNALI MH.	130	119	160	166	153	125	111	62	55	118	172	146
275	AKATKENT SİTESİ A BLOK NO:14 İNALI MH.	155	120	161	140	139	101	162	209	156	125	202	146

Tablo A.1 (Devam). 2018 Yılı Bingöl İnalı Mahallesi 12 Aylık Elektrik Tüketim Miktarı (kWh)

276	MENDERES SK. AKATKENT SİTESİ A BLOK NO:15 İNALI MH.	121	119	166	156	146	112	159	202	123	118	141	122
277	MENDERES SK. NO:29/16 AKAT KENNT SİTESİ A BLOK İNALI MH.	190	170	195	174	186	138	172	212	165	179	219	175
278	MENDERES SK. NO:29 AKAT KENNT SİTESİ A BLOK BODRUM-1 İNALI MH.	180	112	209	194	183	133	200	176	150	155	234	182
279	MENDERES SK. AKAT KENT SİT. A BLOK İNALI MH.	120	93	105	120	92	87	129	126	94	87	117	115
280	OKUR SK. 2 Lİ DIŞ AYDINLATMA İNALI MH.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
281	OKUR SK. AKATKENT 4LÜ DIŞ AYDINLATMA İNALI MH.	0	0	0	0	709	0	0	0	0	0	0	0
282	MENDERES SK. NO:40/1 KADİR AYDIN İNALI MH.	113	20	0	106	152	115	192	213	133	129	131	105
283	MENDERES SK. AYDIN KARDEŞLER APT.NO:40/2 İNALI MH.	189	0	93	175	172	122	213	235	161	123	201	171
284	MENDERES SK. AYDINKARDEŞLER APT.NO:40/3 İNALI MH.	125	144	188	54	140	82	143	142	48	40	163	129
285	MENDERES SK. AYDINKARDEŞLER APT. NO:40/4 İNALI MH.	206	177	231	196	171	115	206	252	146	139	213	184
286	MENDERES SK. AYDINKARDEŞLER APT.NO:40/5 İNALI MH.	240	238	264	238	253	167	100	111	165	226	338	230
287	MENDERES SK. AYDIN KARDEŞLER APT.NO:40/6 İNALI MH.	134	95	163	122	120	92	111	117	101	64	125	106
288	MENDERES SK. NO:40/7 KADİR AYDIN İNALI MH.	112	38	84	106	33	0	0	0	117	102	169	104
289	MENDERES SK. NO:40 KADİR AYDIN D.10 İNALI MH.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
290	MENDERES SK. KARDEŞLER APT.NO:40/8 İNALI MH.	306	238	284	300	259	183	185	184	215	246	292	250
291	MENDERES SK.NO:40 KÜLTÜR MH. KÜLTÜR MH.	156	125	117	141	35	37	166	163	90	60	189	162

Tablo A.1 (Devam). 2018 Yılı Bingöl İnalı Mahallesi 12 Aylık Elektrik Tüketim Miktarı (kWh)

309	İSTEMİHAN SK. NO:20/5 BULMUŞ APT. İNALI MH.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
310	İSTEMİHAN SK. NO:20 D:6 İNALI MH.	145	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	176
311	İSTEMİHAN SK. NO:20 D:7 İNALI MH.	519	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
312	İSTEMİHAN SK. NO:20 D:8 İNALI MH.	144	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	327
313	İSTEMİHAN SK. NO:20 /9 İNALI MH.	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	119
314	İSTEMİHAN SK. NO:20 ORTAK KUL. İNALI MH.	457	0	0	0	0	0	0	84	43	120	0	0
315	İSTEMİHAN SK. NO:18/2 KÜLTÜR MH. KÜLTÜR MH.	103	112	166	138	156	156	161	134	85	117	142	108
316	İSTEMİHAN SK. NO:18/2 KÜLTÜR MH. KÜLTÜR MH.	175	139	170	187	184	225	228	320	240	203	215	164
317	İSTEMİHAN SK. NO:16/1 KÜLTÜR MH. KÜLTÜR MH.	0	0	0	473	142	146	160	218	140	143	187	0
318	İSTEMİHAN SK. NO:16/2 KÜLTÜR MH. KÜLTÜR MH.	57	27	55	58	66	66	73	95	76	62	62	56
319	İSTEMİHAN SK. NO:8/1 A KADİR CAF APT. İNALI MH.	204	128	183	175	0	312	191	227	118	158	201	179
320	İSTEMİHAN SK. NO:8/3 A KADİR CAF APT. İNALI MH.	171	182	204	165	174	136	130	183	165	146	273	176
321	İSTEMİHAN SK. NO:8/4 İNALI MH.	268	178	211	174	201	150	206	242	182	120	269	205
322	İSTEMİHAN SK. NO:8/5 İNALI MH.	88	138	240	217	240	137	263	290	211	210	261	319
323	İSTEMİHAN SK. NO:8/6 İNALI MH.	214	230	281	231	237	171	297	513	307	122	309	210
324	İSTEMİHAN SK. NO:8/7 Y.C. APT. A KADİR CAF APT. İNALI MH.	245	137	218	198	181	108	79	32	359	0	441	244
325	İSTEMİHAN SK. NO:8/8 Y.C. APT. A KADİR CAF APT. İNALI MH.	158	84	122	119	126	79	117	130	165	0	168	174

Tablo A.1 (Devam). 2018 Yılı Bingöl İnalı Mahallesi 12 Aylık Elektrik Tüketim Miktarı (kWh)

341	AKÇAY SK. NO:11/14 İNALI MH.	85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	132
342	AKÇAY SK. NO:11 HUZUR APT. İNALI MH.	0	0	0	0	0	93	0	0	264	62	0	0
343	BEŞİK SK. NO:16/1 İNALI MH.	168	138	190	167	233	117	178	212	174	178	203	184
344	BEŞİK SK. NO:16/2 İNALI MH.	0	350	334	192	297	331	280	117	287	238	143	0
345	BEŞİK SK. NO:16 İNALI MH.	49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
346	BEŞİK SK. NO:12 İNALI MH.	40	110	131	119	177	104	171	212	167	210	48	159
347	BEŞİK SK. NO:10/1 İNALI MH.	56	50	76	56	85	50	78	96	71	68	80	62
348	BEŞİK SK. NO:10/2 İNALI MH.	0	26	0	37	0	0	79	0	148	0	33	0
349	DESEN SOK NO:7/4 İNALI MH.	720	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
350	KARBAYAZ SK. NO:13/7 AYMET İNŞ. A BLOK İNALI MH.	290	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
351	DESEN SOK NO:7/7 İNALI MH.	337	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
352	DESEN SOK NO:7/8 İNALI MH.	154	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	364
353	DESEN SOK.NO:7/9 İNALI MH.	137	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	357
354	DESEN SOK NO:7/1 İNALI MH.	98	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	281
355	DESEN SOK. NO:7/2 İNALI MH.	76	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	248
356	DESEN SOK. NO:7/3 İNALI MH.	416	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
357	DESEN SK. NO:7 KADER APT. İNALI MH.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
358	AKÇAY SK. NO:6/1 İNALI MH.	208	199	257	229	203	152	214	275	178	190	238	203

Tablo A.1 (Devam). 2018 Yılı Bingöl İnalı Mahallesi 12 Aylık Elektrik Tüketim Miktarı (kWh)

359	AKÇAY SK. NO:6/2 İNALI MH.	117	109	134	120	170	104	161	177	121	110	138	100
360	AKÇAY SK. NO:6/3 İNALI MH.	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0
361	AKÇAY SK. NO:5/2 İNALI MH.	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0
362	AKÇAY SK. NO:5/1 İNALI MH.	128	61	91	97	152	125	204	233	188	156	174	133
363	AKÇAY SK. NO:14 İNALI MH.	94	72	122	80	121	80	142	210	133	165	137	92
364	AKÇAY SK. NO:11/1 İNALI MH.	81	71	94	77	103	75	126	154	128	0	221	124
365	AKÇAY SK. NO:18 İNALI MH.	95	66	112	124	126	92	164	177	119	0	243	107
366	AKÇAY SK. NO:12 İNALI MH.	55	195	67	62	76	54	88	97	81	0	147	61
367	AKÇAY SK. NO:12/2 İNALI MH.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	918	167
368	AKÇAY SK. GOSİMA APT. NO:16/1 İNALI MH.	168	69	211	140	130	120	175	181	193	153	177	169
369	AKÇAY SK. NO:16/2 GOSİMAN APT. İNALI MH.	149	261	308	331	364	225	302	324	247	95	165	147
370	AKÇAY SK. NO:16/3 GOSİMAN APT. İNALI MH.	0	77	104	100	107	74	110	123	165	0	0	0
371	AKÇAY SK. GOSİMAN APT. NO:16/4 İNALI MH.	76	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0
372	AKÇAY SK. NO:16 GOSİMAN APT. NO:5 İNALI MH.	166	128	189	166	185	117	197	227	163	203	265	176
373	AKÇAY SK. NO:16 ZAFER BALON İNALI MH.	141	100	138	113	55	49	44	80	56	43	94	125
374	ŞELİN MEVKİİ BAĞ EVİ KÜLTÜR MH. KÜLTÜR MH.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
375	SAHRA SK. NO:3 İNALI MH.	780	0	0	142	0	105	657	0	0	0	0	195

Bingöl İli Yenişehir Mahallesi; Aksa Elektrik Bingöl İl Müdürlüğünden alınan verilerle Ocak ayı elektrik tüketim miktarı 60.698 kWh, Şubat ayı elektrik tüketim miktarı 61.575 kWh, Mart ayı elektrik tüketim miktarı 52.714 kWh, Nisan ayı elektrik tüketim miktarı 63.835 kWh, Mayıs ayı elektrik tüketim miktarı 60.468 kWh, Haziran ayı elektrik tüketim miktarı 55.240 kWh, Temmuz ayı elektrik tüketim miktarı 55.068 kWh, Ağustos ayı elektrik tüketim miktarı 68.631 kWh Eylül ayı elektrik tüketim miktarı 53.226 kWh, Ekim ayı elektrik tüketim miktarı 64.261 kWh, Kasım ayı elektrik tüketim miktarı 55.785 kWh, Aralık ayı elektrik tüketim miktarı 65.143 kWh'tir. Bingöl İli Yenişehir Mahallesi aylık ortalama elektrik tüketim miktarı 59.719 kWh'tir. Bingöl İli Yenişehir Mahallesi toplam mesken sayısı 390'dır. Bingöl İli Yenişehir Mahallesi yıllık elektrik tüketim miktarı 716.624 kWh'tir.

Bingöl İli İnönü Mahallesi; Aksa Elektrik Bingöl İl Müdürlüğünden alınan verilerle Ocak ayı elektrik tüketim miktarı 18.941 kWh, Şubat ayı elektrik tüketim miktarı 18.914 kWh, Mart ayı elektrik tüketim miktarı 17.254 kWh, Nisan ayı elektrik tüketim miktarı 18.552 kWh, Mayıs ayı elektrik tüketim miktarı 16.960 kWh, Haziran ayı elektrik tüketim miktarı 13.139 kWh, Temmuz ayı elektrik tüketim miktarı 14.247 kWh, Ağustos ayı elektrik tüketim miktarı 19.057 kWh, Eylül ayı elektrik tüketim miktarı 14.271 kWh, Ekim ayı elektrik tüketim miktarı 17.139 kWh, Kasım ayı elektrik tüketim miktarı 16.257 kWh, Aralık ayı elektrik tüketim miktarı 18.854 kWh'tir.. Bingöl İli İnönü Mahallesi yıllık elektrik tüketim miktarı 203.434 kWh'tir

Bingöl İli Mustafa Gündoğdu Mahallesi; Aksa Elektrik Bingöl İl Müdürlüğünden alınan verilerle Ocak ayı elektrik tüketim miktarı 4.095 kWh, Şubat ayı elektrik tüketim miktarı 7.097 kWh, Mart ayı elektrik tüketim miktarı 7.617 kWh, Nisan ayı elektrik tüketim miktarı 7.938 kWh, Mayıs ayı elektrik tüketim miktarı 7.122 kWh, Haziran ayı elektrik tüketim miktarı 6.709 kWh, Temmuz ayı elektrik tüketim miktarı 6.803 kWh, Ağustos ayı elektrik tüketim miktarı 9.258 kWh Eylül ayı elektrik tüketim miktarı 3.439 kWh, Ekim ayı elektrik tüketim miktarı 3.812 kWh, Kasım ayı elektrik tüketim miktarı 3.095 kWh, Aralık ayı elektrik tüketim miktarı 1.809 kWh'tir. Bingöl İli Mustafa Gündoğdu Mahallesi aylık ortalama elektrik tüketim miktarı 5.733 kWh'tir. Bingöl İli Mustafa Gündoğdu Mahallesi toplam mesken sayısı 177'dir. Bingöl İli Mustafa Gündoğdu Mahallesi yıllık elektrik tüketim miktarı 68.794 kWh'tir.

Bingöl İli İçmeler Mahallesi; Aksa Elektrik Bingöl İl Müdürlüğünden alınan verilerle Ocak ayı elektrik tüketim miktarı 63.723 kWh, Şubat ayı elektrik tüketim miktarı 75.339 kWh, Mart ayı elektrik tüketim miktarı 62.411 kWh, Nisan ayı elektrik tüketim miktarı 71.295 kWh, Mayıs ayı elektrik tüketim miktarı 72.831 kWh, Haziran ayı elektrik tüketim miktarı 77.899 kWh, Temmuz ayı elektrik tüketim miktarı 75.248 kWh, Ağustos ayı elektrik tüketim miktarı 84.424 kWh Eylül ayı elektrik tüketim miktarı 76.756 kWh, Ekim ayı elektrik tüketim miktarı 63.793 kWh, Kasım ayı elektrik tüketim miktarı 68.159 kWh, Aralık ayı elektrik tüketim miktarı 63.175 kWh'tir. Bingöl İli İçmeler Mahallesi aylık ortalama elektrik tüketim miktarı 71.254 kWh'tir. Bingöl İli İçmeler Mahallesi toplam mesken sayısı 443'tür. Bingöl İli İçmeler Mahallesi yıllık elektrik tüketim miktarı 855.053 kWh'tir.

ÖZGEÇMİŞ

1989 yılında Batman da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Konya da tamamladı. 2008 yılında Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünü kazandı. 2012 yılında Dumlupınar Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. 2013 yılında Bingöl Üniversitesi Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığında Makine Mühendisi olarak çalışmaya başladı. 2014 yılında Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Bölümü Enerji Anabilim Dalında Yüksek Lisans eğitimine başladı. Evli ve bir çocuk babasıdır.