



BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

GÜNEŞ KOLLEKTÖRLERİNİN ISIL DEĞİŞİMİNİN
VERİMLİLİK ÜZERİNE ETKİLERİ

Şahabettin HASAR
Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı
Yrd. Doç. Dr.Nazım İMAL

BİLECİK, 2016
Ref. No: 10102223



BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

GÜNEŞ KOLLEKTÖRLERİNİN ISIL DEĞİŞİMİNİN
VERİMLİLİK ÜZERİNE ETKİLERİ

Şahabettin HASAR
Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı
Yrd. Doç. Dr. Nazım İMAL

BİLECİK, 2016



BİLECİK SEYH EDEBALI UNIVERSITY
Graduate School of Science
Department of Electrical and Electronics

**THE EFFECTS OF HEAT ON THE SOLAR ENERGY
COLLECTORS AND THEIR PRODUCTIVITY**

Şahabettin HASAR
Thesis of Master Degree

Thesis Advisor
Assist. Prof. Nazım İMAL

BİLECİK, 2016



BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS
JÜRİ ONAY FORMU

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 08/01/2016 tarih ve 664 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 22/01/2016 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Şahabettin HASAR'ın "Güneş Kollektörlerinin Isıl Değişiminin Verimlilik Üzerine Etkileri" başlıklı tez çalışması Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak oy birliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE (TEZ DANIŞMANI) :Yrd. Doç. Dr. Nazım İMAL

ÜYE :Doç. Dr. Cihan KARAKUZU

ÜYE :Yrd. Doç. Dr. Gürhan ERTAŞGIN

ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI BAŞKANI:

Prof. Dr. Mehmet KURBAN

ONAY

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
.../.../..... tarih ve/..... sayılı kararı.

İMZA / MÜHÜR

TEŐEKKÖR

Çalıőmalarım süresince emek vererek katkıda bulunan ve desteğini esirgemeyen tez danıőmanım Yrd. Doç. Dr. Nazım İMAL'a sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Ayrıca çalıőmalarım süresince her türlü desteği ve anlayıőı gösteren, ihmal ettiğim eőime ve kızım Büőra'ya teşekkür ederim.

şahabettin HASAR

őubat, 2016

ÖZET

Fotovoltaik paneller (güneş pilleri), güneş ışığından aldıkları reel foton enerjisini, yarı iletken yapısal özellikleri ile elektrik enerjisine dönüştürürler. Fotovoltaik paneller maruz kaldıkları güneş ışığının şiddetine ve enerji etkinliğine bağlı olan fonksiyonel bir değişimde emk üretirler. Üretilen bu emk'nın ve dolayısıyla panelin elektriksel güç sağlama büyüklüğünün tespiti, ışık ve sıcaklık kavramlarının kullanıldığı fiziksel parametrelerle birlikte ele alınmaktadır. Bu çalışmada, monokristal ve polikristal yapıdaki fotovoltaik paneller kullanılarak, farklı sıcaklık ve farklı güneş ışığı şiddetlerinde, elektriksel enerji dönüşümleri incelenmiştir. Uygulamaların gerçekleştirilmesi ile fotovoltaik panellerdeki ısıl değişimin enerji üretimi üzerine etkileri ele alınmıştır. Gerçekleştirilen araştırma uygulamaları ve incelemelerden elde edilen çıkarımlar ile fotovoltaik panellerdeki ısıl değişimin enerji üretimi üzerine etkileri için fonksiyonel değişim esasları elde edilmiş ve yorumlanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Fotovoltaik panel; Güneş enerjisi; Güç

ABSTRACT

Photovoltaic panels (solar cells), they receive real photon energy from sunlight, convert to electrical energy by the semiconductor structural features. Photovoltaic panels produce an emk, in a change of functional depending on exposed to severity of sunlight. Produced emk or rather determine of providing electrical power, it should be dealt with the physical parameters that used in the concepts of light and temperature. In this study, usage of photovoltaic panels of monocrystalline and polycrystalline structured, for different atmospheric temperature and different sunlight intensity, electrical energy conversions are studied. With the realization of the applications, thermal change of photovoltaic panels effect upon the energy production is discussed. With the conclusions obtained from the research applications and analyses, for heat exchange in photovoltaic panels to effects upon energy production, they were obtained principles of functional changes and they were interpreted.

Keywords: Photovoltaic panel; Solar energy; Power

İÇİNDEKİLER

JÜRİ ONAY SAYFASI

TEŞEKKÜR

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ÇİZELGELER DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
1. GİRİŞ	1
1.1 Literatür Çalışması.....	2
1.2 Çalışmanın Kapsamı	3
1.3 Çalışmanın Yöntemi	3
2. GÜNEŞ ENERJİSİ VE ELEKTRİK.....	4
2.1 Güneş Enerjisi.....	4
2.2 Güneş Enerjisinin Isıtma Amaçlı Kullanımı	5
2.2.1 Güneş ışığı	5
2.2.2 Işık ve enerji	6
2.3 Güneş Işığından Enerji Üretimi	8
2.3.1 Işık enerjisinin ısı enerjisi amaçlı kullanımı.....	9
2.3.2 Güneş bacaları	9
2.3.3 Güneş pilleri	10
3. FOTOVOLTAİK PANELLER.....	12
3.1 Fotovoltaik Panel Türleri	12
3.1.1 Mono-kristal silisyum fotovoltaik paneller	13
3.1.2 Poli-kristal silisyum fotovoltaik paneller	13
3.1.3 Amorf - silikon hücre yapılı fotovoltaik paneller.....	14
3.1.4 Galyum arsenit fotovoltaik paneller	14
3.1.5 İnce film fotovoltaik paneller	15
3.1.6 Kadmiyum tellür fotovoltaik paneller	15
3.2 Dünyada fotovoltaik panel üretimi ve kullanımı	16
3.3 Türkiye’de Fotovoltaik Panel Üretimi ve Kullanımı.....	17
3.4 Fotovoltaik Panellerde Enerji Üretim İlkeleri	17

3.4.1	Foton.....	18
3.4.2	Işık şiddeti	19
3.4.3	Işık akısı	19
3.4.4	Fotosentetik foton akısı: PPF (Photosynthetic photon flux).....	19
3.4.5	Fotosentetik foton akı yoğunluğu: PPFD (Photosynthetic photon flux density)	19
3.4.6	Fotosentetik aktif radyasyon: PAR (Photosynthetically active radiation)	19
4.	UYGULAMALAR VE ANALİZLER	21
4.1	Monokristal Panelde Elektrik Enerji Üretimi Analizleri	26
4.2	Polikristal Panelde Elektrik Enerji Üretimi Analizleri	31
5.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	37
	KAYNAKLAR.....	39
	Ek-1: 22.03.2015 ile 05.04.2015 tarihleri arasında alınan ölçüm verileri.....	42

ÖZGEÇMİŞ

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Farklı ışınım türlerine ait dalga boyu, frekans ve foton enerjisi dağılımları. 7	7
Çizelge 3.1. Işık kaynaklarının aydınlık seviyesine göre PPF miktarları.....20	20
Çizelge4.1. Monokristal fotovoltaik panel karakteristikleri.23	23
Çizelge4.2. Polikristal fotovoltaik panel karakteristikleri.24	24

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Uygulamada kullanılan monokristal ve polikristal fotovoltaik paneller.....	1
Şekil 2.1. Dünyamızca güneş enerjisinin emilimi.	4
Şekil 2.2. Işığın elektromanyetik tayf dağılımları.	6
Şekil 2.3. Işınım dalga boylarına göre foton enerjisi dağılımları.	7
Şekil 2.4. Solar kurutma kabini.	8
Şekil 2.5. Direkt su ısıtma amaçlı kolektör ve eşanjör sistemi.	9
Şekil 2.6. Güneş Bacası Çalışma Prensibi	10
Şekil 2.7. Zenit açısı hesaplama yöntemi.	10
Şekil 3.2. Mono-kristal silisyum fotovoltaik panel.....	13
Şekil 3.3. Amorf - silikon hücre yapılı fotovoltaik panel.	14
Şekil 3.4. Galyum arsenit fotovoltaik panel.....	15
Şekil 3.4. İnce film fotovoltaik panel.....	15
Şekil 3.5. Kadmiyum tellür fotovoltaik panel.....	16
Şekil 3.6. Dalga boyuna bağlı PAR enerji değişimi.....	20
Şekil 4.1. Uygulamada kullanılan ekipmanlar.	24
Şekil 4.2. Uygulamada kullanılan ekipmanların bağlantıları ve veri ölçüm cihazları...	25
Şekil 4.3. Mono kristal panel için: $I_{cd} \cong 30.000$ Cd iken $P=f(T_P)$ grafiği.	26
Şekil 4.4. Mono kristal panel için: $I_{cd} \cong 60.000$ Cd iken $P=f(T_P)$ grafiği.	27
Şekil 4.5. Mono kristal panel için: $I_{cd} \cong 90.000$ Cd iken $P=f(T_P)$ grafiği.	27
Şekil 4.6. Monokristal panel için: $I_{cd} \cong 130.000$ Cd iken $P=f(T_P)$ grafiği.	28

Şekil 4.7. Mono kristal panel için: $T_P \cong 15 \text{ }^\circ\text{C}$ iken $P=f(I_{CD})$ grafiği.....	29
Şekil 4.8. Monokristal panel için: $T_P \cong 30 \text{ }^\circ\text{C}$ iken $P=f(I_{CD})$ grafiği.....	29
Şekil 4.9. Monokristal panel için: $T_P \cong 45 \text{ }^\circ\text{C}$ iken $P=f(I_{CD})$ grafiği.....	30
Şekil 4.10. Monokristal panel için: $T_P \cong 60 \text{ }^\circ\text{C}$ iken $P=f(I_{CD})$ grafiği.....	30
Şekil 4.11. Polikristal panel için: $I_{cd} \cong 30.000 \text{ Cd}$ iken $P=f(T_P)$ grafiği.....	31
Şekil 4.12. Polikristal panel için: $I_{cd} \cong 60.000 \text{ Cd}$ iken $P=f(T_P)$ grafiği.	32
Şekil 4.13. Poli kristal panel için: $I_{cd} \cong 90.000 \text{ Cd}$ iken $P=f(T_P)$ grafiği.	32
Şekil 4.14. Polikristal panel için: $I_{cd} \cong 130.000 \text{ Cd}$ iken $P=f(T_P)$ grafiği.	33
Şekil 4.15. Polikristal panel için: $T_P \cong 15 \text{ }^\circ\text{C}$ iken $P=f(ICD)$ grafiği.....	34
Şekil 4.16. Polikristal panel için: $T_P \cong 30 \text{ }^\circ\text{C}$ iken $P=f(I_{CD})$ grafiği.....	34
Şekil 4.17. Polikristal panel için: $T_P \cong 45 \text{ }^\circ\text{C}$ iken $P=f(I_{CD})$ grafiği.....	35
Şekil 4.18. Polikristal panel için: $T_P \cong 55 \text{ }^\circ\text{C}$ iken $P=f(ICD)$ grafiği.....	35

SİMGELER VE KISALTMALAR**Simgeler**

FE	: Foton enerjisi (eV)
λ	:Foton dalga boyu (m)
eV	: Elektron volt
I	: Akım (Amper)
GW	: Gigawatt
\dot{P}	: Işık hızında ilerleyen bir fotonun momentumu
m	: Kütle
c	: Işık hızı
E	: Enerji
h	: Planck Sabiti ($6,63 \times 10^{-34}$ Js)
cd	: Işık şiddeti birimi
ϕ	: Işık akısı
I_{CD}	: Işık Şiddeti
TP	: Panel Sıcaklığı

1. GİRİŞ

Fotovoltaik paneller çalışma yapıları olarak ışık ile etkileşime geçmektedirler. Güneş çekirdeğinde meydana gelen füzyon olayı sonucu çevresine ışık enerjisi yaymaktadır. Dünyamız, güneş sisteminin bir parçası olduğundan dolayı bu ışık etkileşimine sürekli maruz kalmaktadır. Bu sebepten enerji üretim kaynakları içerisinde güneş enerjisi, oluşumu için herhangi bir ekonomik kaynak gerektirmemektedir. Dolayısıyla fotovoltaik panellerden elektrik elde etme yöntemi yoğun olarak tercih görmektedir (Turhan, 2011).

Bu çalışmada, monokristal ve polikristal fotovoltaik paneller, daha önce yapılmış çalışmalarda değerlendirilerek, belli yön ve açıda konumlandırılarak uygulama yapılmıştır.



Şekil 1.1. Uygulamada kullanılan monokristal ve polikristal fotovoltaik paneller.

Uygulamada kullanılan paneller ile;

- Sabit sıcaklık şartı için, ışık parametrelerindeki değişimin enerji dönüşümüne etkileri,
- Sabit ışık şiddeti şartı için, sıcaklık parametresindeki değişimin enerji dönüşümüne etkileri,

incelenmiştir.

Yapılan çalışmada, fotovoltaik panellerde elektriksel enerji oluşumuna, ışık şiddetinin, güneşi direkt görmenin, foton absorvasyonuna açık olmanın ne derece etkili olduğu ve monokristal ve polikristal panellerin hangisinin daha fazla elektriksel enerji üretim kapasitesine sahip olduğu ve verimliliği etkileyen parametreler üzerinde incelemeler yapılmıştır. Şekil.1.1’de yapılan çalışmada kullanılan fotovoltaik paneller görülmektedir.

1.1 Literatür Çalışması

Güneş enerjisi ve fotovoltaik sistemler, günümüzün popüler konusu olmanın da etkisiyle, alanında birçok akademik ve bilimsel çalışmaya da esas olmuştur. Burada, bu konuda yapılan birçok çalışmadan farklı olarak, fotovoltaik sistemlere sıcaklık değişimlerinin etkileri ele alındığından, aşağıda bu amaca yakın kabul edilebilecek diğer çalışmalardan bahsedilmiştir.

A.Sahri ve S. Toumi (2013),“Temperature effects on the power production based Photovoltaic cells” isimli çalışmalarında, sıcaklığın artmasına bağlı olarak yarı iletken devrelerde verimliliğin azalmasından bahsetmişlerdir.

A. Gunawan ve arkadaşları (2014), “The Effect of Building Integration on the Temperature and Performance of Photovoltaic Modules” isimli çalışmalarında, fotovoltaik panellerin termodinamik koşullara bağlı olarak montajları ve verimliliklerinden bahsetmişlerdir.

B. Pleszve A. Vass-Várna (2014), “Characterization of Solar Cells by Thermal Transient Testing” isimli çalışmalarında, fotovoltaik panellerin, güneş ışığına bağlı olarak ani termal değişimlere maruz kalması durumunda enerji etkinliklerinden bahsetmişlerdir.

K. Turhan (2011), yaptığı gerçek saha performans ölçüm platformu çalışmasında sıcaklığın ve ışınım güç yoğunluğunun fotovoltaik panel gücü ve verimi üzerindeki etkilerini incelemiştir. Ayrıca farklı hava sıcaklıklarında, panel sıcaklığının ışınım güç yoğunluğu ile ilişkisini veren bir katsayı belirlemiştir. Fotovoltaik panellerin etiket değerleriyle gerçek sahadaki performans değerleri arasındaki önemli farklılıklar gözlemlemiştir. Bu farklılıkların ekonomik ve teknik açıdan zararlara neden olabileceğini belirtmiştir.

E. Öztürk (2014), yaptığı deneysel çalışmada ortam sıcaklığını sabitlemek için kullanılan sistem ile dört farklı ortam sıcaklığında panel arkası sıcaklık ve ışınım şiddetini de göz önüne alarak veriler toplamıştır. Yaptığı hesaplamalar sonucunda panel arkası sıcaklığın en düşük olduğu 14,9°C değerinde %12 olan panel verimi, sıcaklığın 51,3°C değerine çıkmasıyla %10,7 verim değerine düşmüştür. Panellerin çalışma

şartlarında güneşten gelen ışınımın büyük bir kısmını ısı enerjisi olarak açığa çıkardığını gözlemlemiştir.

1.2 Çalışmanın Kapsamı

Gerçekleştirilen çalışma, fotovoltaik panellerin farklı atmosferik ve çevre sıcaklıklarında maruz kaldıkları ışınım şiddetlerini esas alarak üretmiş oldukları elektrik enerji miktarının analizine yöneliktir. Yaklaşık 4 ay boyunca gerçekleştirilen uygulamalar ile elde edilen geniş kapsamlı veri kümeleri, mühendislik hesaplamaları kapsamında ele alınmıştır. Böylece, fotovoltaik panellerde sıcaklığın sabit tutulduğu ve değişken olduğu şartlar için, elektrik enerjisi üretimindeki farklı değişim fonksiyonları elde edilmiştir.

1.3 Çalışmanın Yöntemi

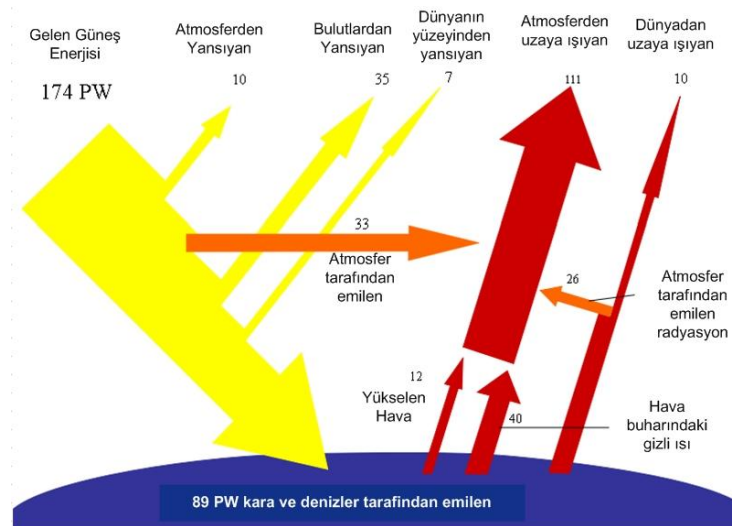
Gerçekleştirilen çalışmada, kullanılan veriler deneysel uygulamalar ile elde edilmiş sonuçlardır. Bu amaçla, öncelikle fotovoltaik panellerin konumlandırılacağı yer belirlenmiştir. Güneş ışığından elde edilecek enerjinin en yüksek seviyede ve doğru olarak alınabilmesi için fotovoltaik paneller üzerine gölge düşmeyecek şekilde yerleştirilmiştir. Panellerin güneşe göre yönü ve açısı hesaplanarak platform üzerine sabitlenmiştir.

Monokristal ve polikristal fotovoltaik panellerin etiket değerleri dikkate alınarak üretebilecekleri en yüksek gücü tüketebilecek rezistif yükler kullanılmıştır. Yüklerin üzerine düşen gerilim değerleri ve çekilen akımlar dijital multimetre ile ölçülmüştür. Panellerin arka sıcaklıkları ve ortam sıcaklığı dijital termometreler ile ölçülmüştür. Fotovoltaik paneller ile aynı düzlemde konumlandırılmış lüksmetre ile ışık şiddeti ölçülmüştür.

Ölçülen tüm parametrelere ait veri değerleri 10 dakikalık periyotlar ile okunup kaydedilmiştir. Kaydedilen değerler kullanılarak elde edilen grafik ve eşitlikler yorumlanmış ve sıcaklık değişimine karşılık fotovoltaik panellerde meydana gelen akım gerilim değişimleri yorumlanmıştır.

2. GÜNEŞ ENERJİSİ VE ELEKTRİK

Uzayda enerji yayan birçok yıldız ve galaksi sistemleri mevcuttur. Galaksimizin bir parçası olan gezegenimiz dünyanın da içinde bulunduğu güneş sisteminin temel enerji kaynağı olan güneş de gerçekte bir yıldız olup, geçmişten günümüze enerji yaydığı bilinmektedir.



Şekil 2.1. Dünyamızca güneş enerjisinin emilimi (www.limitsizenerji.com, 2015).

2.1 Güneş Enerjisi

Güneş sisteminin ve dünyanın temel enerji kaynağı güneştir. Güneş enerjisi yerküredeki canlılığın var olmasındaki dayanaklarından biri olması ile birlikte yeryüzünde ve atmosferde meydana gelen fiziksel olayların da başlangıç noktasıdır. Dünyanın güneşi gören tarafındaki ısının artması ve karanlık yüzünde ısının düşmesi sonucu ısıl değişimler oluşur. Bu değişimlerin sonucu olarak meydana gelen basınç farklılıkları sonucu ortaya çıkan rüzgar, güneş enerjisinin bir yansımasıdır. Aynı zamanda suyun ısınarak buharlaşması ile büyük miktarda su buharının gökyüzüne yükselmesi, buradaki atmosferik olaylar sonucu yağmur, kar ve dolu şeklinde tekrar yeryüzüne dökülmesi olarak ortaya çıkar.

Meydana gelen bu sirkülasyon sonucunda oluşan akarsular ve yer altı sularındaki enerji, güneş enerjisinin değişim geçirmiş halidir. Okyanus ve denizlerde meydana gelen dalgalar, büyük oranda güneş enerjisinin tezahürüdür. Fosil yakıtların bile, güneş

enerjisine bağlı biokütlenin kimyasal değişime uğramış formu olduğu düşünöldüğünde, güneşin ne kadar vazgeçilmez enerji kaynağı olduğu ortaya çıkmaktadır.

Şekil 2.1.'de güneşten dünyaya gelen güneş enerjisinin absorvasyonu görölmektedir. Buna göre güneşten gelen enerjinin %51'i kara ve denizler tarafından emilir. Dünya üzerindeki doğrudan ve dolaylı kullanım sonunda tekrar uzaya yansır.

2.2 Güneş Enerjisinin Isıtma Amaçlı Kullanımı

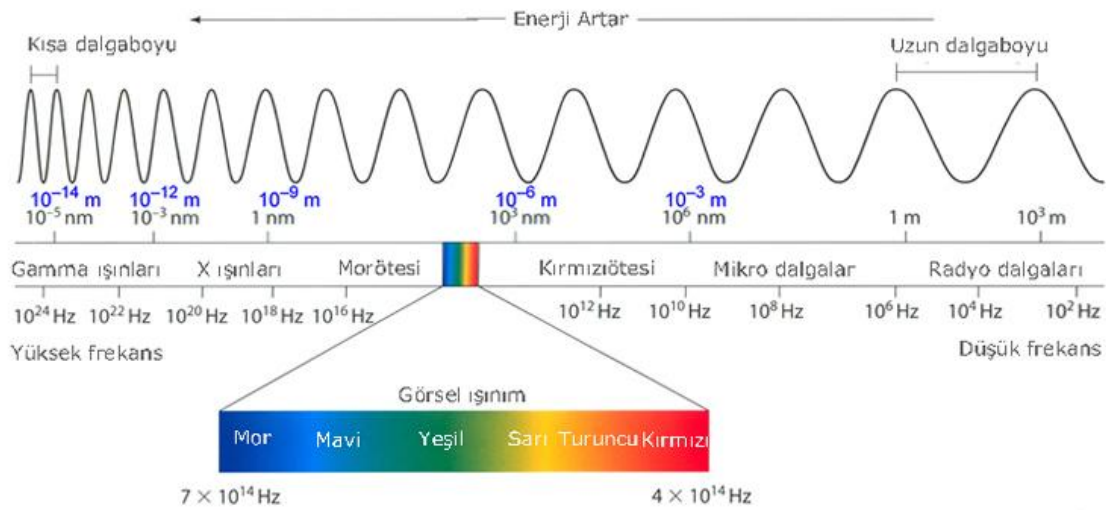
Güneş enerjisinden yararlanma yollarından biri de, ısıtma amaçlı sistemlerin kullanımınıdır. Bu sistemlerde güneşin ısı etkisinden faydalanılır. Binaların ve canlıların güneşe direkt ya da endirekt maruz kalması durumunda ısı enerjisini absorbe etmesi bilinen bir gerçektir. Düz ya da vakum borulu güneş kolektörlerinin genellikle siyah renkli ısı soğurucu yüzeyleri sayesinde güneş ısı sıvı ya da gaz akışkanlara aktarılmaktadır. Böylece su ısıtma, bina ısıtma, sebze meyve kurutma gibi farklı alanlarda kullanılarak diğer enerji türlerine göre çok daha ekonomik ve çevreci çözümler ortaya çıkabilmektedir. Ayrıca;

- Direk ısıtma ya da elektrik üretmek amacıyla tasarlanmış su ısıtma havuzları,
- Deniz sularından içme suyu elde etmek için kullanılan su damıtma sistemleri,
- Konutların pasif olarak ısıtılması için yapılan mimari tasarımların geliştirilmesi,
- Meyve sebze üretimi için kullanılan seraların ısıtılması,
- Yemek pişirmek, sıcak su hazırlamak amacıyla geliştirilmiş güneş ocakları,

güneş enerjisinin ısıtma amaçlı kullanım alanları olarak gösterilebilir (Muhtaroęlu, 2012).

2.2.1 Güneş Işığı

Işık, 17. yy'da Newton'un belirttiği gibi, 7 ana rengi oluşturan ışık ışınlarının birleşimi olup, bu birleşimin en ideal uygulamaları güneş ışığında göröür. Fiziksel olarak ele alındığında elektromanyetik dalgalarla güneşten gelen enerji yayılımı güneş ışınımı olarak adlandırılır. Bütün ışınım türlerinin gözle algılanamadığı gibi, güneşten gelen enerji yayılımının da, renkleri oluşturan küçük bir dalga boyu aralığı gözle göröülebilir.



Şekil 2.2. Işığın elektromanyetik tayf dağılımları (www.innova-teknoloji.com, 2012).

Güneş, meydana gelen füzyon olayı sonucu çevresine enerji yayan bir yıldız olup, dünyamız güneş sistemindeki diğer gezegenler gibi, bu enerji yayılımından üzerine düşeni almaktadır. Güneşin yaymış olduğu bu enerji Şekil 2.2.'de görüldüğü gibi, fiziksel esaslı elektromanyetik dalgalar;

- Gama ışık yayılımı
- X ışık yayılımı
- Morötesi ışık yayılımı
- Görünür ışık yayılımı
- Kızılötesi ışık yayılımı
- Radyo dalga yayılımı

gibi farklı dalga boylarındaki ışınım tayfları olarak tanımlanır. Bu şekilden de anlaşılacağı üzere, ışık türleri içerisinde gözle görünen küçük bir kısım ve büyük oranda gözle görünemeyen diğer ışık türleri, aslında elektromanyetik esaslı bir enerji yayılımıdır.

2.2.2 Işık ve enerji

Işık türlerinin sahip oldukları enerji boyutu ise, sahip oldukları foton sayısı ve foton yapısının sahip olduğu enerji seviyesi ile ilişkilidir. Bu amaçla, farklı ışınım türlerine ait dalga boyu, frekans ve foton enerjisi dağılımları Çizelge 2.1.'de verilmiştir.

Buradan da anlaşılacağı üzere, tüm ışınım türleri az ya da çok foton enerjisine sahiptir (Sahri ve Toumi, 2013).

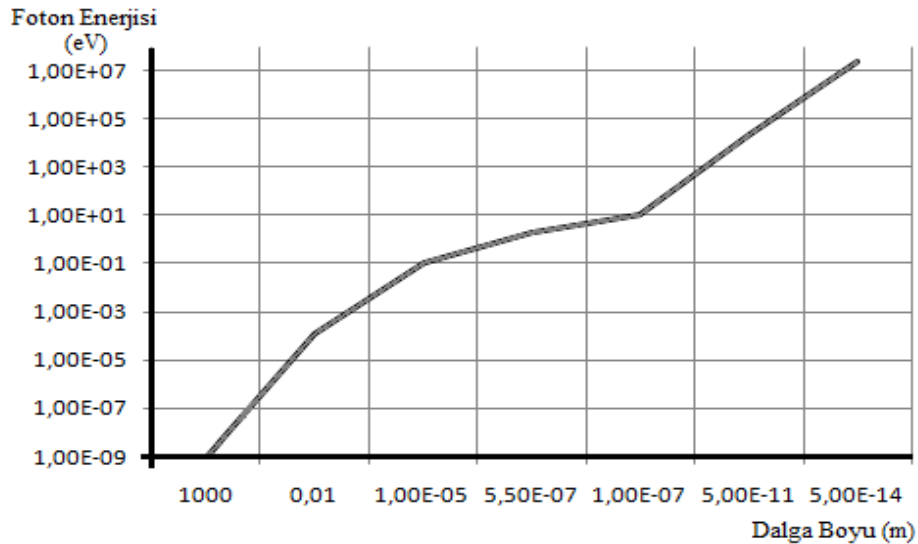
Çizelge 2.1.Farklı ışınım türlerine ait dalga boyu, frekans ve foton enerjisi dağılımları.

Işınım Türü	Dalga Boyu	Frekans (Hz)	Foton Enerjisi
Radyo Dalgası	1km	3×10^5	1 neV
Mikrodalga	1 cm	3×10^{10}	120 μ eV
Kızılötesi	10 μ m	3×10^{13}	120 meV
Görünür	550 nm	5×10^{14}	2 eV
Ultraviyole	100 nm	3×10^{15}	12 eV
X-ışını	0,05 nm	6×10^{18}	25 keV
Gama ışını	5×10^{-5} nm	6×10^{21}	25 MeV

Çizelge2.1.'de farklı ışınım türleri için, dalga boylarına göre foton enerjisi dağılımları kullanılarak, Şekil 2.3.'de dalga boyuna bağlı grafiksel değişim gösterilmiştir. Bu değişimde, ışınım türünün sahip olduğu foton enerjisi, dalga boyuna bağlı olarak,

$$FE = 2 \times 10^{-10} \times e^{5,58\lambda} \text{ (eV)} \quad (2.1)$$

eşitliği ile ifade edilebilir.



Şekil 2.3. Işınım dalga boylarına göre foton enerjisi dağılımları (www.pveducation.org, 2015).

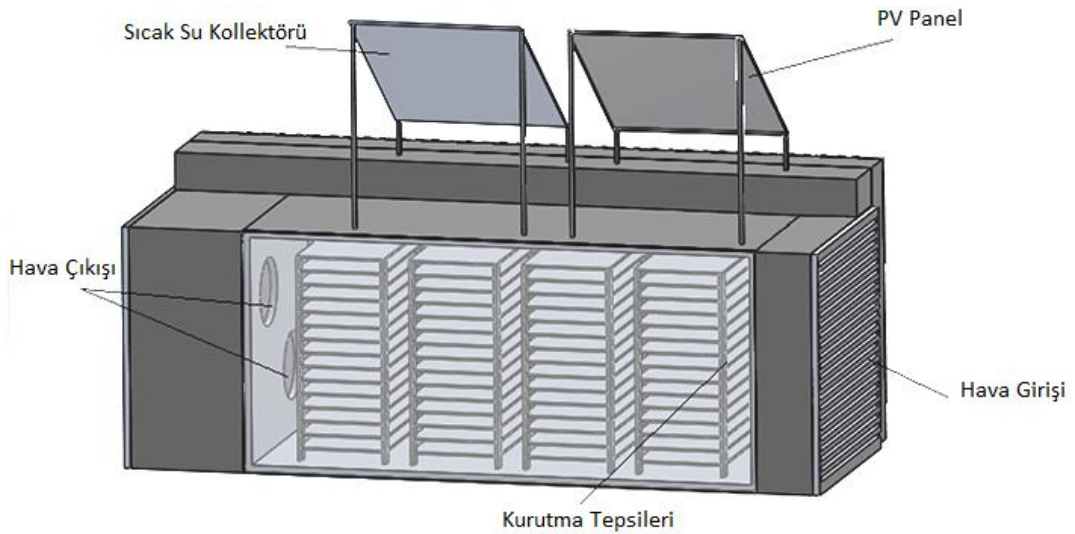
2.3 Güneş Işığında Enerji Üretimi

NASA verilerine göre güneşten gelen enerjinin yaklaşık %30'u yansımaya ile uzaya geri döner. %20'si atmosfer ve bulutlarda tutulur. % 50'si ise yeryüzünde soğurur. Güneş ışığı, sahip olduğu enerjiyi nüfuz ettiği cisimlere iletme özelliğine sahiptir. Dünyamız, atmosferimiz, çevremizdeki yapılar, yeryüzü şekilleri ve dünyanın $\frac{3}{4}$ 'ünü oluşturan sular, güneş ışığına maruz kaldığında güneş ışığından enerji absorbe ederler. Meteorolojik verilerde elde edilen çevre ve su sıcaklıkları bu enerji absorpsiyonuna bağlı olarak değişir.

Doğal absorpsiyonun dışında, fotovoltaik elektrik üretiminin yanı sıra, insanlar tarafından güneş ışığından enerji üretimi amaçlı kullanılan birçok farklı yapay dönüşüm yöntemi mevcuttur. Bu yöntemler:

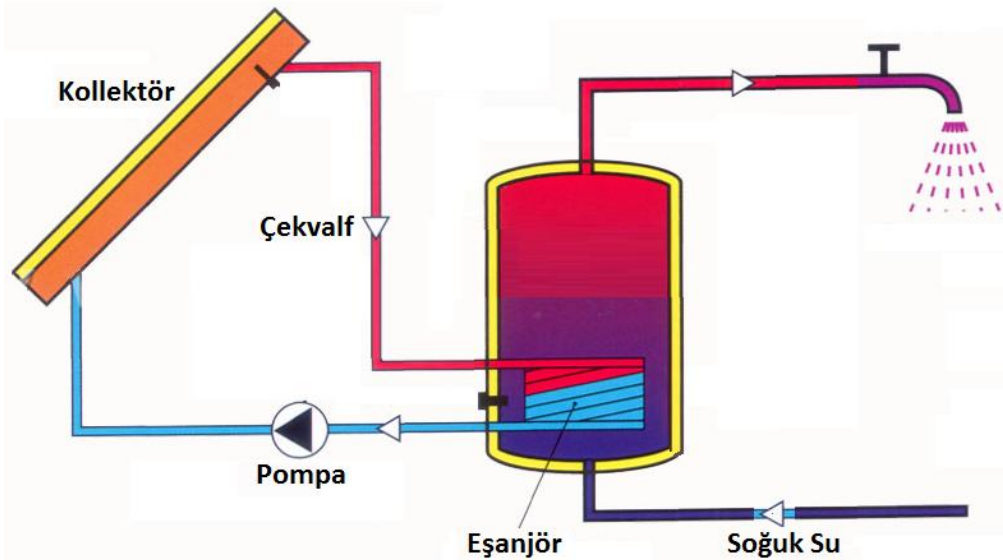
- Güneş kollektörlü su ısıtıcılar,
- Güneş bacaları,
- Ön ısıtma havuzları,
- Kurutma kabinleri,
- Amonyak bazlı soğutma sistemleri,

olarak sıralanabilir. Şekil 2.4.'de kurutma amaçlı olarak kullanılan bir sistem görülmektedir.



Şekil 2.4. Solar kurutma kabini (www.solarwall.com.tr, 2015).

2.3.1 Işık enerjisinin ısı enerjisi amaçlı kullanımı

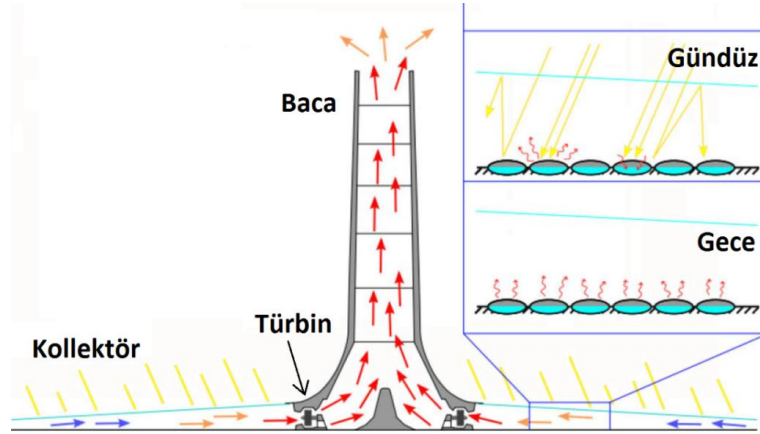


Şekil 2.5. Direkt su ısıtma amaçlı kolektör ve eşanjör sistemi.

Şekil 2.5.'de güneş enerjisinden direkt su ısıtma amaçlı kolektör ve eşanjör sistemi görülmektedir. Burada, güneş ışınlarından elde edilen fotonik enerji kolektörler aracılığıyla direkt olarak ısı enerjisine dönüştürülerek kullanılmaktadır. Güneş enerjisinden direkt olarak ısı enerjisi elde etmeye yönelik bu yönetime benzer sistemlerden birçok yerde yararlanılmaktadır.

2.3.2 Güneş bacaları

Şekil 2.6.'da güneş enerjisinden direkt elde edilen ısı enerjisinin oluşturduğu sıcak hava akımı ile elektrik elde etmek için kullanılan güneş bacası görülmektedir. Burada kolektör kısmında bulunan koyu renkli taşlar ile güneş ışığı yüksek oranda absorbe edilerek yüksek sıcaklara ulaşılması hedeflenir. Sıcak ortamda bulunan hava genişler ve yükselir ve cebri olarak bacadan geçerken, bacanın girişinde bulunan türbinleri tahrik eder. Türbinlerin tahrik olması ile generatörlerden elde edilen elektrik enerjisi kullanılmak üzere şebekeye verilir.

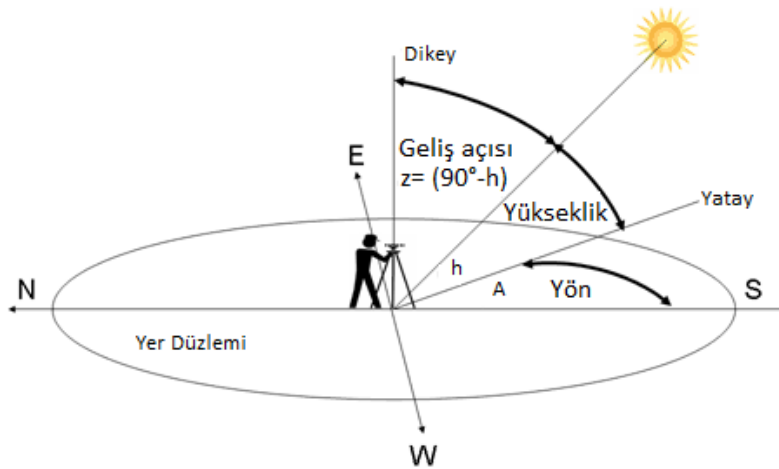


Şekil 2.6. Güneş Bacası Çalışma Prensibi (www.torre-solar.es, 2015).

2.3.3 Güneş pilleri

Güneş ışınlarının yarı iletken katmanlardaki serbest elektronları hareketlendirmesi ile fotovoltaik olarak elektrik enerjisi elde edilebilir. Bu amaçla kullanılan yarı iletken katmanlı yapılara güneş pilleri yada fotovoltaik paneller adı verilir. Bu çalışmada, daha teknik ve tanımlayıcı bir isim olması bakımından “Fotovoltaik Panel” adının kullanılması tercih edilmiştir.

Güneşin gökyüzündeki konumunu saptamak için dünyanın hangi noktasında, yılın hangi günü ve günün hangi zamanında, yön (azimut -bir gök cisminin gözlemciye göre istikametinin ufuktaki kuzey veya güney noktasından açısız uzaklık olarak ifadesi- A), yükseklik (altitude, h°) ve geliş açısı (zenit, z) değerlerini bilmek gerekir (Şekil 2.7.).



Şekil 2.7. Zenit açısı hesaplama yöntemi (www.mpoweruk.com, 2015).

Güneş açısı hesaplanırken güney 0° kabul edilir. Yükseklik açısı güneşin dünya üzerindeki bir düzlemde ufuk çizgisiyle olan açısıdır. Güneşin doğuş açısı ve batış açısı 0° dir. Fotovoltaik sistemlerde panellerin yerleştirilmesi sırasında gölgelenme açısı bu yöntemle hesaplanır. Güneşin gün içerisinde gökyüzünde en yüksek noktada bulunduğu an, yerel olarak güneş doğuş ve batış zamanlarının tam orta zamanıdır.

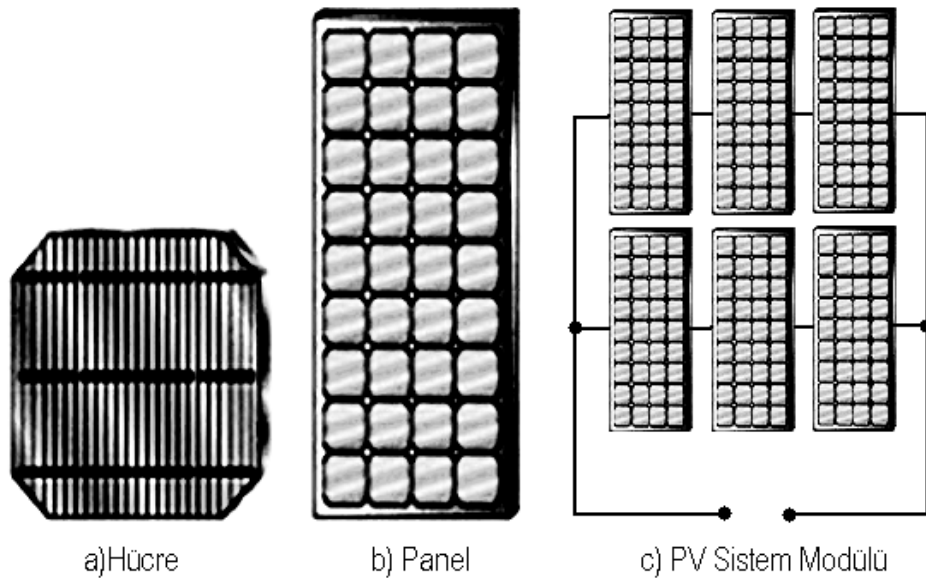
Fotovoltaik üretim sistemlerinin kurulmasında, gölgelenme etkisi tahmininde panellerin eğim açısı optimizasyonunda geçmiş dönemlere ait uzun süreli güneş ışınma ölçümlerine ihtiyaç vardır. Ayrıca güneş enerjisinden en yüksek verimi elde edebilmek için uygun yer ve zaman aralığının belirlenmesi için de güneş ışınması bilgisi gereklidir.

3. FOTOVOLTAİK PANELLER

Fotovoltaik enerji üretimi, elektronik yarı iletken komponentlerin, ışığa maruz kalarak uyarılmaları durumunda elektriksel enerji seviyelerinde meydana gelen potansiyel farklılık ile sağlanır. Silikon kristal içeren fotovoltaik bir panelde alt tabaka kısmı P tipi materyallerden, üst tabaka ise N tipi fosfor, antimon veya arsenik gibi serbest elektron yayan kimyasal alaşımlarla kaplıdır. Fotovoltaik hücreler arası boşluklar ise alüminyum, galyum, indiyum gibi bir materyal ile kaplanarak, hücreler arası izlerin oluşturması sağlanır. Böylece, elektronların maruz kaldığı ışık ile P bölgesi olan alt tabakaya geçmesi sağlanır. Bu elektronlar, fotovoltaik panel üzerinde oluşturulan seri ve paralel yollar üzerinde hareket etme yeteneğine sahiptir. Sonuç olarak, fotovoltaik panelin emk'sı ile I akımını vermesi sağlanarak, elektrik enerjisi üretimi gerçekleştirilmiş olur.

3.1 Fotovoltaik Panel Türleri

Geliştirilmiş ve geliştirilmekte olan birçok fotovoltaik panel mevcut olmakla beraber, burada en çok bilinen ve kullanılan, Mono-Kristal Silisyum, Poli-Kristal Silisyum, Amorf-Silikon, Galyum Arsenür, İnce Film, Kadmiyum Tellür yapılı fotovoltaik panel türlerinden bahsedilmiştir.

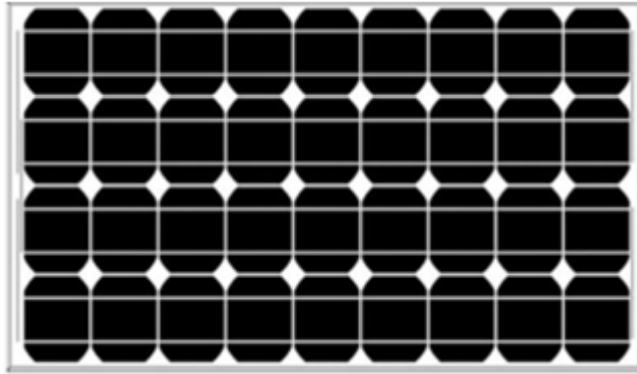


Şekil3.1. Fotovoltaik hücre, panel ve sistem modülü.

Şekil 3.1.'de hücre, panel ve PV sistem modülünün şekli verilmiştir. Güneşten yayılan fotonları elektrik enerjisine dönüştüren birden fazla hücrenin korunaklı bir çerçeve içerisinde seri bağlanmasıyla istenilen gücü sağlayacak paneller elde edilir. Panellerin seri ve paralel bağlanmasıyla sistem modülleri oluşturulur.

3.1.1 Mono-kristal silisyum fotovoltaik paneller

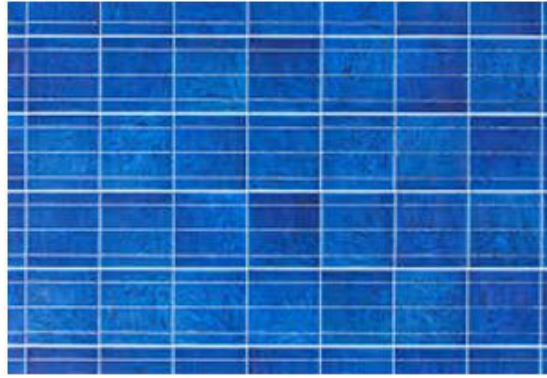
Yüksek saflıkta silisyum yapıdaki parçaların “Czochralski çekmesi” ve “yüzer bölge” işlemlerine tabi tutulması ile oluşan ikili kristal yapıdır. Mono kristalli silikondan yapılmış fotovoltaik piller gayet verimli olup, verim değerleri %18'e ulaşabilmektedir.



Şekil 3.2. Mono-kristal silisyum fotovoltaik panel.

3.1.2 Poli-kristal silisyumfotovoltaik paneller

Silikon güneş panelleri verimliliklerinin yüksek olmasına rağmen, üretimindeki zorluklar ve yüksek maliyetleri nedeniyle, tek kristalli “Czochralski” silikon yapısından daha basit yapılı bir malzeme olan, çoklu kristal silisyum yapılar geliştirilmiştir. "Poli-Kristal Silisyum Yapı" olarak adlandırılan çok kristalli silikon yapının enerji üretim verimliliği daha düşük olmasına rağmen (\cong %8-10), üretiminin daha kolay ve daha düşük maliyetli olma avantajlarından dolayı tercih edilmektedirler.



Şekil 3.3. Poli-kristal silisyum fotovoltaiik panel.

3.1.3 Amorf - silikon hücre yapılı fotovoltaiik paneller

Birkaç mikrometre kalınlığına sahip paslanmaz çelik çubukların üzerine, amorf silikon buharı ve cam filmleri yerleştirilerek üretilirler. Mono veya Poli Kristal yapılarla kıyaslandıklarında, çok daha az silikon yapı (% 1'i kadar) gerektirmeleridir. Verimleri düşük (\cong %4-5) olmasına rağmen,watt başına maliyetlerinin diğer yapılara göre çok daha düşük olması avantajlarıdır.



Şekil 3.3. Amorf - silikon hücre yapılı fotovoltaiik panel.

3.1.4 Galyum arsenit fotovoltaiik paneller

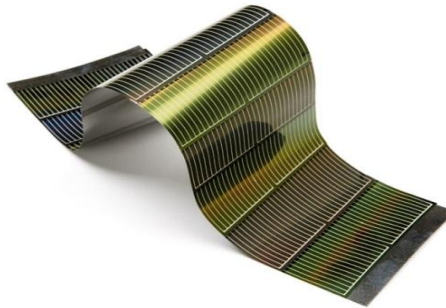
En yüksek verime (\cong %22) sahip fotovoltaiik yapı olup, tek kristalli galyum arsenit içerirler. Verimlerinin yüksekliğine rağmen, maliyetlerinin de yüksek olması daha az tercih edilmelerine yol açmaktadır.



Şekil 3.4. Galyum arsenit fotovoltaik panel.

3.1.5 İnce film fotovoltaik paneller

Geniş yüzey alanlarında, çok ince kesitli olarak üretilebilen kadmiyum sülfür, amorf silisyum, Bakır-indiyum-diselenid (CuInSe_2) ve vb. çok kristalli yapılardır. Yaklaşık %10 verime sahip olmalarına rağmen, düşük maliyetleri ve geliştirilebilmesi halinde, güneş ışığına maruz kalan birçok binada çatı kaplama malzemesi olarak kullanılabilir olması en büyük avantajlarıdır.



Şekil 3.4. İnce film fotovoltaik panel.

3.1.6 Kadmiyum tellür fotovoltaik paneller

Kadmiyum ve tellür'un birleşik formda kullanıldığı kristal yapılardır. Kadmiyum Sülfürün tabakalı olarak üst üste konulması ile üretilen yarı iletken yapılar olup, verimleri %19'a yaklaşır.



Şekil 3.5. Kadmiyum tellür fotovoltaik panel.

3.2 Dünyada fotovoltaik panel üretimi ve kullanımı

Dünyada güneş esaslı elektrik enerjisi giderek yaygınlaşmakta olup, pazar araştırma kuruluşu IHS'in, küresel fotovoltaik pazarının 2014 yılında ulaştığı durumu inceleyen "PV Integrated Market Tracker" başlıklı raporundaki tespitlere göre 48,3 GW'lık panel sevkiyatının gerçekleştiği 2014 yılında, en büyük 10 üretici 23,7 GW ile toplam sevkiyatların yüzde 49'unu gerçekleştirmiştir. Bu firmalar:

- TRİNA SOLAR
- YİNGLİ SOLAR
- CANADIAN SOLAR
- JİNKO SOLAR
- JA SOLAR
- SHARP
- RENESOLA
- FİRST SOLAR
- HANWHA SOLARONE
- SUNPOWER VE KYOCERA (<http://www.guneselektrigi.com/en-buyuk-10-uretici-modul-pazarinin-yarisina-hakim/1243>)

olarak sıralanmaktadır. Kuruluşun hazırladığı raporda yer aldığına göre, ilk 10 üretici arasında 6 Çinli firma yer almaktadır.

IHS çalışmasına göre gerçekleşen sevkiyatlar bakımından fotovoltaik modül üreticileri arasında 2013 yılında ikinci sırada yer alan Trina Solar, bu yıl ilk sıraya yükselirken, son iki yılın birincisi Yingli Solar ise ikinci sıraya gerilemiştir.

Canadian Solar, üçüncülük konumunu sürdürürken, geçen yıl onuncu sırada yer alan Hanwha Solar One ise bu yıl dördüncü sıraya yükselmiştir.

Diğer bir Çinli üretici Jinko Solar geçen yıl olduğu gibi bu yıl da beşinci sırada yer alırken, JA Solar üç sıra ilerleyerek altıncı, Japon üretici Sharp ise üç sıra gerileyerek yedinci olmuştur.

ReneSola bir sıra gerileyerek sekizinci, First Solar üç sıra gerileyerek dokuzuncu, Kyocera ise iki sıra gerileyerek onuncu olmuştur.

IHS, 2015 yılı sonunda yüzde 30'luk büyüme ile 57 GW'lık pazar büyüklüğüne ulaşılacağını ve fotovoltaik modül üreticilerinin üretim kapasitelerini önemli oranda artıracığını öngörmektedir.

3.3 Türkiye'de Fotovoltaik Panel Üretimi ve Kullanımı

Ülkemizde, fotovoltaik panel üretimi, yakın zaman içerisinde başlamış olmakla beraber, bu alanda yapılan büyük yatırımlar ile pazardan önemli oranda pay alınması hedeflenmektedir. Ülkemizde üretim yeteneği mevcut olmakla beraber, yeterli verimlilik ve kalitede panellerin üretiminin sürdürülebilirliğinin sağlanması en büyük sorunu oluşturmaktadır. Üretim teknolojilerindeki ve personel kalifiyesindeki artış, ülkemizin üretim ve pazarlama rekabetine giderek daha fazla olumlu katkı yapmaktadır.

3.4 Fotovoltaik Panellerde Enerji Üretim İlkeleri

Fotovoltaik enerji üretimi, elektronik yarı iletken komponentlerin, ışığa maruz kalarak uyarılmaları durumunda, elektriksel enerji seviyelerinde meydana gelen potansiyel farklılık ile sağlanır. Silikon kristal içeren fotovoltaik bir hücrede alt tabaka kısmı P tipi materyallerden, üst tabaka ise N tipi fosfor, antimon veya arsenik gibi serbest elektron yayan kimyasal alaşımlarla kaplıdır.

Fotovoltaik hücreler arası boşluklar ise alüminyum, galyum, indiyum gibi bir materyal ile kaplanarak, hücreler arası izlerin oluşturması sağlanır. Böylece, elektronların maruz kaldığı ışık ile P bölgesi olan alt tabakaya geçmesi sağlanır. Bu elektronlar, fotovoltaik hücre üzerinde oluşturulan seri ve paralel yollar üzerinde hareket etme yeteneğine sahiptir. Böylece, fotovoltaik hücrenin emk'sı (E) ile I akımını vermesi sağlanarak, elektrik enerjisi üretimi gerçekleştirilmiş olur (Muhtaroglu, 2012; Yusufoglu, 2013; Sahri ve Toumi,2013).

3.4.1 Foton

Elektromanyetik dalgaların belirli bir enerji düzeyleri vardır ve bu enerjinin toplam miktarını oluşturan enerji paketlerinin her birine foton denilmektedir. Enerjileri olmasına rağmen, kütesiz kabul edilen fotonların oluşturduğu elektromanyetik dalgalar ışık hızı ile ilerler ve enerji içeriğini de beraberlerinde taşırlar.

Işık hızında ilerleyen bir taneciğin momentumu,

$$\dot{P} = m \cdot c \quad (3.1)$$

Bir taneciğin enerjisi,

$$E = mc^2 \quad (3.2)$$

Bir fotonun enerjisi,

$$E = h \cdot f \quad (3.3)$$

$$E = \frac{h \cdot c}{\lambda} \quad (3.4)$$

Fotonda bir tanecik olduğu için,

$$m \cdot c^2 = \frac{h \cdot c}{\lambda} \quad (3.5)$$

Buradan fotonun momentumu,

$$\dot{P} = \frac{h}{\lambda} \quad (3.6)$$

şeklinde ifade edilir.

Burada,

$$h = \text{Planck Sabiti} = 6,63 \times 10^{-34} \text{Js}$$

$$\lambda = \text{taneciğin dalga boyu (m)}$$

olarak ifade edilir (Tsung-Lin, 2007; Sopian, 1995).

3.4.2 Işık şiddeti

Işık kaynağından birim zamanda yayımlanan görünür foton (tanecik) sayısı olarak ifade edilir. Işık şiddetinin miktarı, sadece fotonun enerjisi seviyesine bağlı olmayıp, foton sayısına da sayısına bağlıdır ve I ile gösterilir, birimi candela (cd) dır.

Buna karşılık çok yüksek ışık şiddetleri; güneş ışığı, halojen lambalar ve deşarj lambaları gibi yüksek değerlerde foton enerjisi yayan kaynaklarca sağlanabilmektedir. Foton enerji yayılımının daha az gerçekleştiği, Led yapılarda dahi, yüksek ışık şiddetlerine ulaşmak için "Power Led" çalışma şartları sağlanmalıdır. Yani, yüksek ışık şiddetlerine ulaşmak için gerekli yüksek enerji yayılımı, birçok ışık kaynağı için kaçınılmaz bir yan ürün olmaktadır.

3.4.3 Işık akısı

Işık kaynağından birim zamanda çıkan, gözle görülebilen ışık miktarının ya da toplam tanecik (foton) sayısıdır.

Işık akısı, birim zamanda yayımlanan foton sayısı (ışık şiddeti) ile doğru orantılıdır ve fotonun enerjisi arttıkça artar. Işık akısı ϕ ile gösterilir ve birimi lümen'dir.

3.4.4 Fotosentetik foton akısı: PPF (Photo synthetic photon flux)

Saniyede gönderilen 400 ile 700 nm arasındaki toplam foton sayısıdır ve birimi μmols^{-1} dir(<http://www.apogeeinstruments.co.uk/conversion-ppf-to-lux/>den 2015).

3.4.5 Fotosentetik foton akı yoğunluğu: PPFD (Photo synthetic photon flux density)

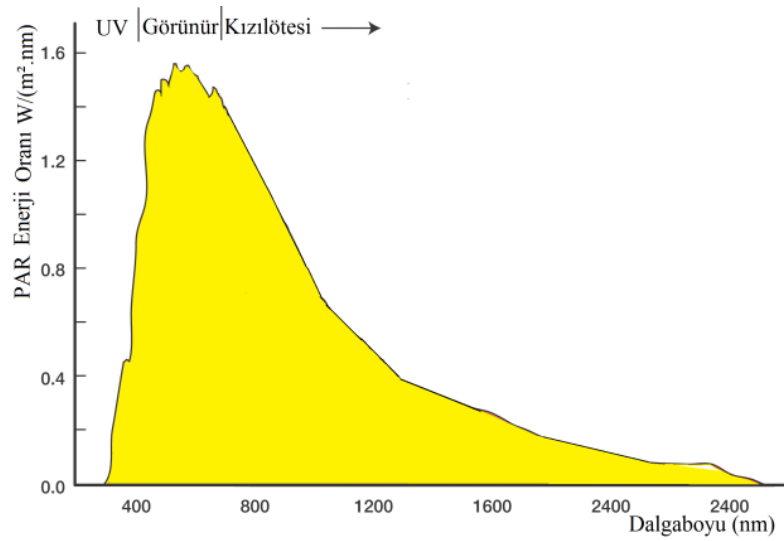
Saniyede birim alana gönderilen 400 ile 700 nm arasındaki foton sayısıdır ve birimi $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ dir.

3.4.6 Fotosentetik aktif radyasyon: PAR (Photo synthetically active radiation)

Birim alana gönderilen 400 ile 700 nm arasındaki ışığın saniyedeki enerji miktarıdır ve birimi $\text{W/m}^2.\text{nm}$ ' dir(Karakaş, 2008).

Çizelge 3.1. Işık kaynaklarının aydınlık seviyesine göre PPF miktarları (www.fondriest.com, 2015).

Gün Işığı (Lux)	Sodyum (Lux)	Metal Halide(Lux)	Flüoresan (Lux)	PPF
540	820	710	740	10
5400	8200	7100	7400	100
10800	16400	14200	14800	200
54000	82000	71000	74000	1000
108000	164000	142000	148000	2000



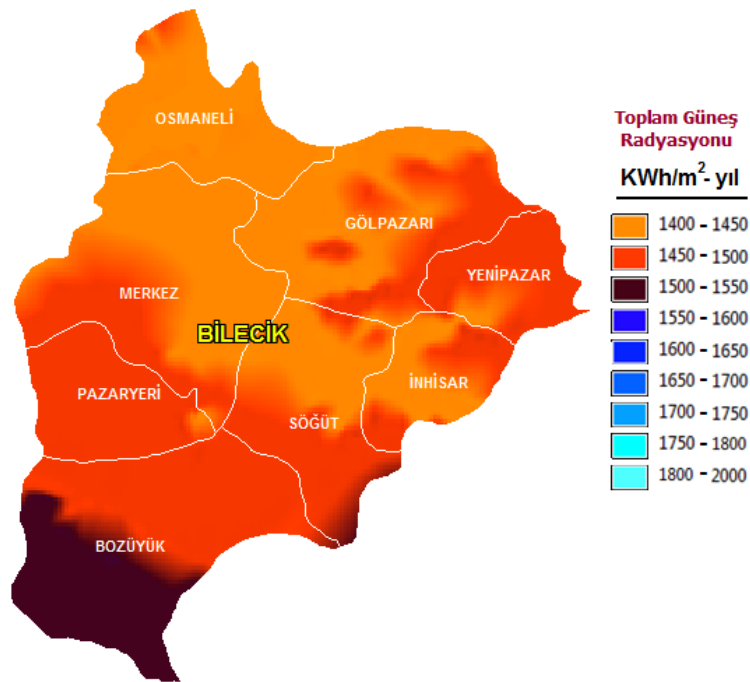
Şekil 3.6. Dalgaboyuna bağlı PAR enerji değişimi (www.fondriest.com, 2015).

Çizelge 3.1.'de farklı ışık kaynaklarındaki farklı lux seviyeleri için, PPF miktarları, Şekil 3.6'da ise dalga boyuna bağlı PAR enerji değişimi görülmektedir. Farklı ışık kaynakları ve ışınım türlerinde de daha alt seviyelerde sağlansa bile, yukarıdaki tablo ve grafikten de anlaşılacağı üzere, gerek yüksek değerli foton sayısına, gerekse yüksek değerli foton enerji seviyelerine, gün ışığının yüksek seviyelerinde ulaşılabilir.

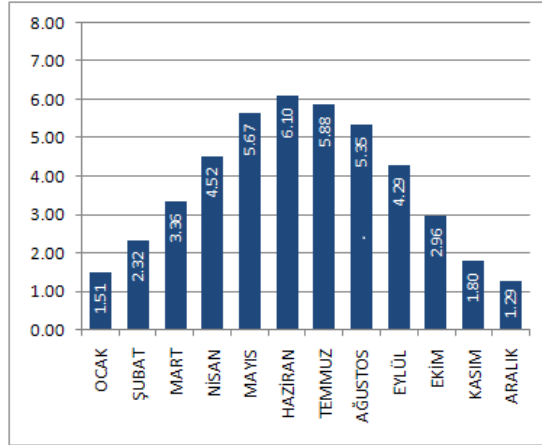
4. UYGULAMALAR VE ANALİZLER

Gerçekleştirilen bu çalışmada, işletme şartlarında çok tercih edilen, monokristal ve polikristal fotovoltaik paneller, sabit olarak güneşi en uygun algılayacakları konumda kullanılarak, elektrik enerji üretimi analizleri gerçekleştirilmiştir. Uygulama öncesi hazırlık aşamasında konu ile ilgili çalışmalarda incelenerek çalışma planlaması yapılmıştır (Keçel, 2008; Sahri, 2013; Werner, 1969; Balázs, 2014).

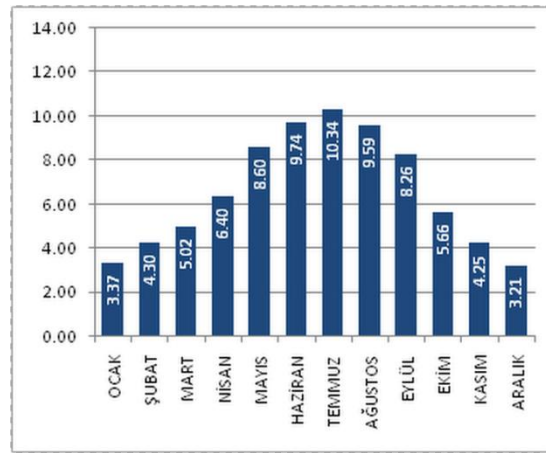
Şekil 4.1., Şekil 4.2., Şekil 4.3., Şekil 4.4.'de Bilecik iline ait güneş enerji potansiyel haritası, Osmaneli ilçesine ait, KWh/m^2 -gün cinsinden global radyasyon değerleri, saat cinsinden güneşlenme süreleri, KWh-Yıl cinsinden fotovoltaik panellerin tipi, kullanılan panellerin alanı ve üretilebilecek enerji miktarları ile ilgili grafikler görülmektedir.



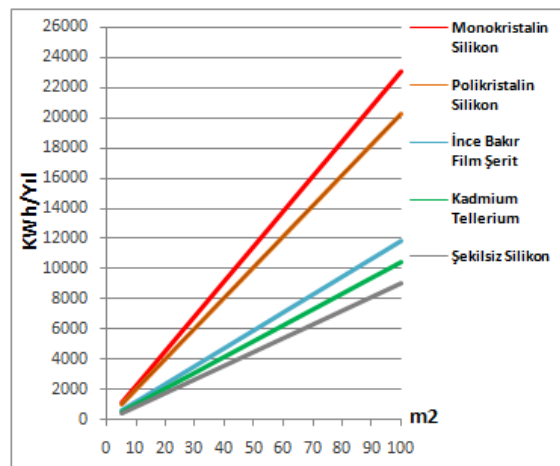
Şekil 4.1. Bilecik ili güneş enerjisi potansiyel haritası (www.eie.gov.tr, 2015).



Şekil 4.2. Osmaneli global radyasyon değerleri (KWh/m²-gün) (www.eie.gov.tr, 2015).



Şekil 4.3. Osmaneli güneşlenme süreleri (Saat) (www.eie.gov.tr, 2015).



Şekil 4.4. Osmaneli PV tipi ve alana göre üretilebilecek enerji miktarları (KWh-Yıl) (www.eie.gov.tr, 2015).

Solar Angle Calculator						
Select Country:	Turkey					
Select Town/City:	Bilecik					
Bilecik						
Optimum Tilt of Solar Panels by Month						
Figures shown in degrees from vertical						
Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	
33°	41°	49°	57°	66°	73°	
Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	
65°	57°	49°	41°	33°	26°	

Şekil 4.5. Bilecik ili için aylara göre fotovoltaik panel yerleşim açısı değerleri (www.solarelectricityhandbook.com, 2015).

Şekil 4.5.'de Bilecik iline ait, aylara göre fotovoltaik panellerin konum açısı değerleri görülmektedir. Bu değerler fotovoltaik panellerin dikey eksene göre alınmış açılarıdır. Veri alınan Mart-Nisan-Mayıs-Haziran aylarına ait açısı değerleri dikkate alınmıştır. Bu aylara ait fotovoltaik panel açılarının yer düzlemine göre aritmetik ortalaması $28,75^\circ$ olarak bulunmuş ve fotovoltaik paneller bu açıda konumlandırılmıştır (<http://solarelectricityhandbook.com/solar-angle-calculator.html>).

Yapılan uygulamada, bir adet polikristal panel ve birbirine seri bağlı iki adet monokristal panel kullanılmıştır. Uygulamada kullanılan fotovoltaik panellerin teknik özellikleri Çizelge 4.1. ve Çizelge 4.2.'de, uygulama yapısında kullanılan ürünlerin görselleri ise Şekil 4.1.'de görülmektedir.

Çizelge4.1. Monokristal fotovoltaik panel karakteristikleri.

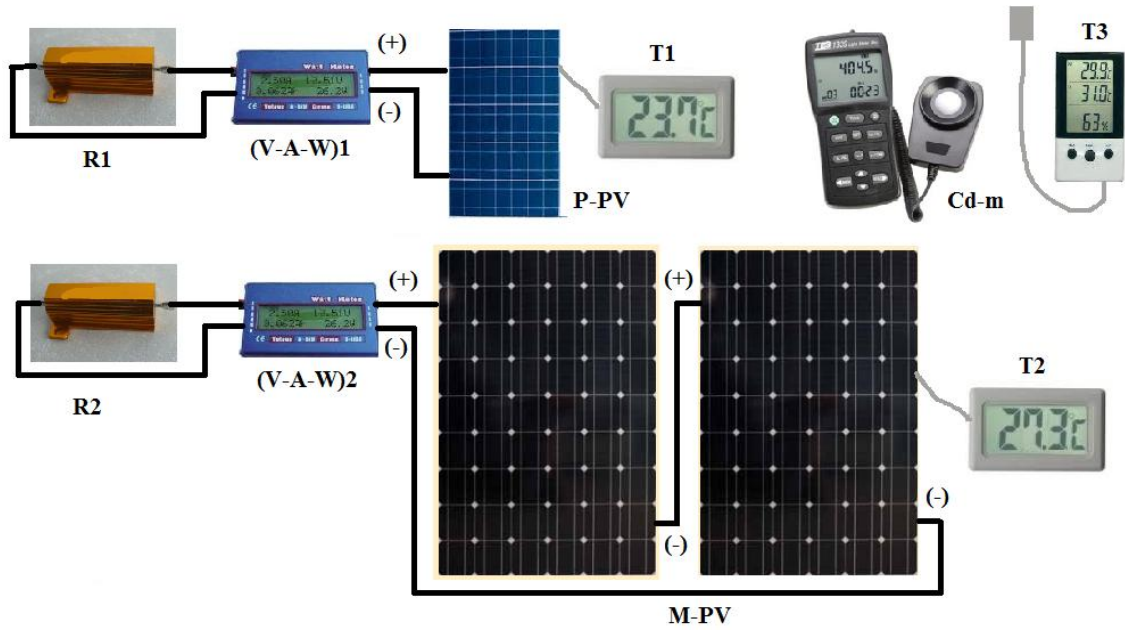
Panel Modeli	ANALES OKDA - 18
Maximum Power (P_{mpp})	66,65W
Tolerance of Power	+/-5%
RatedVoltage (V_{mpp})	8,63V
RatedCurrent (I_{mpp})	7,72A
Open CircuitVoltage (V_{OC})	11,23V
ShortCircuitCurrent (I_{SC})	8,31A
Max. SystemVoltage	1000V

Çizelge4.2. Polikristal fotovoltaik panel karakteristikleri.

Panel Modeli	CONERGY Q 30PA
Maximum Power (P_{mpp})	30W
Tolerance of Power	+/-5%
RatedVoltage (V_{mpp})	16,5V
RatedCurrent (I_{mpp})	1,83A
Open CircuitVoltage (V_{OC})	20,0V
ShortCircuitCurrent (I_{SC})	2,0A
Max. SystemVoltage	600V



Şekil 4.1. Uygulamada kullanılan ekipmanlar.



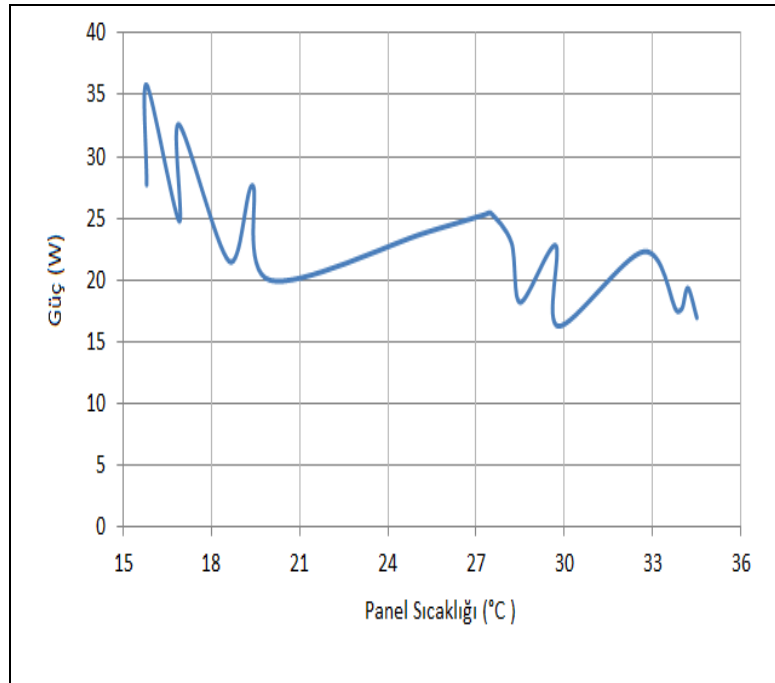
Şekil 4.2. Uygulamada kullanılan ekipmanların bağlantıları ve veri ölçüm cihazları.

Şekil 4.2.'de uygulamada kullanılan ekipmanların bağlantıları ve veri ölçüm cihazları görülmektedir. Polikristal fotovoltaik panelin (P-PV) ürettiği elektrik enerjisi, gerilim, akım ve güç ölçen ölçü aleti, (V-A-W)1 üzerinden uygun değerdeki rezistif yüke (R1) aktarılmıştır. Dijital termometre (T1) ile, polikristal fotovoltaik panelin arka yüzüne sabitlenen duyargası sayesinde panelin sıcaklığı ölçülmüştür. İki adet monokristal panel seri bağlanmıştır. Monokristal fotovoltaik panellerin (M-PV) ürettiği elektrik enerjisi, gerilim, akım ve güç ölçen ölçü aleti, (V-A-W)2 üzerinden uygun değerdeki rezistif yüke (R2) aktarılmıştır. Dijital termometre (T2) ile, monokristal fotovoltaik panelin arka yüzüne sabitlenen duyargası sayesinde panelin sıcaklığı ölçülmüştür. T3 dijital termometresi ortam sıcaklığını ölçmek için kullanılmıştır. Işık şiddetini candela cinsinden ölçmek için, duyargası fotovoltaik panellerle aynı yön ve açıda sabitlenmiş olan ölçü aleti (Cd-m) kullanılmıştır. Ölçü aletlerinin gösterdiği değerler bilgisayar ve yazılım destekli olarak 10 dakikalık periyotlarla kaydedilmiştir.

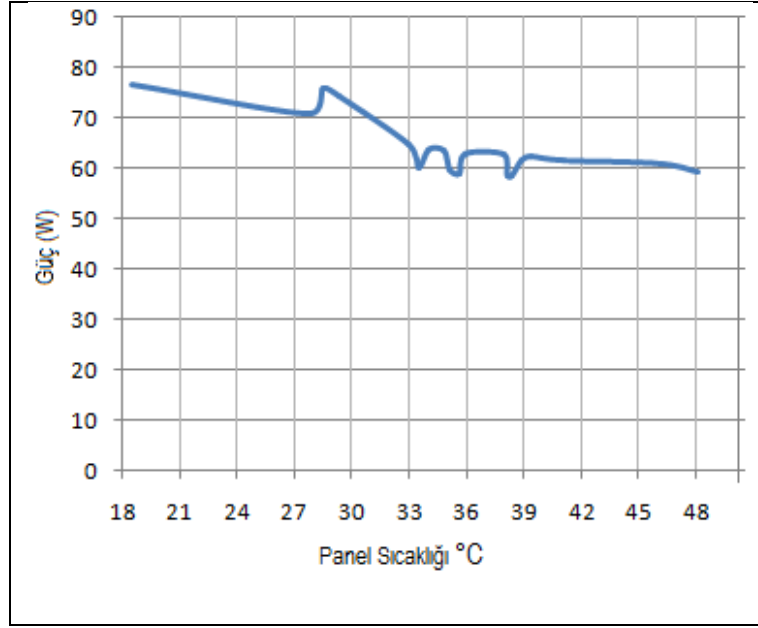
Şekil 4.3. ile Şekil 4.14. arası grafiklerde, monokristal ve polikristal fotovoltaik paneller için elektrik enerji üretimi uygulama analizlerine ait değişim grafikleri görülmektedir. Burada yapılan ölçümlerdeki nonlineerlik görülmekte olup bunun sebebi, ışığın renksel spektrumundan ve foton yayılımındaki anlık değişkenlikten oluşmaktadır.

4.1 Monokristal Panelde Elektrik Enerji Üretimi Analizleri

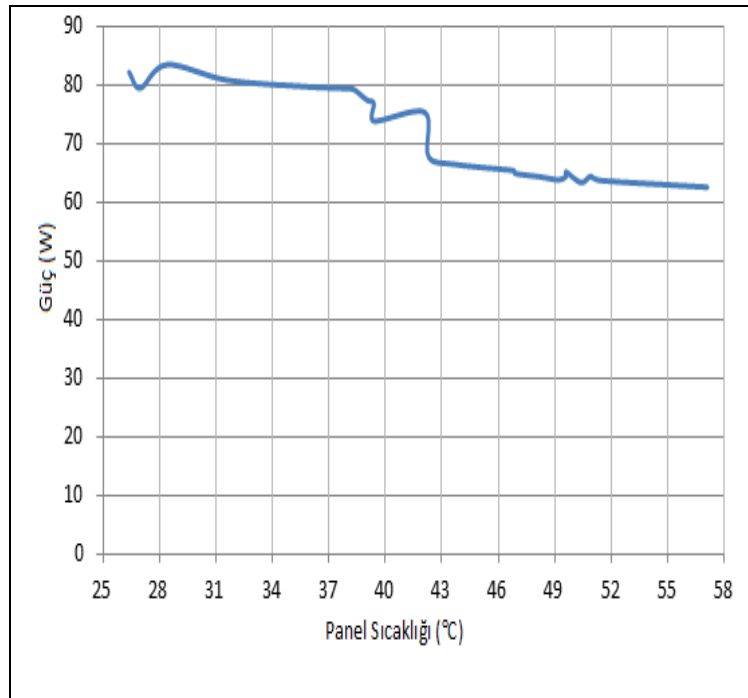
Şekil 4.3., Şekil 4.4., Şekil 4.5. ve Şekil 4.6.'da monokristal panel için, ışık şiddetinin sabit tutulduğu, sıcaklığa bağlı olarak elde edilen güç değişimleri görülmektedir. Bu değişim grafiklerinde, aynı ışık şiddeti için, panel sıcaklığı arttıkça elde edilen gücün azaldığı ortaya çıkmaktadır. Bu durum, panel içerisindeki yarı iletken yapının ve bağlantı yollarının direnç değerlerinin, sıcaklığa bağlı olarak artışından kaynaklanmaktadır.



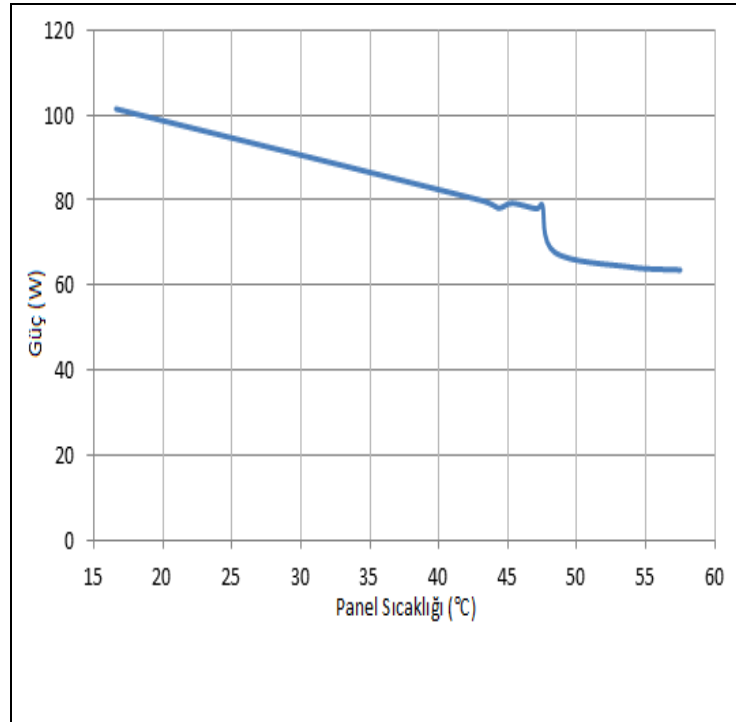
Şekil 4.3. Mono kristal panel için: $I_{cd} \approx 30.000 \text{ Cd}$ iken $P=f(T_p)$ grafiği.



Şekil 4.4. Mono kristal panel için: $I_{cd} \approx 60.000$ Cd iken $P=f(T_P)$ grafiği.

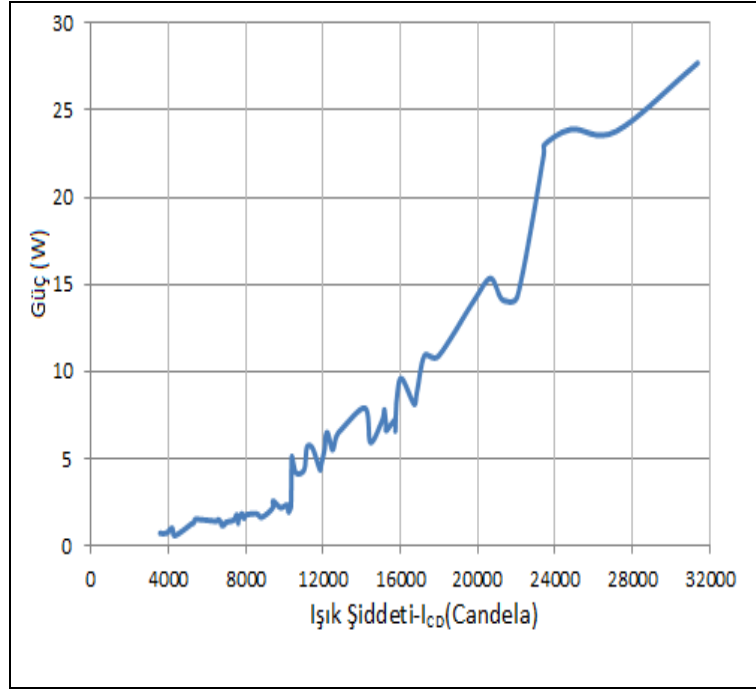


Şekil 4.5. Mono kristal panel için: $I_{cd} \approx 90.000$ Cd iken $P=f(T_P)$ grafiği.

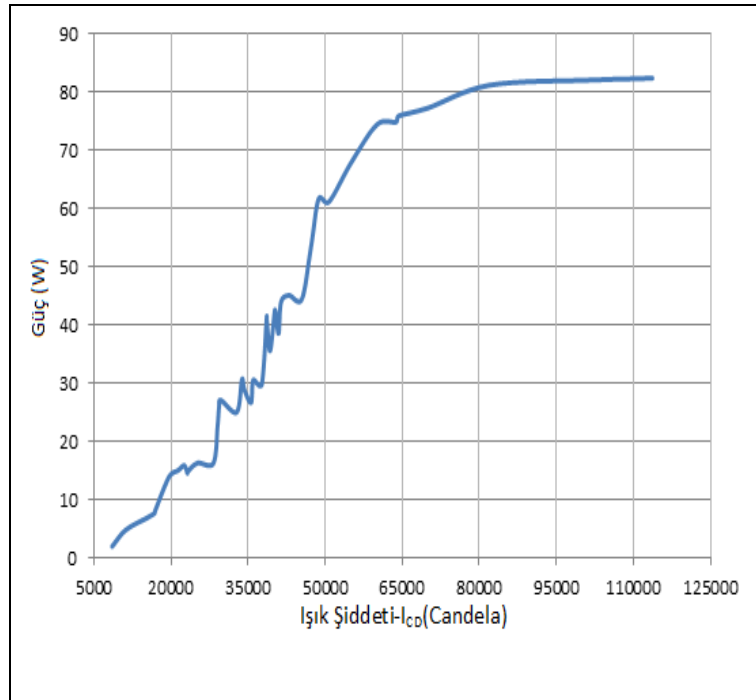


Şekil 4.6. Monokristal panel için: $I_{cd} \cong 130.000 \text{ Cd}$ iken $P=f(T_p)$ grafiği.

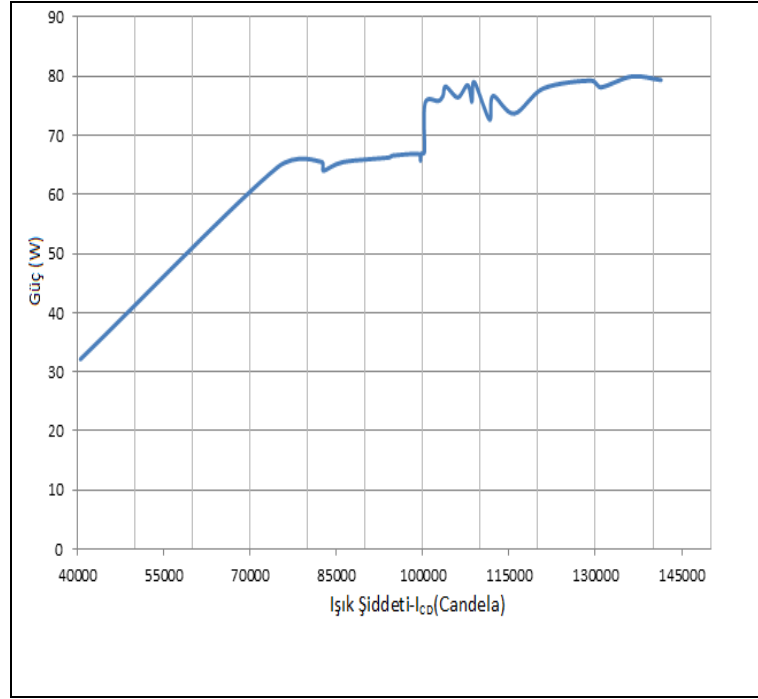
Şekil 4.7., Şekil 4.8., Şekil 4.9. ve Şekil 4.10.'da monokristal panelde, panel sıcaklığının sabit tutulduğu, ışık şiddetine bağlı olarak elde edilen güç değişimleri görülmektedir. Bu değişim grafiklerinde, aynı panel sıcaklığı için ışık şiddeti arttıkça elde edilen gücün arttığı ortaya çıkmaktadır. Bu durum, panel içerisindeki yarı iletken yapı ve bağlantı yollarının direnç değerlerinin, sıcaklığa bağlı olarak sabit kalmasına rağmen, ışık şiddeti değerlerinin artarak, daha fazla enerji dönüşümü yapılmasından kaynaklanmaktadır. Şekil 4.5.'de düşük panel sıcaklığı için, enerji üretimindeki düşüklük ise, ölçüm zamanındaki güneş ışığı foton enerjisinin düşüklüğünden kaynaklanmaktadır.



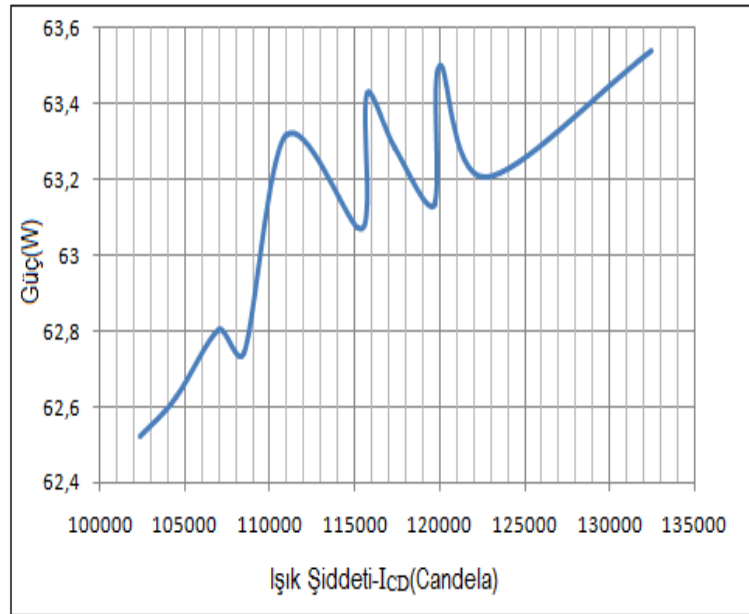
Şekil 4.7. Mono kristal panel için: $T_p \approx 15$ °C iken $P=f(I_{CD})$ grafiği.



Şekil 4.8. Monokristal panel için: $T_p \approx 30$ °C iken $P=f(I_{CD})$ grafiği.



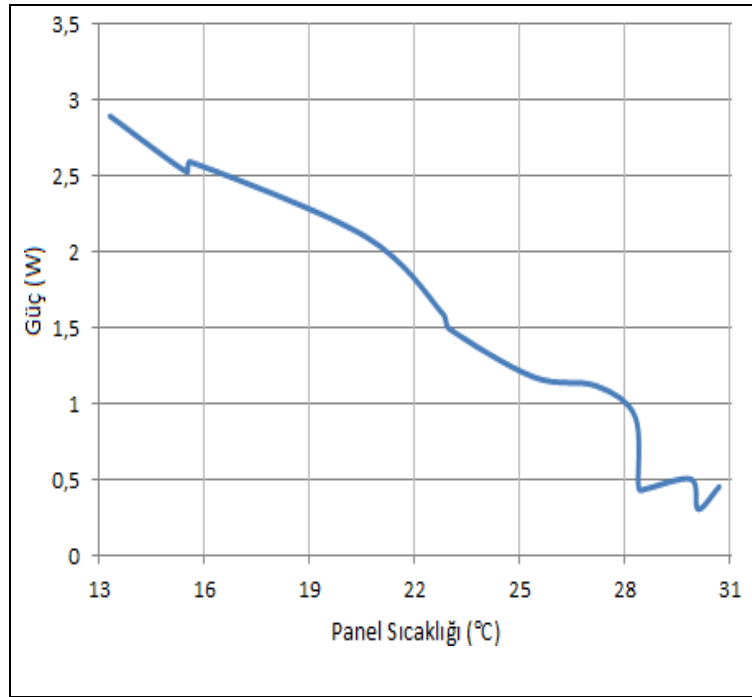
Şekil 4.9. Monokristal panel için: $T_p \approx 45$ °C iken $P=f(I_{CD})$ grafiği.



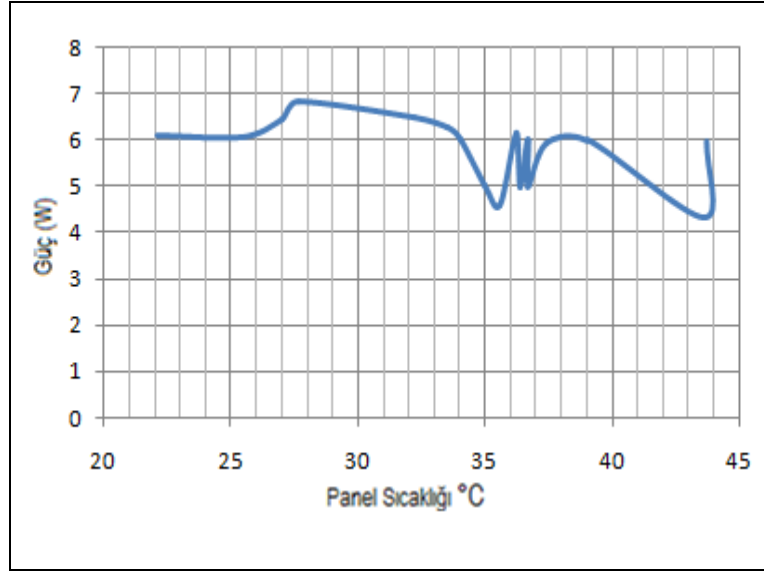
Şekil 4.10. Monokristal panel için: $T_p \approx 60$ °C iken $P=f(I_{CD})$ grafiği.

4.2 Polikristal Panelde Elektrik Enerji Üretimi Analizleri

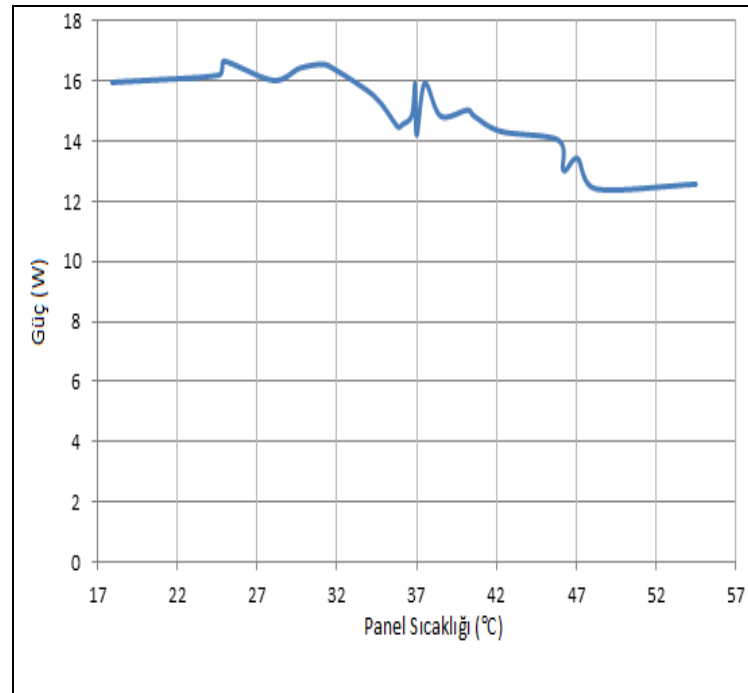
Şekil 4.11., Şekil 4.12., Şekil 4.13. ve Şekil 4.14.'de polikristal panel için, ışık şiddetinin sabit tutulduğu, sıcaklığa bağlı olarak elde edilen güç değişimleri görülmektedir. Bu değişim grafiklerinde, aynı ışık şiddeti için, panel sıcaklığı arttıkça elde edilen gücün azaldığı ortaya çıkmaktadır. Bu durum, panel içerisindeki yarı iletken yapının ve bağlantı yollarının direnç değerlerinin, sıcaklığa bağlı olarak artışından kaynaklanmaktadır.



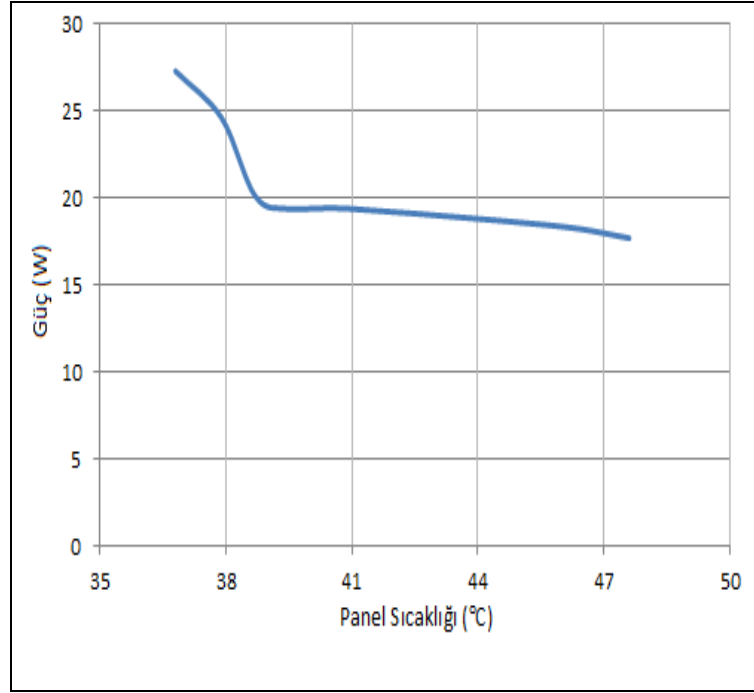
Şekil 4.11. Polikristal panel için: $I_{cd} \approx 30.000 \text{ Cd}$ iken $P=f(T_p)$ grafiği.



Şekil 4.12. Polikristal panel için: $I_{cd} \approx 60.000$ Cd iken $P=f(T_P)$ grafiği.

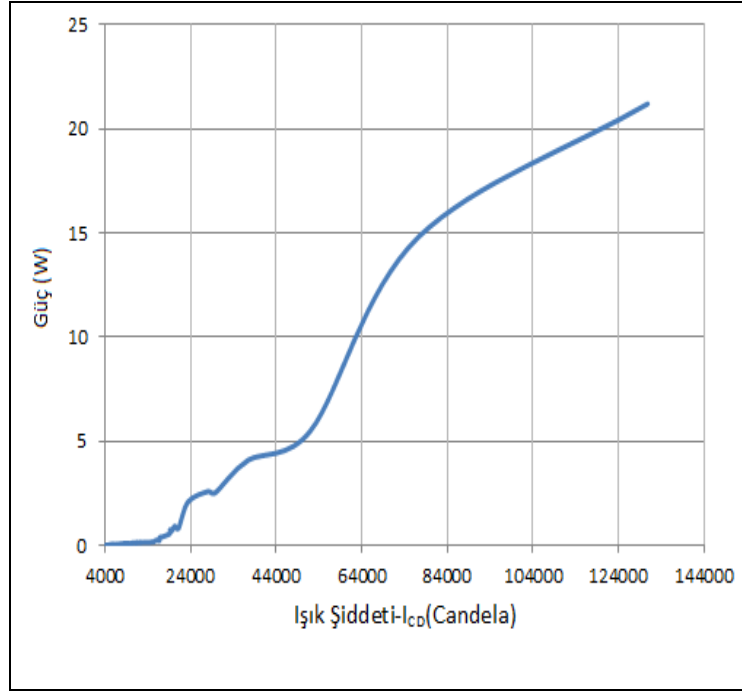


Şekil 4.13. Poli kristal panel için: $I_{cd} \approx 90.000$ Cd iken $P=f(T_P)$ grafiği.

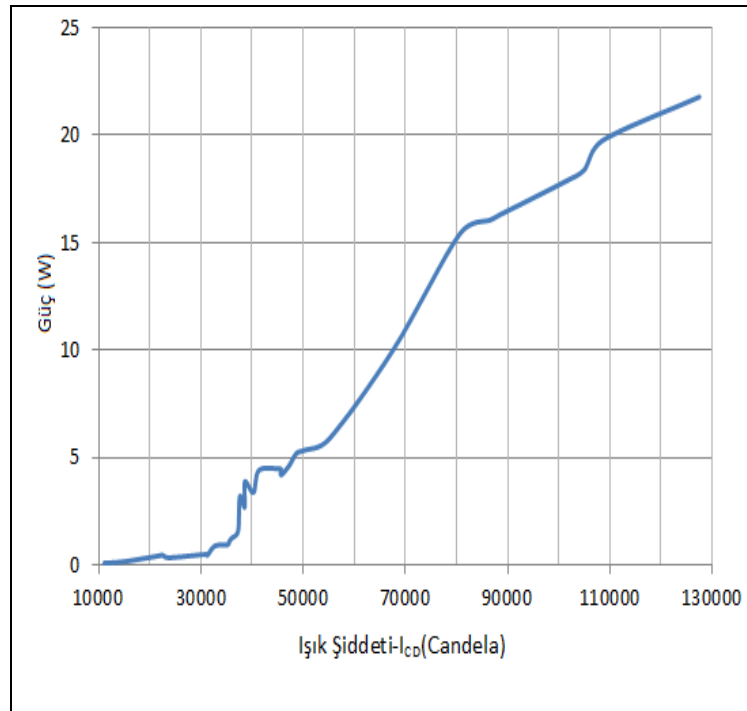


Şekil 4.14. Polikristal panel için: $I_{cd} \cong 130.000 \text{ Cd}$ iken $P=f(T_P)$ grafiği.

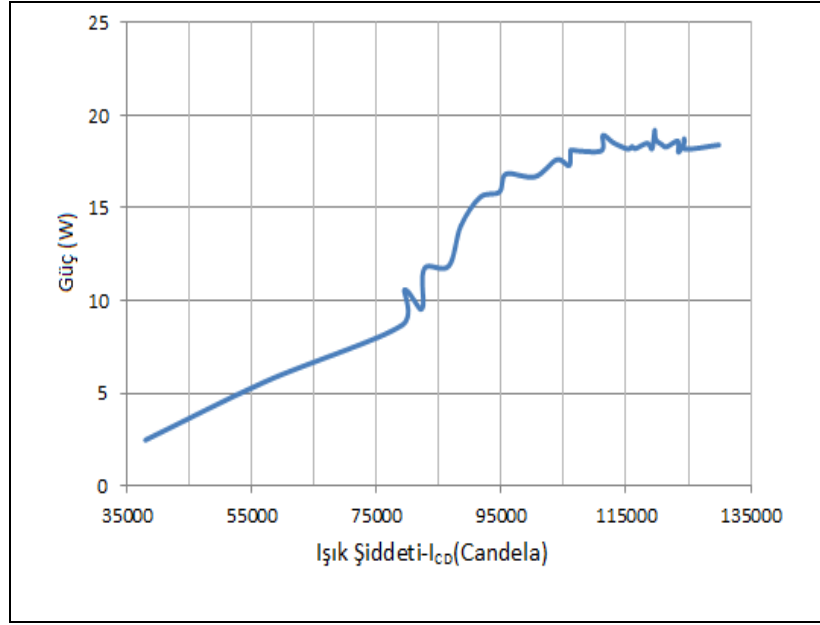
Şekil 4.15., Şekil 4.16., Şekil 4.17. ve Şekil 4.18.'de polikristal panelde, panel sıcaklığının sabit tutulduğu, ışık şiddetine bağlı olarak elde edilen güç değişimleri görülmektedir. Bu değişim grafiklerinde de, aynı panel sıcaklığı için ışık şiddeti arttıkça elde edilen gücün arttığı ortaya çıkmaktadır. Bu durum, panel içerisindeki yarı iletken yapı ve bağlantı yollarının direnç değerlerinin, sıcaklığa bağlı olarak sabit kalmasına rağmen, ışık şiddeti değerlerinin artmasıyla, daha fazla enerji dönüşümü yapılmasından kaynaklanmaktadır. Şekil 4.11.'de düşük panel sıcaklığı için, enerji üretimindeki düşüklük ise, ölçüm zamanındaki güneş ışığı foton enerjisinin düşüklüğünden kaynaklanmaktadır.



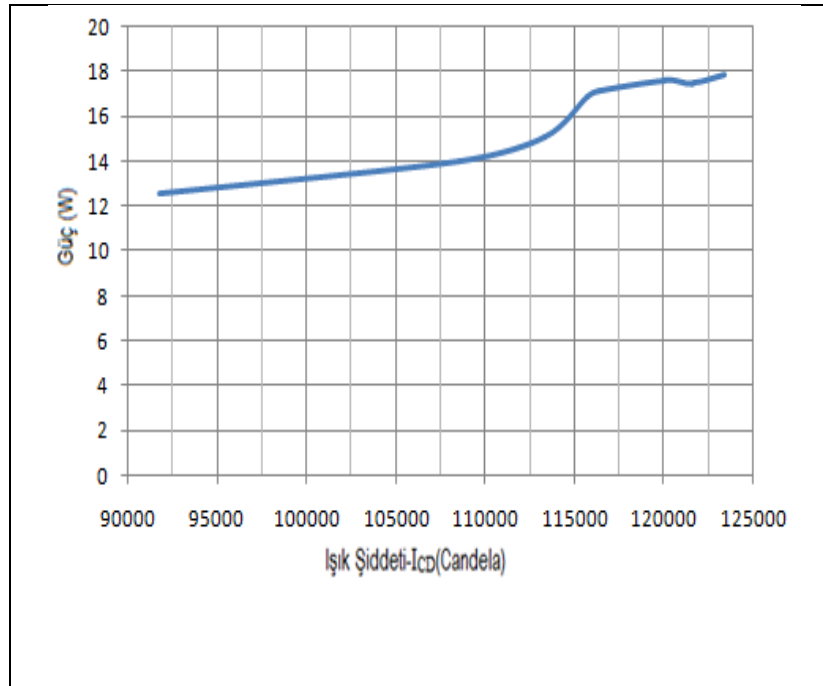
Şekil 4.15. Polikristal panel için: $T_p \approx 15$ °C iken $P=f(I_{CD})$ grafiği.



Şekil 4.16. Polikristal panel için: $T_p \approx 30$ °C iken $P=f(I_{CD})$ grafiği.



Şekil 4.17. Polikristal panel için: $T_p \approx 45$ °C iken $P=f(I_{CD})$ grafiği.



Şekil 4.18. Polikristal panel için: $T_p \approx 55$ °C iken $P=f(I_{CD})$ grafiği.

Uygulamada elde edilen verilerin değerleri Excel programına aktarılarak matematiksel değişim fonksiyonları elde edilmiş ve Çizelge 4.3.'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.3. Uygulama verilerinin matematiksel ifadesi.

Panel Tipi	Sabit ve $y=f(X)$	Değişim Fonksiyonu
Mono Kristal Panel	$I_{cd} \cong 30.000$ Cd iken $P=f(T_p)$	$P = 0,0116 * T_p^2 - 1,143 * T_p + 44,333$
	$I_{cd} \cong 60.000$ Cd iken $P=f(T_p)$	$P = 0,0215 * T_p^2 - 2,1608 * T_p + 112,77$
	$I_{cd} \cong 90.000$ Cd iken $P=f(T_p)$	$P = -0,0074 * T_p^2 - 0,2292 * T_p + 94,878$
	$I_{cd} \cong 130.000$ Cd iken $P=f(T_p)$	$P = -0,0119 * T_p^2 - 0,0955 * T_p + 106,39$
	$T_p \cong 15$ °C iken $P=f(I_{CD})$	$P = 0,00000003 * I_{CD}^2 + 0,0002 * I_{CD} - 0,9733$
	$T_p \cong 30$ °C iken $P=f(I_{CD})$	$P = -0,00000001 * I_{CD}^2 + 0,0021 * I_{CD} - 26,099$
	$T_p \cong 45$ °C iken $P=f(I_{CD})$	$P = -0,000000005 * I_{CD}^2 + 0,0013 * I_{CD} - 12,317$
	$T_p \cong 60$ °C iken $P=f(I_{CD})$	$P = -0,000000001 * I_{CD}^2 + 0,0003 * I_{CD} - 43,766$
Poli Kristal Panel	$I_{cd} \cong 30.000$ Cd iken $P=f(T_p)$	$P = -0,002 * T_p^2 - 0,061 * T_p + 4,0271$
	$I_{cd} \cong 60.000$ Cd iken $P=f(T_p)$	$P = -0,0014 * T_p^2 - 0,0283 * T_p + 6,4706$
	$I_{cd} \cong 90.000$ Cd iken $P=f(T_p)$	$P = -0,0034 * T_p^2 + 0,1163 * T_p + 15,491$
	$I_{cd} \cong 130.000$ Cd iken $P=f(T_p)$	$P = 0,185 * T_p^2 - 16,342 * T_p + 377,29$
	$T_p \cong 15$ °C iken $P=f(I_{CD})$	$P = 0,0000000005 * I_{CD}^2 + 0,0001 * I_{CD} - 1,1442$
	$T_p \cong 30$ °C iken $P=f(I_{CD})$	$P = 0,0000000003 * I_{CD}^2 + 0,0002 * I_{CD} - 4,5996$
	$T_p \cong 45$ °C iken $P=f(I_{CD})$	$P = -0,000000001 * I_{CD}^2 + 0,0004 * I_{CD} - 12,914$
	$T_p \cong 55$ °C iken $P=f(I_{CD})$	$P = 0,000000004 * I_{CD}^2 - 0,0006 * I_{CD} + 36,357$

Gösterilen bu fonksiyonlar kullanılarak, ölçümleri yapılmayan panel sıcaklıklarında ve ışık şiddetlerinde elde edilecek güç değerleri hesaplanabilmektedir.

Örnek olarak, monokristal bir panel için ışık şiddeti 30000 Cd sabit iken Çizelge 4.3.'te belirtilen sıcaklığa bağlı güç fonksiyonu ($P = 0,0116 * T_p^2 - 1,143 * T_p + 44,333$) kullanılarak 30 derece sıcaklıkta 20,48 Watt, 60 derece sıcaklıkta 17,51 Watt güç elde edilecektir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan incelemeler sonucunda, fotovoltaik panellerde elde edilen elektriksel enerji oluşumu ile ilgili:

- Monokristal panellerin, polikristal panellere göre daha fazla elektriksel enerji oluşumu sağladığı,
- Işık Şiddeti I_{cd} değerinin sabit olduğu durumlarda, panel sıcaklığına bağlı bir fonksiyon olan güç değeri $P=f(T_p)$, grafiklerinde görüleceği üzere sıcaklığın artmasına bağlı olarak yarı iletken yapı ve elektriksel bağlantı yollarındaki direnç artışı, panelden elde edilen elektriksel güçte azalışa sebep olduğu,
- Panel sıcaklığı, T_p değerinin sabit olduğu durumlarda, ışık şiddetine bağlı bir fonksiyon olan güç değeri $P=f(I_{cd})$ grafiklerinde görüleceği üzere ışık şiddetinin artmasına bağlı olarak panelden elde edilen elektriksel güçte artışa sebep olduğu,
- Çizelge 4.3.'te belirtilen $P=f(T_p)$ fonksiyonu kullanılarak monokristal ve polikristal paneller için daha önceden ölçülmüş olan mevsimsel sıcaklıklarına bağlı muhtemel güç değerlerinin elde edilebileceği,
- Çizelge 4.3.'te belirtilen $P=f(I_{cd})$ fonksiyonu kullanılarak monokristal ve polikristal paneller için daha önceden ölçülmüş mevsimsel ışık şiddetlerine bağlı muhtemel güç değerlerinin elde edilebileceği,
- Güneş enerjisinden elektriksel enerji sağlamanın, tamamen güneşi direkt görerek foton absorvasyonuna açık olma ile doğru orantılı olduğu,
- Güneşin direkt olarak görülmediği, yoğun aydınlatılmış gölgeli ortamlarda ise enerji üretiminin çok düşük kaldığı,
- Foton absorvasyonunun, elektriksel enerji dönüşümündeki olumlu etkisine rağmen, panel sıcaklığını aşırı arttırması durumunda, yarı iletken yapı ve iletken yolların direncindeki artmaya bağlı olarak, panelin elektriksel enerji dönüşüm verimliliğinin azalttığı,
- Güneş panellerinin montaj işlemlerinde doğal ısı transferinin sağlanabilmesi ile fotovoltaik panellerden elde edilecek verimin artırılabilceği,
- Mimari yapı uygulamalarında fotovoltaik panellerin enerji üretimi esnasında sıcaklık artışına maruz kaldıkları, bu durumun mimari yapılarda yangın etkileşimi yönünden dikkate alınması gerektiği,

- Güneş enerjisi santrali (GES) amaçlı kurulacak olan yapılar için güneş ışığının en dik geldiği açıda, ortam sıcaklığının en uygun olacağı (rakımdan, rüzgar etkisi ile doğal soğutma sağlanabilecek) bölgelerin seçilmesi gerektiği, sonuçlarına ulaşılmıştır.

Elde edilen sonuçların, daha sonra bu alanda yapılacak çalışmaları destekleyeceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Airlangga, G.,“The effect of building integration on the temperature and performance of photovoltaic modules”, *Department of Engineering, University of Cambridge, Cambridge*,(2014).
- Altaş, İ.,“Foto voltaj Güneş Pilleri :Eşdeğer Devre Modelleri ve Güneş ışığı ile Sıcaklığın Etkileri”, Yüksek Lisans Tezi, *Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi*, Trabzon (1998).
- Apogree Instrument, <http://www.apogeeinstruments.co.uk/conversion-ppf-to-lux/>, (Ziyaret Edilme Tarihi, 22.10.2015).
- Aslan, C.O.,“Isı etkisinin solar panel verimliliğine etkisinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniv. Fen Bil. Ens. Mekatronik ABD*, İstanbul(2011).
- Balázs, P.,“Characterization of solar cells by thermal transient testing”, *Microelectronics Journal*, 45: 1710–1715(2014).
- Başoğlu, M.E.,“Güneş enerjisi sistemlerinde kullanılan maksimum güç noktası izleyicili yükselticili da-da dönüştürücü analizi ve gerçekleştirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Kocaeli Üniv. Fen Bil. Ens. Elk-Elkt. Müh.*, Kocaeli (2013).
- Electropaedia, http://www.mpoweruk.com/solar_power.htm, (Ziyaret Edilme Tarihi, 27.12.2015).
- Environmental Growth Chambers, http://www.egc.com/useful_info_lighting.php, (Ziyaret Edilme Tarihi, 25.10.2015).
- Fondriest Enviromental, <http://www.fondriest.com/environmental/measurements/parameters/weather/photosynthetically-active-radiation/>, (Ziyaret Edilme Tarihi, 27.10.2015).
- Giray, H. B.,“Platin parçacık boyutunun duyarlılaştırılmış boya güneş hücresi (dbgp) verimliliğine etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, *Kimya Mühendisliği Bölümü, ODTÜ*, Ankara (2010).

KAYNAKLAR (Devam Ediyor)

- Gökdağ, M.,“Karabük ve civarı için güneş enerjisi ölçümleri ve spektrum analizleri için sistem ve yöntem tasarımı”, Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Ün. Fen Bil. Ens. Elk-Elkt. Müh.*, Karabük (2011).
- Güçlü, S.,“Dumlupınar Üniversitesi Merkez Kampus çevre aydınlatma elektrik enerjisinin güneş enerjisi ile sağlanması”, Yüksek Lisans Tezi, *Dumlupınar Ün. Fen Bil. Ens. Elk-Elkt. Müh.*, Kütahya(2009).
- <http://www.limitsizenerji.com/component/content/article/64-makaleler/55-guene-enerjisi-temel-prensipleri?directory=950>,(Ziyaret Edilme Tarihi, 05.01.2016).
- Işiker, Y.,“Fotovoltaik Panel Gücüne Etki Eden Çalışma Parametrelerinin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Makine Mühendisliği Bölümü, Harran Üniversitesi*, Şanlıurfa (2006).
- Karakaş, A, “Sera Aydınlatmacılığı”, *Elektrik Mühendisliği Dergisi*, 434: 142-144(2008).
- Keçel, S.,“Türkiye’deki bölgesel sıcaklık değişimlerinin güneş panellerinin verimliliğine etkisi”, *Gazi Üniversitesi Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi*, 22: 12-20(2008).
- Muhtaroglu, T. K.,“Güneş enerjisini elektrik enerjisine çeviren çevre dostu sistemin tasarlanması”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Ün. Fen Bil. Ens. Elk-Elkt. Müh.*,Ankara(2012).
- Öztürk, E.,“Fotovoltaik panellerin verimine modül sıcaklığının etkisinin deneysel olarak araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Ün. Fen Bil. Ens. Elk-Elkt. Müh.*, Karabük(2014).
- Photovoltaic Education Network http://www.pveducation.org/pvcdrom/proper_ties-of-sunlight/energy-of-photon, (Ziyaret Edilme Tarihi, 20.10.2015).
- Sahri, A.,Toumi S., “Temperature effects on the power production based Photovoltaic cells”, *University of Badji-Mokhtar, Annaba, Algeria*, (2013).

KAYNAKLAR (Devam Ediyor)

- Solarwall, <http://www.solarwall.com.tr/urunler/solarwall-kurutma-kabini.aspx>, (Ziyaret Edilme Tarihi, 27.12.2015).
- Sopian, K.,“Performance analysis of photovoltaic thermal air heaters”, *Dorgan Solar Laboratory, Department of Mechanical Engineering, University of Miami, Miami, USA Energy Convers. Mgmt*, 37(11): 1657-1670 (1996).
- Temaneh-Nyah, C.,“An investigation on the effect of operating temperature on power out put of the Photovoltaic System”, *Digital information, Networking and Wireless Communications*, Moscow, 22-29 (2015).
- Tsung-Lin, C.,“Investigation of the Thermal Performance of High-Concentration Photovoltaic Solar Cell Package”, *Department of Power Mechanical Engineering, National Tsing Hua University, Hsin Chu, Taiwan Microcircuits and Electronic Packaging*,19(2): 103-109(1996).
- Turhan, K.,“Fotovoltaik modüller için bir gerçek saha performans ölçüm platformunun tasarımı, kurulumu ve testleri”, Yüksek Lisans Tezi, *İTÜ Enerji Enstitüsü*, İstanbul(2011).
- Werner, L.,“Temperature Cycling Effects on Solar Panels”, *IEEE transactions on aerospace and electronic systems*, 5(6): 943-950 (1969).
- Yusufoğlu, G.,“Şebeke elektriğinin bulunmadığı tarımsal alanlarda güneş enerjisiyle sulamanın yapılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniv. Fen Bil. Ens. Makine Eğitimi ABD*, İstanbul(2013).
- GREENSTREAM Yayinevi, <http://solarelectricityhandbook.com/solar-angle-calculator.html>(Ziyaret Edilme Tarihi, 05.02.2015).

Ek-1: 22.03.2015 ile 05.04.2015 tarihleri arasında alınan ölçüm verileri.

Tarih	saat	Işık Şiddeti(cd)	Ortam Sıcaklığı	Mono Kristal			Poli Kristal		
				A	B	C	A	B	C
22.03.2015	13:16	119500	14,2	4,27	18,21	50,6	1,48	14,64	39,2
	13:20	110700	14,4	4,27	18,03	51,2	1,38	14,17	39,4
	13:25	111300	15,1	4,27	18,03	50,7	1,37	14,1	41,4
	13:30	112700	16,3	4,26	18	51,2	1,37	14,23	44,3
	13:35	113100	15,8	4,26	18,04	50,8	1,43	14,27	42,3
	13:40	112600	15,6	4,27	18,1	50,6	1,39	14,23	41
	13:45	113800	15,3	4,27	18,13	49,9	1,42	14,33	40,9
	13:50	113400	15,5	4,26	18,07	50,4	1,4	14,26	41,5
	13:55	110900	15,4	4,26	18,03	50,9	1,4	14,08	41,5
	14:00	113900	15,2	4,27	18,06	51,4	1,39	14,29	42,8
	14:05	113700	16,5	4,27	18,04	51,8	1,38	14,27	42,8
	14:13	113400	17,5	4,26	17,89	53,6	1,36	14,15	46,1
	14:21	112800	17,5	4,24	17,84	55,2	1,36	14,12	47
	14:25	112200	17,3	4,26	17,81	55,1	1,37	14,06	46,9
	14:30	111000	16,6	4,26	17,89	53,1	1,35	14,06	42,5
	14:35	110400	16,9	4,26	17,89	52,3	1,34	14,01	42,9
	14:41	111300	17,8	4,26	17,86	53,5	1,35	14,01	44,7
	14:47	106100	16,2	4,25	17,87	52,9	1,32	13,72	44
	14:50	106300	16,3	4,26	17,88	52,3	1,32	13,72	44,3
	14:55	104800	17,4	4,25	17,86	52,9	1,3	13,63	46,3
	15:00	103900	17,5	4,26	17,84	52,8	1,3	13,54	45,1
	15:05	104700	17,6	4,26	17,95	49,3	1,32	13,66	40,8
15:10	99000	16,4	4,26	17,95	46,4	1,29	13,24	37,3	
15:22	98000	18,5	4,27	17,89	49,3	1,29	13,19	43,2	
15:25	97300	17,6	4,26	17,87	49,8	1,29	13,13	43,6	
23.03.2015	09:49	14080	7	1,22	5,14	11,7			
	09:59	15130	7,6	1,22	5,43	12,2			
	10:09	22050	8,5	1,83	7,82	15,1			
	10:19	17700	8,3	1,57	6,26	16,5			
	10:29	15370	9	1,23	5,51	17			
	12:19	13490	9,4	1,22	4,89	13,5			
	12:39	15720	9,3	1,27	5,68	14,7			
	12:49	15260	10,4	1,24	5,62	15,4			
24.03.2015	08:52	11860	7,8	0,93	3,67	9,4	0,07	1,52	8,8
	09:02	11620	7,3	0,86	3,48	9,5	0,07	1,44	9
	09:12	12670	7,6	1,03	3,84	9,7	0,07	1,57	9,1
	09:22	13070	8,4	1,06	3,9	10,1	0,06	1,63	8,4
	09:32	13720	8,3	1,16	4,04	10,5	0,07	1,69	9,7
	09:42	14230	8,4	1,15	4,12	10,8	0,08	1,73	9,9
	09:52	15410	8,1	1,29	4,49	11,4	0,07	1,89	10,5
	10:02	16100	8,9	1,22	4,64	12,3	0,07	1,98	11,3
	10:12	17240	9,5	1,22	4,95	12,8	0,07	2,12	11,7
	10:23	19020	9,3	1,23	5,51	13,6	0,07	2,39	12,3
	10:33	19170	9,6	1,35	5,8	14,4	0,08	2,38	13,1
	10:43	22970	9,4	1,79	6,89	15,6	0,12	3,03	14,6
	10:53	22210	10,4	1,63	6,42	16,2	0,09	2,81	15,3
	11:03	21250	10,2	2,36	9,27	16,8	0,07	2,63	15,4
	11:33	82460	11,3	4,27	18,57	33,6	1,29	11,93	28
	11:43	89610	11,5	4,27	18,57	38,3	1,29	12,84	31,1
11:53	90120	12,5	4,27	18,37	40,4	1,29	12,03	34,3	

	12:03	95120	13,9	4,27	18,34	41,3	1,29	13,25	33,6
	12:13	95990	125,5	4,27	18,37	42,8	1,29	13,35	34,7
	12:23	100000	13,7	4,27	18,29	45,6	1,31	13,58	37,4
	12:33	104000	14,4	4,27	18,32	45,7	1,31	13,84	37,6
	12:43	104600	13,6	4,27	18,33	46,5	1,31	13,09	36,7
	12:53	107300	14,4	4,26	18,17	48,2	1,34	14,04	39,4
	13:03	110500	14,6	4,26	18,14	47,5	1,4	14,23	38,2
	13:13	112100	14,7	4,26	18,15	48,1	1,42	14,36	38,7
	13:23	112800	14,1	4,26	18,12	49,5	1,39	14,32	39,6
	13:33	113000	14,3	4,26	18,09	50,4	1,42	14,3	40,7
	13:43	112800	15,4	4,26	18,09	50,7	1,41	14,29	41,3
	13:53	113200	14,8	4,27	18,29	48	1,44	14,41	38
	14:03	113000	15,4	4,26	18,06	50,6	1,4	14,26	42,2
	14:13	112700	15,4	4,27	18,41	46,1	1,3	14,42	36,2
	14:23	112000	14,4	4,27	18,55	43,4	1,45	14,41	33,1
	14:33	109000	14,6	4,27	18,49	44	1,37	14,17	33,4
	14:43	103000	15,2	4,27	18,21	46,7	1,31	13,69	37,5
	14:53	105000	15,4	4,27	18,65	40,6	1,32	13,92	30,8
	15:03	101100	14,,9	4,27	18,76	38,5	1,3	13,7	30,1
	15:23	93500	14,6	4,29	18,77	35,9	1,29	13,12	27,3
	15:33	89700	15,8	4,27	18,6	37,8	1,29	12,74	29,7
	15:43	86600	14,4	4,27	18,6	37	1,29	12,44	29,6
	15:53	80100	14,6	4,27	18,61	35,2	1,29	11,86	28,4
	16:06	71330	14,2	4,27	18,49	33,3	1,27	11,06	26,6
	16:16	67030	14,6	4,27	18,48	31,3	1,26	10,6	26,4
	16:26	59730	13,7	4,27	18,09	32,1	1,06	9,78	26,7
	16:36	53060	13,2	4,26	17,72	28,7	0,87	8,96	24
	16:46	43850	12,8	4,15	17,15	25,9	0,68	7,56	22,1
	16:56	39620	12,3	3,69	16,17	24,3	0,68	7,26	20
	17:06	31970	12,7	3,37	14,01	22,5	0,67	6,23	19,4
	17:16	24480	12,4	2,89	11,08	21,3	0,63	5,07	18,7
	17:26	17290	12,3	2,34	9,1	19,5	0,41	4,01	17,5
	17:46	3915	11,6	0,51	1,42	14,3	0,06	0,56	12,7
	17:56	2144	11,4	0,18	0,88	11,5	0,05	0,32	10,9
27.03.2015	15:22	18690	21,5	1,69	6,52	25,8	0,08	2,02	24,4
	15:22	16460	21,5	1,33	5,87	25,8	0,08	2,5	24,2
	15:26	25630	21,5	2,09	8,01	25,7	0,29	3,07	24,6
	15:35	63820	22,4	4,24	17,66	29,3	0,89	9,12	28,6
	15:44	47190	22,7	3,61	14,74	30,5	0,68	6,76	29,2
	15:54	8100	20,6	0,64	3,03	26,2	0,06	1,26	24,3
	16:04	8943	20,7	0,88	3,48	23,2	0,06	1,42	22
	16:09	6630	20,8	0,61	2,71	22,8	0,06	1,07	21,8
	16:14	5348	20,7	0,61	2,18	22	0,07	0,07	21,2
16:19	5594	20,3	0,6	2,23	21,6	0,07	0,9	20,9	
28.03.2015	14:42	67660	18,5	4,26	17,98	33,7	1,11	9,03	29,1
	14:53	98300	20,2	4,26	18,28	42,4	1,29	12,79	39
	15:03	94900	20,3	4,25	17,82	47,1	1,29	12,47	43,3
	15:13	10370	19,3				0,07	1,57	36,4
	15:23	8498	19,2	0,62	3,22	30,5	0,07	1,32	26,9
	15:33	7041	19,6	0,61	2,57	25,8	0,06	1,07	22,9
	15:43	8739	18,7	0,61	3,05	22,9	0,05	1,3	21
	15:53	20030	17,4	1,53	6,31	20,6	0,08	2,81	19,5
	16:03	69960	19,7	4,26	18,14	29,2	1,14	9,99	28,4
	16:13	68840	20,3	4,23	17,7	35,2	1,14	9,75	32,2
16:46	7250	18,4	0,61	2,57	24,6	0,05	1,09	22,2	

	16:56	7555	17,1	0,61	2,55	20,8	0,04	1,11	19,4
	17:06	5335	18	0,57	1,93	20,1	0,03	0,81	19,5
	17:16	4417	17,7	0,45	1,64	19,2	0,03	0,69	18,7
	17:26	4041	17,3	0,37	1,49	18,4	0,03	0,64	18,2
	17:32	3341	17,4	0,23	1,38	18,1	0,03	0,53	17,8
	17:39	2491	17,6	0,11	1,02	17,6	0,03	0,41	17,7
	17:49	1386	16,7	0,01	0,52	16,9	0,01	0,21	16,9
29.03.2015	12:49	8744	14,4	0,66	3,2	21	0,07	1,3	19,5
	13:00	6817	14,6	0,61	2,64	19,5	0,06	1,04	18,1
	13:10	10450	14,5	1,01	3,79	18,6	0,07	1,57	17,5
	13:20	17310	14,1	1,42	6,19	19,6	0,08	2,63	18,4
	13:30	19570	14,6	1,82	7,43	24,1	0,17	3,03	21,1
	13:40	14350	14,7	1,22	5,4	23,6	0,07	2,28	20
	13:50	22990	14,6	1,83	8,37	22,5	0,16	3,43	19,7
	14:00	27780	14,5	2,44	10,19	25,5	0,39	4,24	22,4
	14:10	18980	14,5	1,83	7,26	26,3	0,1	2,96	22,1
	14:20	49650	15,6	3,71	16,46	25,2	0,68	7,29	22,3
	14:30	60050	16,5	4,21	17,68	29,3	0,79	8,67	27,7
	14:40	65770	16,3	3,88	17	43	0,91	9,3	39,2
	14:41	101500	16,3	4,26	18,35	43,3	1,29	13,25	39
	14:51	15960	16,1	1,31	5,91	36,7	0,07	2,5	39,9
	15:01	22220	15,4	1,83	7,58	28,6	0,11	3,24	24,3
	15:11	106500	17,2	4,29	19,19	31,1	1,32	13,86	28,4
	15:21	84000	17,9	4,24	17,67	45,4	1,29	11,33	39,5
	15:31	111400	18,5	4,27	18,27	47,8	1,35	13,93	41,4
	15:41	87320	18,5	4,25	18,04	43,5	1,29	11,92	36,8
	15:51	107800	19,6	4,27	18,38	44,8	1,34	13,07	38,1
	16:01	101500	19,5	4,26	18,39	42,1	1,28	12,75	35
	16:11	23700	18,5	1,81	7,76	36,6	0,1	3,49	29,2
	16:21	39410	18,5	2,6	12,43	28,7	0,42	5,64	24,6
	16:31	55450	18,4	3,66	16,46	30,3	0,66	7,69	26,8
	16:41	18010	17,5	1,23	6,32	27,3	0,07	2,75	23,7
	16:51	15420	17,7	1,22	5,36	24,2	0,07	2,35	20,7
	17:01	11280	17,1	0,91	4,04	21,7	0,07	1,72	19,3
	17:11	13890	17,5	1,2	4,98	20,8	0,07	2,12	19,3
	17:21	18280	17,5	1,22	6,03	20,6	0,07	2,69	19,2
	17:31	55530	18,6	3,65	16,89	27,3	0,67	7,72	25,9
	17:41	45810	18,5	3,03	13,49	27,2	0,53	6,43	24,7
	17:51	14430	18,4	1,49	4,6	25,1	0,07	2,06	22,7
	18:01	4388	16,7	0,32	1,64	19,1	0,01	0,7	17,9
18:11	4331	16,7	0,28	1,62	19,1	0	0,69	17,8	
30.03.2015	12:30	40350	15,6	3,05	13,77	30,8	0,52	6,09	26,1
	12:50	29040	15,5	2,3	9,91	29,7	0,2	4	26,7
	13:00	122900	16,5	4,24	18,93	35,6	1,29	14,54	32,5
	13:10	67900	17,6	3,65	16,59	48,5	0,68	9,14	42,9
	13:30	4839	16,7	0,24	1,85	25,9			
	13:40	6809	16,7	0,61	2,52	21,5	0,06	1,04	19
	13:50	6792	15,4	0,62	2,46	19,6	0,05	1,04	18,3
	14:10	4355	14,5	0,36	1,63	15	0,04	0,69	14,8
	14:21	19110	15,5	1,49	6,47	16,5	0,07	2,81	16,6
	14:31	13970	15,3	1,22	5,36	19,8			
	14:41	90600	16,6	4,23	18,79	27	1,26	11,67	26,1
	14:51	61130	16,2	3,65	16,41	35,1	0,6	7,85	31,2
	15:01	30970	17,2	1,86	9,12	34,5	0,12	4,21	29,9
15:11	116400	17,3	4,27	18,86	33,8	1,29	14,16	30,7	

	15:21	25130	17,5	1,64	7,31	36,9	0,07	3,41	32,8
	15:31	31280	17,8	1,88	9,34	33,8	0,07	4,39	30,1
	15:41	101300	18,3	4,27	19,22	30,2	1,28	13,35	28
	15:51	113700	19,3	4,25	18,98	34,3	1,29	14,02	31,5
	16:01	15610	18,4	1,06	4,6	39			
	16:45	23250	17,5	1,83	7,68	27,9	0,07	3,38	23,5
	16:55	68660	18,2	4,02	18,08	30,1	0,79	9,73	29
	17:15	9460	17,3	0,61	2,83	25,9	0,05	1,24	23,7
	17:25	7750	17,1	0,61	2,8	20,5	0,03	1,16	19,1
	17:36	7125	16,4	0,61	2,59	18,9	0,07	1	18,2
	17:46	42270	17,4	3,07	13,66	21,4	0,67	6,39	20,9
	17:56	6978	16,6	0,6	2,4	21,1	0,03	1,03	19,7
	18:06	4234	16,2	0,37	1,68	18	0,03	0,6	17,3
	18:16	5248	16,3				0,01	0,96	17,3
	18:36	4416	16,4	0,62	2,98	18,3			
	08:48	4583	9,4	0,54	1,82	9,9	0,05	0,73	9,9
	08:58	8566	9,9	0,63	3,26	11,2	0,07	1,33	10,9
31.03.2015	09:08	12000	10,3	1,22	4,37	13,6	0,07	1,83	12,9
	09:18	12095	11,2	1,2	4,67	15,3	0,08	1,96	14,7
	09:28	15910	11,7	1,22	5,76	16,4	0,08	2,42	15,3
	09:38	15150	11,4	1,22	5,66	18,8	0,07	2,33	17,2
	09:48	14010	12,2	1,21	5,06	18,2	0,07	2,13	16,2
	09:58	13060	12,4	1,21	4,92	18,1	0,07	2,03	16,5
	10:08	7843	12,6	0,61	3,03	16,9	0,05	1,23	15,1
	10:18	10600	12,7	1,1	3,81	15,8	0,07	1,63	14,8
	10:28	12680	12,2	1,22	4,61	16,6	0,07	1,95	15,8
	10:38	13600	13,2	1,23	4,91	17,6	0,07	2,07	16,7
	10:48	11260	12,6	1,16	4,38	17,2	0,06	1,76	15,6
	10:58	8010	12,5	0,61	3,03	16,2	0,06	1,23	14,7
	11:08	9420	12,4	0,7	3,67	15,9	0,07	1,46	14,8
	11:18	12490	12,2	1,19	4,63	15,6	0,06	1,9	14,6
	11:28	11180	12,7	1,12	4,33	16,2	0,06	1,73	15
	11:38	12860	12,7	1,22	4,87	16,2	0,07	1,96	15
	11:48	13140	13,6	1,22	5,01	17,2	0,07	2,04	16,1
	11:58	12670	13,7	1,21	4,82	18,7	0,07	1,96	17,3
	12:08	11760	13,1	1,18	4,5	18,6	0,06	1,83	17
	12:18	13050	13,6	1,23	4,91	19,2	0,07	2,01	17,5
	12:47	15000	13,4	1,22	5,66	20	0,07	2,35	18
	12:57	19300	13,6	1,79	7,17	21	0,09	3,01	18,5
	13:07	20640	13,9	1,83	7,54	22,1	0,11	3,27	19,1
	13:17	23130	13,6	1,86	8,36	23,2	0,25	3,58	19,8
	14:13	27520	14,1	2,43	9,65	26,4	0,39	4,18	24,2
	14:23	21300	14,6	1,83	7,34	25,2	0,11	3,23	22,3
	14:33	19970	14,7	1,83	7,39	25,3	0,09	3,1	22,7
	14:43	27150	14,7	2,42	9,71	25,7	0,34	4,19	21,7
	14:53	13830	14,4	1,22	5,09	24,4	0,07	2,15	21,4
	15:03	12500	14,6	1,22	4,87	22,3	0,07	2,08	20,1
	15:43	12320	14,5	1,22	4,8	19,4	0,06	1,93	17,9
	15:53	20690	14,5	1,83	7,5	21,6	0,16	3,18	19,9
	16:03	26460	15,3	1,92	8,78	24,7	0,26	3,91	23,6
16:13	95360	15,4	4,38	19,61	25,4	1,3	13,36	24,8	
16:23	29040	15,5	2,33	9,88	28,2	0,27	4,36	25,4	
16:33	12530	15,7	1,12	4,63	26,4	0,06	1,95	23,8	
16:53	20330	15,7	1,25	6,49	24,3	0,09	2,92	22,9	
17:03	23870	16,5	1,77	7,48	26,3	0,08	3,48	24,9	

	17:33	56750	17,3	3,82	17,35	26,2	0,69	8,16	25,9
	17:53	36210	16,5	2,48	11,83	25,7	0,37	5,55	23,8
	12:38	120300	18,4	3,81	17,7	53,3	1,28	13,83	45,1
	12:48	123400	18,4	3,66	17,77	52,7	1,29	13,96	44,7
01.04.2015	12:58	124100	19,1	3,66	17,67	54,8	1,29	13,93	47,1
	13:08	126700	19,4	3,66	17,5	58	1,26	14,03	48,9
	13:18	127800	20,4	3,66	17,48	57,9	1,29	14,06	48
	13:28	129200	21,5	3,66	17,36	57,5	1,25	14,16	47,6
	13:38	132500	21,7	3,66	17,36	59	1,28	14,35	48,5
	13:48	129900	21,5	3,69	17,41	53,9	1,29	14,26	45,9
	13:58	127900	21,4	3,68	17,61	48,2	1,29	14,23	41,9
	14:08	127000	22,3	3,68	17,44	55,3	1,29	14,06	47,8
	14:18	124500	22,3	3,66	17,52	56,3	1,28	13,9	47,2
	14:28	124900	22,5	3,66	17,58	52,8	1,28	13,97	45,6
	14:38	122500	22,5	3,66	17,38	57,6	1,26	13,8	49,4
	14:48	120200	22,3	3,66	17,38	56,5	1,29	13,65	48
	14:56	23590	11,4	1,83	7,8	37,7			
	15:08	23940	22,6	1,35	7,17	46,1			
	15:18	59590	21,7	3,66	16,44	33,5	0,6	7,94	29,1
	15:28	112600	22,9	4,08	18,07	41,7	1,28	13,47	38,1
	15:38	24890	37,6	1,39	7,14	37,6	0,07	3,32	32,9
	15:48	31270	34	1,83	9,68	34	0,11	4,13	30,7
	15:58	100100	22,5	3,78	18,17	40,6	1,25	12,49	38,2
	16:08	92730	24,3	3,67	17,52	48,3	1,12	11,82	45
	16:18	88920	24,6	3,66	17,44	49,2	0,74	11,49	44,6
	16:28	84370	25	3,65	17,24	49,7	0,76	1,04	44,2
	16:38	61890	24,7	3,62	16,37	48,1	0,67	6,49	43,6
	16:48	46640	24,4	3,03	14,12	40,9			
	17:08	30940	23,5	2,07	9,35	34,2	0,27	4,46	31,4
	17:18	50480	23,5	3,64	15,42	34,6	0,68	7,08	32,7
	17:28	52050	23,6	3,66	15,75	36,7	0,68	7,35	35,8
	17:38	40170	23,5	3,08	12,33	37,2	0,6	5,67	34,9
	17:48	23810	23,2	1,59	6,62	36			
	18:08	37630	22,4	2,56	11,63	30,9	0,59	5,42	30,2
	18:18	31200	23,5	2,29	9,74	32,7			
	18:28	26320	22,7	1,83	8,52	31,9			
	18:38	16790	22,2	1,28	6,13	31			
18:48	5788	22,5	0,59	2,39	28,2				
15:07	35440	11,5	2,44	11,08	26				
15:17	14010	11,4	1,22	5,11	21,9				
02.04.2015	15:27	86700	11,3	4,27	19,58	20,4	1,29	12,86	18,9
	15:37	19790	11,3	1,25	6,19	26,5	0,07	2,79	23,3
	15:47	17080	11,3	1,25	5,54	21	0,07	2,35	18,4
	15:57	35710	11,3	2,92	11,45	20	0,63	5,17	18,2
	16:07	13490	10,6	1,22	4,33	17,4	0,07	1,94	15,5
	16:17	20430	11,3	1,79	7,01	17,5	0,1	3,04	16,6
	16:27	95950	11,5	4,76	19,98	18,5	1,29	13,46	17,5
	16:37	16360	11,7	1,25	5,5	16,9	0,1	2,42	15,2
	16:47	19810	12,2	1,63	6,42	21,6	0,09	2,89	19,8
	16:57	17460	10,8	1,12	4,29	15,3	0,07	1,78	13,8
	17:07	10920	10,3	1,12	4,07	12,9	0,07	1,7	12,2
	17:17	9480	10,4	0,86	3,47	12,6	0,06	1,44	11,7
	17:27	55290	10,4	4,27	18,07	14,3			
	17:37	52150	11,4	3,66	15,97	16,6	0,72	7,69	15,9
17:47	50620	12,5	3,62	14,57	19	0,68	7,18	18,5	

	17:57	45910	12,4	2,97	12,74	20,1	0,63	5,98	19,4
	18:07	39010	13,3	2,51	11,33	21,2			
	18:17	32500	12,4	2,38	9,62	19,3	0,55	4,64	18,5
	18:27	26370	13,2	1,83	7,95	18,6	0,09	3,81	18,1
	18:37	19360	12,3				0,07	2,96	17,1
	18:47	11300	11,8				0,07	2,11	14,8
	18:57	2432	10,2	0,19	0,71	12,2			
	19:07	1607	10,6	0,04	0,53	9,6			
	08:07	6228	2,6	0,61	2,28	2,4			
	08:27	6585	2,2	0,61	2,57	4,5	0,05	1,04	4,8
03.04.2015	08:37	8512	2,4	0,81	3,59	4,8	0,08	1,44	4,7
	08:47	6889	2,5	0,67	2,69	4,9	0,07	1,08	4,7
	08:57	10040	2,4	1,14	3,88	6,9	0,07	1,59	6,4
	09:07	18970	2,5	1,84	7,62	8,4	0,13	3,17	7,6
	09:17	10030	4,2	1,09	3,68	10,9	0,07	1,52	9,3
	09:27	14040	4,2				0,09	2,23	8,3
	11:14	12780	9,5	1,06	4,29	13,1	0,07	1,06	12,7
	11:24	14420	10,4	1,22	4,91	14	0,07	2,12	13,3
	11:34	14650	10,8				0,07	2,16	14,2
	11:44	15740	11,4	1,23	5,37	15,8	0,07	2,32	14,5
	12:44	113900	13,1	3,89	18,45	40,4	1,3	14,29	34,3
	12:54	108700	14,4	3,86	18,14	44,5	1,27	13,35	37,4
	13:04	129300	15,2	3,74	18,1	48,4	1,3	14,92	40,9
	13:14	118200	15,3	3,73	17,93	49,8	1,24	13,86	42,9
	13:24	111300	15,4	3,68	17,92	48,2	1,28	13,32	40
	13:34	134100	16,2	4	18,1	49,9	1,29	14,84	43,6
	13:44	104100	16,2	3,68	17,51	53,6	1,25	12,6	45,8
	13:57	81000	16,3	3,66	17,25	46,8	0,7	10,58	38,5
	14:04	91700	17,1	3,79	17,88	42,3	1,12	11,01	35,8
	14:15	99600	16,6	3,71	17,71	45,5	1,15	12,03	38,6
	14:25	116400	17,6	3,68	17,7	52,4	1,28	13,61	45,7
	14:35	900000	17,2	3,69	17,59	46,9	0,82	11,44	40,1
	14:45	125600	18,1	3,98	18,03	48,6	1,29	14,43	41,1
	14:55	122100	18,4	3,75	17,66	53,8	1,25	13,9	45,8
	15:05	118800	19,4	3,66	17,67	54,1	1,29	13,72	45,4
	15:15	93000	19,4	3,66	17,3	53,6	1,08	11,7	46,8
	15:25	115300	18,5	3,66	17,81	51,5	1,28	13,56	43,1
	15:35	110400	20,2	3,66	17,7	51,4	1,15	13,18	43,4
	15:45	89400	18,5	3,66	17,31	50,4	0,75	11,43	44,8
	15:55	40520	18,6	2,52	12,76	45,1	0,37	5,77	38,2
	16:05	49050	17,2	3,34	15,19	29,2			
	16:15	57270	16,2	3,78	17	23,9	0,69	8,24	22,3
	16:25	88970	17,6	4,31	19,06	26,4	1,29	12,56	24,6
	16:35	42700	15,7	3,05	13,29	23	0,62	6,01	21,3
	16:45	52910	15,4	3,68	17,1	19,6			
	16:55	82410	16,5	4,3	18,93	26,3	1,21	11,78	25
	17:05	75900	17,6	4,13	18,53	27,7	0,83	10,55	25,7
	17:15	20290	16,6	1,57	6,87	23,5	0,07	3,08	21
	17:35	11990	14,5	1,22	4,24	17,2			
	17:45	49490	15,8	3,66	15,4	19,4	0,68	7,36	19,4
17:55	16140	15,2	1,22	5,36	20,3	0,07	2,38	19,8	
18:05	24610	14,5	2,04	8,51	18,3	0,08	3,76	17,8	
18:15	18710	13,6	1,65	6,35	16,7	0,07	2,84	16,4	
18:25	11840	12,4	1,12	3,9	14,9	0,07	1,76	14,5	
18:35	4902	12,5	0,54	1,86	13,4	0,07	0,79	13,1	

	18:45	1974	12,5	0,11	0,77	12,5			
	08:07	6228	2,6	0,61	2,28	2,4	0,07	0,96	3,4
	08:17	6906	2,6	0,86	2,74	3,7	0,07	1,12	4,3
	08:27	6585	2,2	0,61	2,57	4,5	0,06	1,04	4,8
04.04.2015	08:37	8512	2,4	0,81	3,59	4,8	0,08	1,44	4,7
	08:47	6889	2,5	0,67	2,69	4,9	0,07	1,08	4,7
	08:57	1004	2,4	1,14	3,88	6,9	0,07	1,59	6,4
	09:07	18970	2,5	1,84	7,62	8,4	0,13	3,17	7,6
	09:17	10030	4,2	1,09	3,68	10,9	0,07	1,52	9,3
	09:27	14040	4,2	1,26	5,36	9,5	0,09	2,23	8,3
	12:26	15680	8,8	1,79	6,76	19,1	0,13	2,63	16,5
	12:36	13200	8,3	1,22	4,78	19	0,07	2,01	16,2
	12:46	130900	8,4	4,87	20,83	16,6	1,33	15,94	14,8
	12:56	25370	9,2	1,86	9,03	36,6	0,14	3,92	31,2
	13:06	125200	10,4	4,25	18,87	40,1	1,77	16,55	35,2
	13:16	123400	10,4	4,27	18,71	43,3	1,29	15,19	35,2
	13:26	43180	9,6	2,85	13,18	39,7			
	13:36	127600	10,3	4,27	19,16	33	1,37	15,46	28,4
	13:46	131000	11,4	4,22	18,51	44,3	1,6	15,38	37,9
	13:56	132000	11,5	4,27	18,45	47,5	1,29	15,02	39,5
	14:06	129200	11	4,26	18,6	45,3	1,29	15,23	37,6
	14:16	81600	11				0,75	10,18	24,1
	14:26	15980	10,4	1,21	5,14	24,1	0,07	2,28	20,3
	14:36	21300	10,2	1,71	6,68	21,9	0,07	3,03	19,5
	14:46	123600	11,5	4,27	19,06	35,8	1,29	14,67	33,2
	14:56	121000	13,4	4,25	18,34	45,6	1,29	14,27	38,3
	15:06	15770	11,4	1,15	4,63	29,6	0,07	2,09	23,1
	15:16	18530	11,5	1,22	5,51	20,6	0,07	2,56	17,9
	15:26	113700	12,3	4,27	19,3	29,1	1,47	14,72	28
	15:36	21290	13,5	1,23	6,39	41,1	0,07	2,91	36,9
	15:46	23970	11,4	1,65	7,29	27,8	0,07	3,29	23,5
	15:56	88720	11,5	4,3	19,41	28,4	1,28	13,02	24,9
	16:06	17130	12,4	1,22	4,94	28,9	0,07	2,26	25,7
	16:16	16500	12,9	1,2	4,54	29,1	0,06	2,07	27,6
	16:26	87320	12,3	4,27	19,4	23,4	1,29	12,44	21,1
	16:36	15600	12,9	1,03	4,3	28,8	0,06	1,95	25,6
	16:46	14150	13,3	0,96	3,71	25,2	0,06	1,69	22,3
	16:56	75280	14,4	4,27	18,68	25,9	1,2	10,42	24,6
	17:06	69280	14,8	3,97	18,03	28,9	0,68	9,66	27,1
	17:16	66180	14,4	3,67	17,72	28,9	0,76	9,57	26,1
	17:26	60490	14,5	3,71	17,28	24,2	0,7	8,73	22,1
	17:36	54730	14,8	3,66	16,28	23,1	0,68	7,56	21,3
	17:46	50610	13,4	3,05	14,11	20,3	0,68	7,18	19,3
	17:56	45600	13,1	3,05	13,04	19,4	0,68	6,19	18,8
	18:06	36360	14,5	2,97	11,87	21,7	0,61	5,27	20,7
	18:16	32910	14,4	2,18	9,73	19,8			
	18:27	26110	13,4	1,82	7,93	18,6	0,07	3,79	18
	18:37	20020	12,5	1,41	6,53	17	0,1	3,07	16,7
	18:47	12130	12,4	1,28	4,92	15,4	0,07	2,26	15,1
	18:57	3577	12,3	0,54	1,33	14,3	0,07	0,59	12,3
19:07	1747	9,4	0,06	0,51	10,4	0,01	0,21	10	
19:17	932	9,4	0,01	0,29	8,7	0,01	0,12	8,6	
10:43	21750	9,6	1,83	8,08	17,3	0,07	3,44	15,3	
10:53	22680	9,4	2,3	8,51	19,8	0,52	3,57	16,6	
11:03	23220	9,2	2,36	8,62	21	0,2	3,66	17,2	

05.04.2015	11:13	22990	10,4	1,84	8,38	21,9	0,11	3,59	17,6
	11:23	24310	10,4				0,16	3,83	18,6
	11:33	24440	11,5	1,85	8,86	24,3	0,1	3,03	19,4
	11:43	26020	11,4	2,33	22,2	24,8	0,3	4,19	19,3
	11:53	28280	12,3	2,41	10,39	27,1	0,52	4,47	21,5
	12:03	29630	12,7	2,44	11,12	29	0,51	4,7	22,5
	12:13	31090	12,4	3,06	13,51	32,7	0,3	4,98	23
	12:23	33410	13	4,16	17,64	29,8	0,68	6,95	26,7
	12:34	64300	13,5	4,17	18,21	30,6	0,82	9,49	27,9
	12:44	50310	13,4	3,69	16,76	33,3	0,68	7,86	29,8
	12:45	40170	14,6	3,08	13,82	30,7	0,5	6,86	28
	13:04	38510	13,4	3,06	13,36	28,8			
	13:14	52420	14,5	3,76	17,12	28,7	0,68	7,69	26,1
	13:24	56110	14,3	4,07	17,52	28,3			
	13:34	49810	14,3	3,66	16,42	26,8	0,68	7,67	23,8
	13:44	51260	14,3				0,69	7,86	22,2
	13:54	60680	14,7	4,24	17,93	28,5	0,69	8,79	25,4
	14:04	50710	15,5	3,68	16,62	29,6	0,68	7,62	26,4
	14:14	43450	15,5	3,48	14,86	28,5	0,68	6,54	25,5
	14:24	42940	15,4	3,12	14,46	29,3	0,67	6,48	26,9
	14:44	34210	15,2	2,45	11,82	29,3			
	14:54	34430	15,4	2,5	11,89	28,4	0,52	5,25	25,6
	15:04	24290	15,7	1,83	8,78	25,7	0,1	3,03	21
	15:14	29380	15,2	2,44	10,37	27,3	0,35	4,56	22,8
	15:24	28030	15,2	2,4	9,94	25,3	0,48	4,38	20,6
	15:34	26680	15,3	2,35	9,41	22,6	0,18	4,15	19,2
	15:44	27740	15,3	2,35	9,77	22,8	0,21	4,32	19,5
	15:54	26910	15,6	2,25	9,57	22,9	0,38	4,23	19,7
	16:04	35130	15,4	3,04	12,27	21	0,58	5,32	18,8
	16:14	15750	14,3				0,07	2,49	17,9
	16:24	14060	14,5	1,27	5,2	18,3	0,07	2,24	16,9
	16:34	9310	13,2	0,98	3,65	17,5	0,07	1,49	16,3
	16:44	12570	13,9	1,22	4,84	16,7	0,07	2,01	15,9
	16:54	19620	13,5	1,81	7,05	17,3	0,12	3,07	16,7
	17:04	19090	14,7	1,81	6,89	18,2	0,1	2,98	17,7
	17:14	13250	14,2	1,21	4,94	17,7	0,07	2,09	16,8
	17:24	9900	13,7	1,18	3,91	17,1	0,07	1,61	16,1
	17:34	12690	13,5	1,22	4,78	16,9	0,07	2,03	16,3
	17:44	9360	14,1	1,02	3,76	17	0,06	1,51	16,4
	17:54	10130	13,3	1,09	3,82	16,6	0,06	1,01	16,1
18:04	5411	13,3	0,68	2,25	15,8	0,03	0,89	15,3	
18:14	5210	13,8	0,6	2,1	15	0,04	0,87	14,6	
18:24	4207	13,7	0,59	1,73	14,8	0,03	0,71	14,5	
18:44	5351	13,5	0,61	2,34	14,3	0,03	1,03	14,3	
18:54	5526	13,5	0,61	2,97	15,1	0,06	1,3	15,4	

ÖZGEÇMİŞ



Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Şahabettin HASAR
Doğum Yeri ve Tarihi : Mardin / 20.11.1978

Eğitim Durumu

Lisans Öğrenimi : Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektrik Öğretmenliği

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

İş Deneyimi

Çalıştığı Kurumlar : Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Osmaneli Meslek Yüksekokulu

İletişim

Adres : Osmaneli Meslek Yüksekokulu Osmaneli/Bilecik
Tel : 0228 214 13 44
E-Posta Adresi : sahabettin.hasar@bilecik.edu.tr

Akademik Çalışmaları

- “Thermal Change for Photovoltaic Panels and Energy Effects” , *Balkan Journal of Electrical & Computer Engineering, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul*, Vol.3, No.4, 179-184 Special Issue, 2015.
- “Fotovoltaik Panellerdeki Isıl Değişimin Enerji Üretimi Üzerine Etkileri”, *UMAS 2015 Ulusal Mühendislik Araştırmaları Sempozyumu, Düzce*, 2015.

Tarih:22/01/2016