

T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



FOTOVOLTAYİK PANELLERDE PERFORMANS
ARTTIRMA YÖNTEMLERİNİN İNCELENMESİ

TURAL RAHMANOV

YÜKSEK LİSANS TEZİ

T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FOTOVOLTAYİK PANELLERDE PERFORMANS
ARTTIRMA YÖNTEMLERİNİN İNCELENMESİ

TURAL RAHMANOV

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

SAMSUN
2019

Her hakkı saklıdır.

TEZ ONAYI

Tural RAHMANOV tarafından hazırlanan ‘‘**Fotovoltaik Panellerde Performans Arttırma Yöntemlerinin İncelenmesi**’’ adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman

Doç. Dr. Hakan ÖZCAN
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

Jüri Üyeleri

Başkan

Doç. Dr. Hakan ÖZCAN
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Dr. Bilal SUNGUR
Samsun Üniversitesi
Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Dr. İbrahim İNANÇ
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı

Yukarıdaki sonucu onaylıyorum. / / 2019

.....

Prof. Dr. Bahtiyar ÖZTÜRK
Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atf yaparak belirttiğimi beyan ederim.



23.08.2019

Tural RAHMANOV

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

FOTOVOLTAİK PANELLERDE PERFORMANS ARTTIRMA YÖNTEMLERİNİN İNCELENMESİ

Tural RAHMANOV

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Bölümü

Danışman: Doç. Dr. Hakan ÖZCAN

Teknoloji geliştikçe, ilerledikçe enerji kullanım alanları ve enerji tüketimi gittikçe hızlı bir şekilde artmaktadır. Buna karşılık olarak fosil yakıt rezervlerinde azalmaktadır. Bu aşamada yenilenebilir enerji kaynakları ön plana çıkmaktadır. Yenilenebilir enerji türlerinden ısı ve ışık kaynağı olan güneş enerjisi, birçok yenilenebilir enerji türlerinin kaynağıdır. Günümüzde fotovoltaik paneller geliştirilerek güneş enerjisinden elektrik üretilmektedir. Yalnız yeryüzüne yansıyan güneş enerjisi bir kısmını elektrik enerjisine dönüştürebilmekteyiz. Buna istinaden birçok ülkenin bilim adamları fotovoltaik paneller üzerinde verim, performans arttırma yönünde çalışmalar sürdürmektedirler. Fotovoltaik panellerin performansını etkileyen birçok unsurlar vardır ki bunlara panelin ısınması, panel camının kirlenmesi, panelin konumlanması gibi örnekler söylenebilir. Fotovoltaik panellerin performansını etkileyen en önemli unsurlardan biri de fotovoltaik panele yansıyan güneş ışınlarının yoğunluğudur. Bu çalışmada da güneş ışınlarının daha büyük alandan daha küçük alana yoğunlaştırılarak odaklanması için içi sıvı dolu odaklayıcı küre ve kürenin sabit veya hareketliliği için küre sehpa tasarlanmıştır. Bu odaklanma sonucunda performansı arttırmak ve tasarlanmış sistemin performans analizi yapılması amaçlanmıştır. Sistemin performans analizini yaparken deneysel veriler iki aşamalı yapılmıştır. Tasarlanan sistem verileri kaydedilirken aynı anda sistem olmadan sadece fotovoltaik panelin verileri de kaydedilerek sonra bu değerler karşılaştırılarak performans analizi yapılmıştır. Tez konusunun daha kapsayıcı olması amacıyla birçok farklı renk sıvılar doldurularak deneyler gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan sistemin yapılan deneyler sonucunda şeffaf su dolu odaklayıcı küre performans olumlu etkileyerek güneş panelinin verimini %5,7' den %20' e çıkardığı görülmüştür.

Ağustos 2019, 98 sayfa

Anahtar kelimeler: Fotovoltaik Panel, Güneş Enerjisi, Yenilenebilir Enerji
Fotovoltaik Pil, Yoğunlaştırıcı Küre, Küre Sehpa

ABSTRACT

Master Thesis

ANALYSIS OF PERFORMANCE INCREASING METHODS IN PHOTOVOLTAIC PANELS

Tural RAHMANOV

Ondokuz Mayıs University
Institute of Science

Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Hakan ÖZCAN

As technology evolves and advances, energy usage areas and energy consumption increase rapidly. In contrast, fossil fuel reserves are decreasing. At this stage, renewable energy sources come to the forefront. Solar energy, which is one of the renewable energy types, is the source of many renewable energy sources. Today, photovoltaic panels are developed and electricity is produced from solar energy. We can only convert some of the solar energy reflected on the earth to electrical energy. Accordingly, scientists from many countries are working on improving efficiency and performance on photovoltaic panels. There are many factors affecting the performance of photovoltaic panels, such as heating the panel, contamination of the panel glass, positioning the panel. One of the most important factors affecting the performance of photovoltaic panels is the intensity of sunlight reflected on the photovoltaic panel. In this study, a liquid filled focusing sphere is designed to concentrate the sun's rays from a larger area to a smaller area and a sphere stand is designed for the stationary or movement of the sphere. As a result of this focus, it is aimed to increase performance and perform performance analysis of the designed system. While performing the performance analysis of the system, the experimental data were made in two stages. While the designed system data were recorded, only the data of the photovoltaic panel without the system were recorded and the performance analysis was made by comparing these values at the end. In order to make the subject of the thesis more comprehensive, experiments were carried out by filling many different color liquids. As a result of the experiments, it was seen that the transparent water filled focusing sphere had a positive effect on performance and increased the efficiency of the solar panel from 5.7% to 20%.

August 2019, 98 pages

Keywords: Photovoltaic Panel, Solar Energy, Renewable Energy Photovoltaic Battery, Concentrator Sphere, Sphere Table

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince tüm süreçlerde her türlü destek ve yardımlarını esirgemeyen, bilgi ve birikimleri ile bana yol gösteren danışman hocam sayın Doç. Dr. Hakan ÖZCAN' a teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmamda benimle sürekli fikir alışverişinde bulunarak çalışmanın hızlanması ve içeriğinin zenginleşmesinde yardımcı olan meslektaşım Murat Can Çeliğ, bu çalışmanın imalatı ve deney çalışmalarında sağladıkları yardımları için başta Atakan AVCI ve ekibi olan ARS Endüstriyel Kontrol A.Ş 'ye teşekkürlerimi sunarım.

Bu güne kadar ister eğitim ister sosyal hayatımda hep yanımda olan, bana maddi ve manevi desteklerini hiç esirgemeyen ve bu günlere gelmemde büyük emekleri olan başta anne ve babam olmak üzere aileme teşekkürlerimi bildirir, saygılarımı sunarım.

Ağustos 2019

Tural RAHMANOV

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iv
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
1.1. Dünyada ve Türkiye’de Enerji	2
1.1.1. Dünyada Kullanılan Enerji Kaynakları	3
1.1.2. Türkiye’de Kullanılan Enerji Kaynakları.....	3
1.2. Yenilenebilir Enerji	3
1.2.1. Hidroelektrik Enerji.....	4
1.2.2. Jeotermal Enerji.....	4
1.2.3. Rüzgâr Enerjisi.....	5
1.2.4. Dalga Enerjisi.....	5
1.2.5. Okyanus Isısı Enerjisi.....	5
1.2.6. Gelgit (Meddücezir) Enerjisi.....	6
1.2.7. Hidrojen Enerjisi	6
1.2.8. Yakıt Pilleri	7
1.2.9. Biokütle Enerjisi.....	7
1.2.10. Güneş Enerjisi	8
1.3. Fotovoltaik Sistemler.....	15
1.3.1. Fotovoltaik Sistem Çeşitleri.....	15
1.3.2. Fotovoltaik Sistemlerin Avantaj ve Dezavantajları	16
1.3.3. Fotovoltaik Sistemlerin Durumu	17
1.3.4. Fotovoltaik Sistemler - DC Yük.....	19
1.3.5. Fotovoltaik Sistemler - AC Yük.....	19
1.3.6. Fotovoltaik Sistem Ana Bileşenleri.....	20
1.4. Fotovoltaik Paneller.....	23
1.4.1. Fotovoltaik Panel Yapısı	23
1.4.2. Fotovoltaik Panelde Elektrik Oluşumu	24
1.4.3. Güneş Pili Çeşitleri.....	25
1.4.4. Fotovoltaik Panel Performanslarının Belirlenmesi	27
2. LİTERATUR TARAMASI.....	36
3. MATERYAL VE METOT.....	39

3.1. Fotovoltaik Panel.....	40
3.2. Fotovoltaik Panel Sehpası	40
3.3. Ölçüm Cihazları.....	42
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	45
4.1. Deneysel Sonuçlar	45
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	73
KAYNAKLAR.....	76
EKLER.....	82
EK 1.....	82
EK 2.....	82
EK 3.....	82
EK 4.....	83
EK 5.....	83
EK 6.....	83
EK 7.....	83
ÖZGEÇMİŞ	

SİMGELER VE KISALTMALAR

SİMGELER

AC	Alternatif akım.(A)
B	Doğrudan (direk) ışınım.
D	Yayılmış ışınım.
DC	Doğru akım.(A)
FF	Fill faktörü.
G	Eğimli bir yüzey üzerinde ki toplam (küresel) güneş ışınımı
I	Çıkış bağlantı akımı.(A)
IL	Işığın ürettiği akım.(A)
ISC	Kısa devre akımı.(A)
P	Albedo (yeryüzünden yansıyan ışınlara verilen genel ad)
Pm	Çıkış gücü.(W)
RL	Yük direnci. (Ω)
Rs	Seri direnç.(Ω)
T :	Sıcaklık.($^{\circ}\text{C}$)
VOC	Açık devre gerilimi.(V)
α_{Isc}	Sıcaklığın akım üzerindeki etkisi.(%/ $^{\circ}\text{C}$)
β_{Voc}	Sıcaklığın gerilim üzerindeki etkisi (%/ $^{\circ}\text{C}$)
γ_{pm}	Sıcaklığın çıkış gücü üzerindeki etkisi.(%/ $^{\circ}\text{C}$)
δ	Deklinasyon açısı.
η	Fotovoltaik pilin verimi.
θ_z	Zenit açısı.

KISALTMALAR

AM	Hava Kütleli(Air Mass,)
DMİ	Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü
DMT	Dünya Meteoroloji Teşkilatı (World Meteorological Organization,WMO)
EİE	Elektrik İşleri Etüd İdaresi Genel Müdürlüğü
GEPA	Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası
MGN	Maksimum Güç Noktası
MTEP	Milyon Ton Eşdeğeri Petrol
NASA	Amerikan Ulusal Havacılık ve Uzay Araştırmaları Merkezi
PV	Fotovoltaik PİL
WRC	Dünya Işınım Merkezi
YEGM	Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Hidroelektrik santrali akış şeması	4
Şekil 1.2. Jeotermal enerji kaynağı	4
Şekil 1.3. Türkiye'nin rüzgâr enerji atlası	5
Şekil 1.4. Biokütle kaynakları kullanılan çevrimler	7
Şekil 1.5. Dünya ve güneş sistemi	8
Şekil 1.6. Güneş ışımının dağılımı	9
Şekil 1.7. Sera etki görünümü	9
Şekil 1.8. Aylık güneş ışımının dağılımı şebeke haritası	10
Şekil 1.9. Güneş açıları	11
Şekil 1.10. Deklinasyon açısı eğrisi	12
Şekil 1.11. Zenit açısı	12
Şekil 1.12. Açılar ilişkisi	13
Şekil 1.13. Şebekeye bağlı fotovoltaik sistem	15
Şekil 1.14. Şebekeden bağımsız fotovoltaik sistem	16
Şekil 1.15. 2012 Yılına kadar dünya genelinde şebekeye bağlı fotovoltaik sistem öngörüsü	17
Şekil 1.16. 2008 yılı fotovoltaik piyasanın dünya ülkelerine dağılımı	18
Şekil 1.17. 2008 yılı fotovoltaik pazarının dünya ülkelerine dağılımı	18
Şekil 1.18. Fotovoltaik sistemlerde DC yük	19
Şekil 1.19. Fotovoltaik sistemlerde AC yük	19
Şekil 1.20. Fotovoltaik sistem bileşenleri	20
Şekil 1.21. Solar kontrol cihazı (Şarj düzenleyici)	20
Şekil 1.22. Şarj cihazı	21
Şekil 1.23. İnvantör	21
Şekil 1.24. Fotovoltaik paneller	22
Şekil 1.25. Fotovoltaik elamanlar	23
Şekil 1.26. Fotovoltaik panel içyapısı	24

Şekil 1.27. Güneş pilinin içyapısı.....	24
Şekil 1.28. Güneş pili elektriksel şeması.....	25
Şekil 1.29. Poli kristal silisyumdan üretilmiş güneş pili	26
Şekil 1.30. Mono kristal silisyumdan üretilmiş güneş pili	26
Şekil 1.31. İnce film güneş pili	27
Şekil 1.32. Fotovoltaik hücrenin akım-gerilim karakteristiğini ve maksimum güç.28	
Şekil 1.33. Fotovoltaik hücrenin akım-gerilim karakteristiği ve maksimum güç	29
Şekil 1.34. Fotovoltaik hücrenin güneş ışınım şiddetine göre akım-gerilim grafiği	29
Şekil 1.35. Türkiye yıllık güneşlenme haritası.....	31
Şekil 1.36. (a) Optimum yıllık, aylık ve saatlik (08.00, 12.00 ve 16.00 yerel saatleri için) eğim açılarının aylara göre değişimi; (b) Optimum aylık ve saatlik eğim açılı panellerle sağlanan güç kazancının kıyaslanması.	32
Şekil 1.37. Çatıda gölgelenme örneği	33
Şekil 1.38. Gösterilen PV panel için günün iki farklı anında açık hava ve kısmi gölgeli hava güç-gerilim grafiği.....	34
Şekil 3.1. Model resmi	39
Şekil 3.2. Teknik resimler	39
Şekil 3.3. Fotovoltaik panel.....	40
Şekil 3.4. Performans artırma düzeneği	40
Şekil 3.5. Işın yoğunlaştırıcı küre.....	41
Şekil 3.6. Küre ve fotovoltaik panel sehpası.....	41
Şekil 3.7. Mastech SM206 solarimetre	42
Şekil 3.8. Dijital multimetre.	42
Şekil 3.9. GM550 infrared (temassız) sıcaklık ölçer.....	43
Şekil 3.10. Reosta şematik görünümü.....	44
Şekil 4.1. Direk panele yansıtılarak elde edilen I-V ve P-V karakteristik eğrileri... 46	
Şekil 4.2. Maksimum güç ve dolgu faktörü alanı	47
Şekil 4.3. Deneyde gün boyunca gözlemlenen değerlerden hesaplanan güç - zaman eğrisi.....	48

Şekil 4.4. Güneş ışınlarının şeffaf su dolu küreden yansıtılarak elde edilen	49
Şekil 4.5. Maksimum güç ve dolgu faktörü alanı	50
Şekil 4.6. Deneyde gün boyunca gözlemlenen değerlerden hesaplanan güç-zaman eğrisi.....	51
Şekil 4.7. Güneş ışınlarının sarı renk sıvı dolu küreden yansıtılarak elde edilen I-V ve P-V karakteristik eğrileri	52
Şekil 4.8. Maksimum güç ve dolgu faktörü alanı	53
Şekil 4.9. Deneyde gün boyunca gözlemlenen değerlerden hesaplanan güç - zaman eğrisi.....	54
Şekil 4.10. Güneş ışınlarının yeşil renk sıvı dolu küreden yansıtılarak elde edilen I-V karakteristiği	55
Şekil 4.11. Maksimum güç ve dolgu faktörü alanı	56
Şekil 4.12. Deneyde gün boyunca gözlemlenen değerlerden hesaplanan güç zaman eğrisi.....	57
Şekil 4.13. Güneş ışınlarının kırmızı renk sıvı dolu küreden yansıtılarak elde edilen I-V karakteristiği	58
Şekil 4.14. Maksimum güç ve dolgu faktörü alanı	59
Şekil 4.15. Deneyde gün boyunca gözlemlenen değerlerden hesaplanan güç zaman eğrisi.....	60
Şekil 4.16. Güneş ışınlarının mavi renk sıvı dolu küreden yansıtılarak elde edilen I-V ve P-V karakteristik eğrileri	61
Şekil 4.17. Maksimum güç ve dolgu faktörü alanı	62
Şekil 4.18. Deneyde gün boyunca gözlemlenen değerlerden hesaplanan güç-zaman eğrisi.....	63
Şekil 4.19. Deneyi yapılan tüm renklerin I-V karakteristikleri.....	64
Şekil 4.20. Deneyi yapılan tüm renklerin P-V karakteristikleri.....	64
Şekil 4.21. Deneyi yapılan tüm renklerin maksimum güç değerleri.....	65
Şekil 4.22. Deneyi yapılan tüm renklerin güç-zaman değişimleri.....	65
Şekil 4.23. Deneyi yapılan renklerin verim değerleri	65

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Enerji kaynaklarının sınıflandırılması	2
Çizelge 3.1. Fotovoltaik panelin teknik özellikleri	40
Çizelge 3.2. Mastech SM206 solarimetre teknik özellikleri	42
Çizelge 3.3. Dijital multimetre teknik özellikleri.....	43
Çizelge 3.4. GM550 infrared (temassız) sıcaklık ölçer teknik özellikleri	43
Çizelge 4.1. Direnç değişimine göre maksimum güç noktasının belirlenmesi	46
Çizelge 4.2. Gün boyunca panelin ürettiği değerler	48
Çizelge 4.3. Direnç değişimine göre maksimum güç noktasının belirlenmesi	49
Çizelge 4.4. Gün boyunca panelin ürettiği değerler	51
Çizelge 4.5. Direnç değişimine göre maksimum güç noktasının belirlenmesi	52
Çizelge 4.6. Gün boyunca panelin ürettiği değerler	54
Çizelge 4.7. Direnç değişimine göre maksimum güç noktasının belirlenmesi	55
Çizelge 4.8. Gün boyunca panelin ürettiği değerler	57
Çizelge 4.9. Direnç değişimine göre maksimum güç noktasının belirlenmesi	58
Çizelge 4.10. Gün boyunca panelin ürettiği değerler.....	60
Çizelge 4.11. Direnç değişimine göre maksimum güç noktasının belirlenmesi	61
Çizelge 4.12. Gün boyunca panelin ürettiği değerler.....	63

1. GİRİŞ

Enerji son yıllarda dünyada çok önemli konuma gelmektedir. Günlük yaşamda her alanda kullanılmakta olan enerji; mekanik, nükleer, kimyasal, termal, jeotermal, hidrolik, güneş, rüzgâr enerjileri gibi farklı şekillerde bulunmakta ve farklı yöntemlerle elektrik enerjisine dönüştürülebilmektedir. Enerji kaynakları kullanımına göre yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları olarak ikiye ayrılır. Enerji kaynaklarının sınıflandırılmasına göre birincil ve ikincil enerji kaynakları olarak ikiye ayrılır. Şekil 1’de detaylı olarak gösterilmektedir. (Koç, 2013; Şenel, 2013).

Yenilenemez enerji kaynakları yakın zamanda tükeneceği öngörülmekte ve fosil ve çekirdek kaynaklar olmak üzere farklı iki sınıfa ayrılmaktadırlar. Yenilenebilir enerji kaynaklarına bakıldığında ise gelecekte tükenmeden kalabilecek, uzun sürebilecek ve her zaman kendisini yenileyebilecek enerji kaynaklarını ifade etmektedir.

Enerji kullanımının önemli ölçüde artması ve gittikçe daha çok enerjiye ihtiyaç olmasıyla ve bu enerji ihtiyacının bu zamana kadar nerdeyse tamamını yenilenemez enerji kaynaklarının kullanılarak giderilmesi ve bu enerji kaynaklarının hızla azalması dünyadaki tüm ilgiyi yenilenebilir enerji kaynaklarına yönlendirmektedir. Geçmişten bugüne daha çok önem verilen yenilenemez enerji kaynaklarının kullanılması doğaya onarılması zor ve ya imkânsız zararlara yol açmaktadır. Doğaya zarar vermeden temiz hava, kirliliğe çözüm ve temiz enerji elde etmenin yolu yenilenebilir enerji kaynakları kullanmaktır. Bu enerji kaynakları arasında en çok potansiyele sahip enerji kaynağı güneştir. Yeryüzüne ulaşan güneş enerjisi ortalama olarak 36 Milyar Watt’ a (3.6×10^6 TW), rüzgâr enerjisi 72 TW, jeotermal enerjisi 9.7 TW ve insan gücünün 15 TW’ a ulaşabileceği saptanmıştır. (Koç, 2013; Şenel, 2013).

Sunulacak olan bu çalışmada; enerji türlerindeki çeşitlilik, Dünya’da ve Türkiye’de enerjinin hangi tür enerji kaynaklarından elde edildiği, yenilenebilir enerji kaynaklarının çeşit ve verimliliği, yenilenemez kaynaklara göre avantaj ve

dezavantajları, fotovoltaik sistemlerin Dünyada ve Türkiye’de kullanım alanları ve nedenleri bulunmaktadır.

Bu konuların dışında fotovoltaik panelden nasıl elektrik elde edildiği, elektrik üretim performansını etkileyen faktörler, fotovoltaik panellerin performans artırma yöntemleri araştırılması ve bu yöntemlerin analiz ve sonuçları bulunmaktadır.

Çizelge 1.1. Enerji kaynaklarının sınıflandırılması (Koç, 2013; Şenel, 2013).

Enerji Kaynakları	
Kullanışlarına Göre	Dönüştürülebilirliklerine Göre
A) Yenilenemez (Tükenir)	A) Birincil (Primer)
Fosil Kaynaklar Kömür Petrol Doğal Gaz Çekirdek Kaynaklı Uranyum Toryum	Kömür Petrol Doğal Gaz Nükleer Biokütle Hidrolik Güneş Rüzgâr Dalga, Gel-Git
B) Yenilenebilir (Tükenmez)	B) İkincil (Sekonder)
Hidrolik Güneş Biokütle Jeotermal Dalga, Gel-Git Hidrojen	Elektrik, Benzin, Mazot, Motorin İkincil Kömür Kok, Petro kok Hava Gazı Sıvılaştırılmış Petrol Gazı (LPG)

1.1. Dünyada ve Türkiye’de Enerji

Dünya’da ve Türkiye’de en çok kullanılan enerji kaynakları birincil enerji kaynaklarıdır ve en çok da enerji bu kaynaklardan üretilir. Bu kaynak türleri fosil yakıt olduğundan doğayı tahrip etmekte ve birçok insan, sivil kuruluşlar tarafından tepkiyle karşılanmaktadır. Bu tür sebeplerden dolayı ve de gittikçe dünyada daha çok enerjiye ihtiyaç duyulduğunu görülmekte ve tüm ülkelerde fosil yakıt tüketimini azaltmak, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmek için bu konularla ilgili sempozyumlar düzenlenmektedir.

1.1.1. Dünyada Kullanılan Enerji Kaynakları

Dünyada en çok kullanılan birincil enerji kaynaklarıdır. Elde edilen verilere göre 2016 yılı sonu itibari ile kullanılan birincil enerji miktarı 13.147 Mtp'a (milyon ton petrol) eşdeğerdir. Birincil enerji kullanımında büyük payı olan yenilenemez enerji kaynakları sırasıyla; petrol (%32.9), kömür (%29.2), doğal gaz (%23.9), olduğu görülmektedir (MMO, 2014).

1.1.2. Türkiye'de Kullanılan Enerji Kaynakları

Türkiye'de enerji kaynaklarının en önde geleni birincil enerji kaynaklarıdır. Son yılların (2015) verilerine baktığımızda Türkiye'de kullanılan yıllık enerji miktarı 129. 27 Mtp' a (milyon ton petrol) eşdeğerdir. Bu kaynaklarda sırasıyla bakarsak kömür (%17), doğal gaz (%31), petrol (%30) ve yenilenebilir (%8) enerji kaynakları kullanılmaktadır. Kullanılmakta olan yenilenebilir enerji ile yenilenemez enerji oranına baktığımızda aradaki farkın çok olması dikkat çekmektedir. (MMO, 2014).

1.2. Yenilenebilir Enerji

Yenilenebilir enerji 'enerji kaynağından alınan enerjiye eşit oranda veya kaynağın tükenme hızından daha çabuk bir şekilde kendini yenileyebilen enerji kaynağı' olarak tanımlanır. Yenilenebilir enerji, 'doğanın kendi evrimi içinde, bir sonraki gün aynen mevcut olabilen enerji kaynağı ' olarak tanımlanır. (Akaydın, 2005)

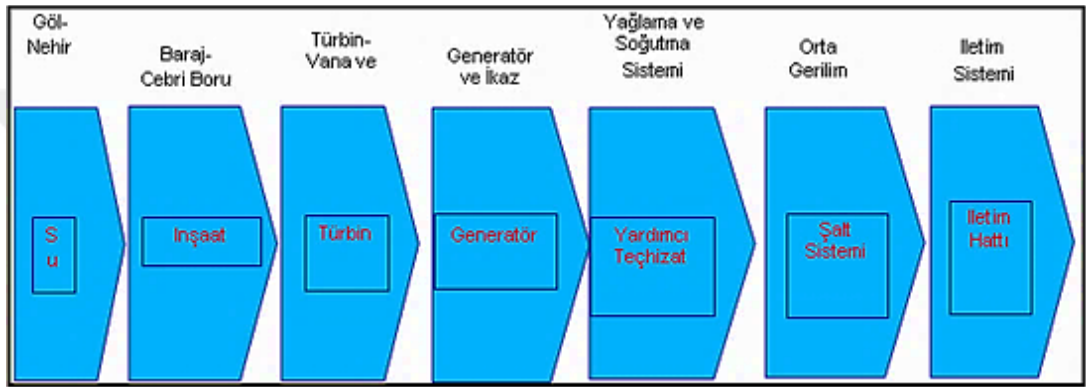
Yenilenebilen enerji kaynaklarının başka bir önemi de çevreye dost olması, çevreni kirletmemesidir. Yenilenebilen enerji kaynakları ulaşılabilirlik, kabul edilebilirlik, mevcudiyet ve birçok özellikleri de taşımaktadır.

Yenilenebilen enerji kaynakları 8 çeşit olarak sınıflandırılabilir. Bunlar;

- Hidroelektrik Enerji
- Jeotermal Enerji
- Rüzgâr Enerjisi
- Okyanus Enerjisi
- Güneş Enerjisi
- Hidrojen Enerjisi
- Biokütle Enerjisi olarak tanımlanmaktadır.(Uyar, 2004)

1.2.1. Hidroelektrik Enerji

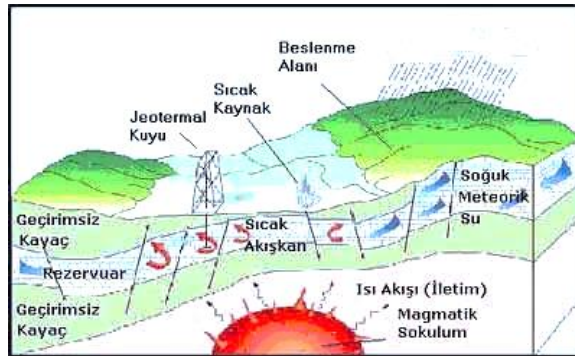
Hidroelektrik santraller (HES) Hareket halinde olan suyun kinetik enerjisini elektrik enerjisiye dönüştürür. Harekette olan akışkan içindeki enerji miktarı akışkanın akış veya düşüş hızına bağlı olarak değişmektedir. Büyük bir çay veya nehirde akan su miktarına göre de çok miktarda kinetik enerji taşımaktadır. İkinci bir husus ise, akışkanın ne kadar çok yüksekten düşmesidir ki bu da enerji miktarını arttırmaktadır. Hareketli akışkanı borular ve kanallar vasıtasıyla türbinlere gönderilerek mekanik enerjiye ve türbinlere bağlı jeneratörlerde mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürürler. (YEGM, 2016 a)



Şekil 1.1. Hidroelektrik santrali akış şeması

1.2.2. Jeotermal Enerji

Jeotermal (jeo-yerküre, termal-ısı anlamına gelir) yerkabuğunda biriken ısının zamanla birikmesi sonucunda kimyasallaşan ve buharlaşan gazlardır. Bu enerji kaynağında da diğerlerinde olduğu gibi doğrudan ve dolaylı yollardan enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır. (YEGM, 2016 b)



Şekil 1.2. Jeotermal enerji kaynağı

1.2.6. Gelgit (Meddücezir) Enerjisi

İdeal Enerji ya da Gelgit Gücü de denildiği gibi, okyanusların gelgitlerinde elektrik üretmek için büyük miktarda enerji kullanan bir başka hidro elektrik şeklidir. Gelgit Enerjisi, “okyanusların ve denizlerin etrafındaki büyük miktarda suyu gelgit üretmek için her gün hem ayın hem de güneşin çekim kuvvetlerini kullandığından “Yenilenebilir enerji kaynağı” olarak da sınıflandırılabilir bir alternatif enerjidir.

Gelgit barajları, gelen yüksek gelgitler ve giden alçak gelgitler arasındaki dikey yükseklik farkını kullanarak elektrik üretir. Gelgit ebeleri ve akarken, deniz suyunun tek yönlü su altı tünel sisteminden rezervuar içine veya dışına akmasına izin verilir. Gelgit suyunun bu ileri geri akışı, tünellerin içindeki su türbini jeneratörlerinin hem gelen hem de giden gelgitlerde elektrik üretmek için kullanılan özel jeneratörlerle gelgit enerjisi üreten dönmelerine neden olmaktadır. (Beş, 2017)

1.2.7. Hidrojen Enerjisi

Bol miktarda doğada bulunan hidrojen doğal bir enerji kaynağı olmamasının nedeni serbest olarak bulunmamasıdır. Birincil enerji kaynakları ile değişik hammaddelerden üretilmekte ve bazı dönüşümlerle üretilmektedir. Bu sebeplerden dolayı geleceğin alternatif enerji kaynağı olarak yorumlanır. (YEGM, 2016 d)

Hidrojende enerji yoğunluğu yüksektir. Uygun şekilde yakıldığında atık ürünü yalnız sudur. Şuan ki üretim yolu petrol ve kömürdür, temiz üretim yolu ise hidrolizdir. Yalnız bunun için elektriğe ihtiyaç var ve elektrik de eğer fosil yakıttan üretiliyor ise bir anlam ifade etmemektedir. Bu sorunu çözmemiz için farklı bir yenilenebilir enerji kaynağından üretilen enerjini kullanmamız lazım ki bu da güneş enerjisi olabilir. Fotovoltaikler nispeten ucuz fiyattalar bu da gerçekleşirse suyun elektrolizi ile elektrik elde edip, hidrojenin yakılması ile de tekrardan suya dönüştürülecek. Lakin yüksek bir verim ve temiz bir şekilde yanması için yakıt hücrelerinin gelişmesi gereklidir. Hidrojen doğrudan kullanımın (içten yanmalı motorlarda) dışında da alevsiz yanmaya (katalitik yüzeylerde) da uygundur. Dünyada ki gelişim ise yakıt pili doğrultusundadır.(YEGM, 2016 d)

1.2.8. Yakıt Pilleri

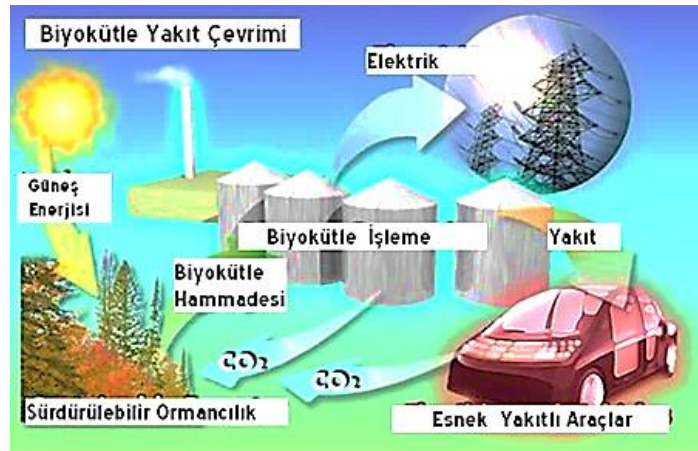
Yakıt pilleri çevre dostu, temiz, verimi yüksek olan enerji dönüştürme teknolojisidir. Türbin veya buhar kazanı kullanmadan, kimyasal bir reaksiyon ile elektrik enerjisi üretilebilir. Hidrojen (H_2) ve oksijen (O_2) arasında elektrokimyasal reaksiyon ile elde edilir ve verimlilikleri %80' e kadar ulaşabilir. Elektrokimyasal makineler ve sürekli çalışan piller olarak tanınır.(YEGM, 2016 e)

1.2.9. Biokütle Enerjisi

Biokütle yenilenebilir bir enerji kaynağıdır ve enerji mahsullerinden tarımsal veya ormanlık atıklara ve biyolojik atıklara kadar her şey olabilir. Biokütle hem ısı hem de elektrik üretmek için kullanılabilir. Yeşil ısı üreterek ve birlikte ateşleyerek mevcut kömür santrallerinden kaynaklanan CO2 emisyonlarını azaltmada kilit rol oynar. Şekil 1. 4' de doğal biokütle çevrimi görülmektedir. (YEGM, 2016 f)

Yandığında, biokütle içindeki enerji ısı olarak salınır. Şömineniz varsa, yakacağınız odun biokütle yakıtı olduğu için biokütle kullanımına zaten katılıyorsunuz.

Biokütle enerji santrallerinde, elektrik üretmek için türbin çalıştıran veya sanayi ve evlere ısı sağlayan buhar üretmek için odun atıkları veya diğer atıklar yakılmaktadır. Neyse ki, kirlilik kontrolleri ve yanma mühendisliği dahil olmak üzere yeni teknolojiler, endüstriyel tesislerde yanan biokütleden kaynaklanan emisyonların genellikle fosil yakıtlar (kömür, doğal gaz, petrol) kullanıldığında üretilen emisyonlardan daha az olduğu görüşündedir (YEGM, 2016 f)



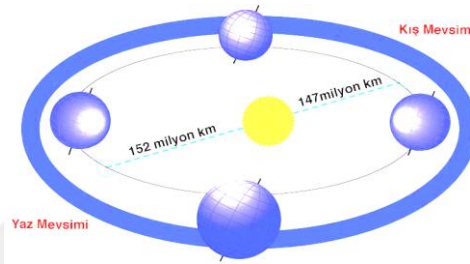
Şekil 1.4. Biokütle kaynakları kullanılan çevrimler

1.2.10. Güneş Enerjisi

Güneş enerjisi, kaynağı Güneş olan ısı ve parlak ışıktır. Güneş enerjisi herhangi bir zararlı gaz salınımının olmadığı, doğrudan güneş ışığından üretilen temiz bir enerji kaynağıdır.

Güneş

Güneş dünyanın enerji kaynağı olan plazma halinde gök cesimidir. Samanyolu galaksisinde bulunan yüz milyonlarca yıldızdan biridir. Dünyadan yaklaşık 150 milyon km uzaklıkta ve 1.39 milyon km çapındadır.(Kıncay,2016)



Şekil 1.5. Dünya ve güneş sistemi (Kıncay,2016)

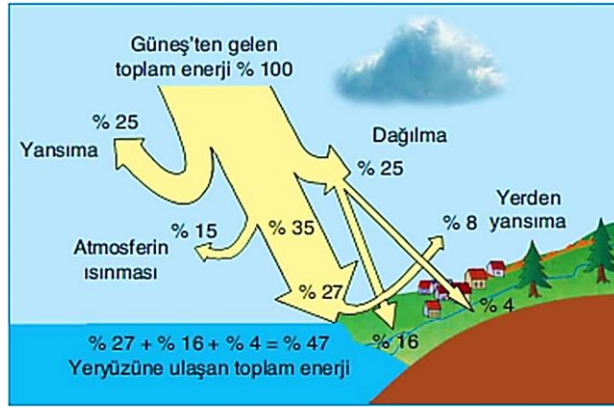
Güneş Işınımı

Güneşin merkezinde tahmin edilen sıcaklığı 8-40 milyar K, yüzey sıcaklığı ise yaklaşık 6000 K' dır. Füzyon tepkimesi sürecinde güneş enerjisi açığa çıkar. Güneş yaklaşık olarak yüzeyinden 175 milyar MW radyasyon gönderir.(Kıncay,2016) Güneşten yıllık dünya atmosferine 1367 W/m^2 (1175 kcal/h.m^2) enerji aktarılır. Yeryüzüne ulaşan ışınım miktarı insanlığın enerji ihtiyacının 20.000 katı kadara ulaşıyor. Güneş ışınlarının yeryüzüne yasıma oranları aşağıda gösterilmiştir. (Iqbal M.1983).

Güneş ışınımı,

- %25' i atmosfer etkisi ve bulutlara çarparak uzaya yansır.
- %25' i atmosferde dağılmaya (difüzyon) uğrar. Atmosferin mavi görünmesini sağlar. Bu ışınların %9' u uzaya geri yansır geri kalan %16'sı ise yeri dolaylı olarak ısıtır.
- %15' i ise atmosfer ve bulutlar tarafından emilir (absorbisyon).
- %8' i yere çarparak geri yansır.
- %27'si doğrudan yere ulaşır ve yeri ısıtır.

Toplamda yerde kalan enerji %47'dir. (Kıncay,2016)



Şekil 1.6. Güneş ışınımının dağılımı (Kıncay,2016)

Güneş ışınım şiddeti meteorolojiye bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Bulutsuz günlerde güneşin ışınım şiddeti 1000 W/m², az bulutlu günlerde 500 W/m², çok bulutlu günlerde ise 250 W/m² olarak kabul görülmüştür. Şekil 1.10 (Kıncay,2016)

Sera Etkisi- Sera etkisi, dünya yüzeyini ısıtan doğal bir süreçtir. Güneş'in enerjisi dünya'nın atmosferine ulaştığında, bir kısmı uzaya geri yansıtılır ve geri kalanı sera gazları tarafından emilir ve yeniden yayılır. Şekil 3. 9. (Kıncay,2016)



Şekil 1.7. Sera etki görünümü (Kıncay,2016)

Türkiye'de Güneş Enerjisi Potansiyeli

Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünde (DMİ) bulunan 1966 - 1982 yıllarında hesaplanan güneşlenme aralığı ve ışınım şiddeti verilerini kullanarak EİE tarafından yapılan çalışmalara göre Türkiye'nin yaklaşık ortalama toplam güneş alma süresi günlük 7,2 saat, yıllık 2640 saat, ışınım şiddeti ise günlük toplam ortalama 3.6 kWh/m², yıllık ise 1311 kWh/m² olduğu gözlemlenmiştir.

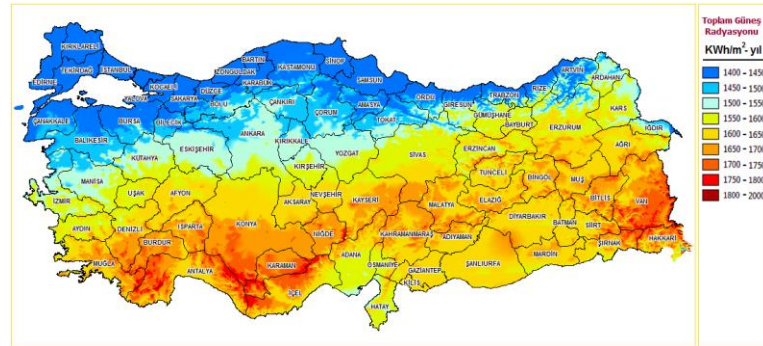
Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası

Güneş Modeli: Türkiye Güneş Modeli, Coğrafi Bilgi Sisteminde kullanılan ‘ESRI Solar Radiation Model’ ve aşağıdaki temel parametreler kullanılarak hazırlanmıştır.

- Eğim-Bakı-Gölgeleme Hesaplamaları için, Türkiye 1/100.000’lik topoğrafi haritadan üretilmiş yatayda 500m x 500m şebeke boyutlarına sahip Sayısal Yükseklik Modeli (DEM)
- Türkiye 36-42 Derece Enlem Değerlerine Ait Alanlar
- Gökyüzü Açıklık İndeksi (Sky Size Index)
- 32 yönde Zenit ve Azimut Açıkları
- Açık ve Kapalı Gökyüzü Hesaplama Metotları
- Modelde kullanılacak parametrelerin hesaplanması ve model ölçümleme yapılması için EİE ve DMİ istasyonlarında 1985 - 2006 yıllarına ait ölçüm yapılan 22 yıllık saatlik güneş ölçüm değerleri
- Gökyüzü Işık İletim Katsayısı (Transmittivity) ve Gökyüzü Açıklık lığı (Diffuse Proportion)
- Yeryüzü Güneş Işını Yansıtma Değerleri (Surface Albedo)

Modelin Kullanılması sonucunda, 12 aya ait günlük değerlerden elde edilen aylık ortalamaları içeren aşağıdaki bilgiler (Şekil 3.10) 500m x 500 m şebeke haritası olarak elde edilmiştir.

- Toplam Gelen Güneş Radyasyonu (kwh/m²-gün)
- Direkt Gelen Güneş Radyasyonu (kwh/m²-gün)
- Difüzyon Güneş Radyasyonu (kwh/m²-gün) (YEGM, 2016 h)



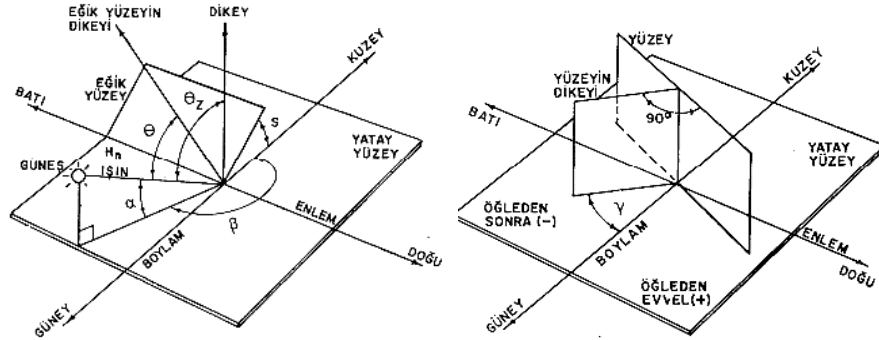
Şekil 1.8. Aylık güneş ışınımının dağılımı şebeke haritası (YEGM, 2016 h)

Güneş Açıları

Düzlemin bulunduğu yerleşim yeri, coğrafi konumu, tarih ve zamana bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Güneş enerjisini daha çok etkin bir şekilde kullanabilmemiz için güneş açılarını bilmemiz gereklidir. Bu açılar güneşten verimli bir şekilde enerji almak için çok önemlidir. Güneş ışınlarının açılarını ile ilgili detaylı bilgi sahibi olarak güneşten verimli bir şekilde yararlanılabılır. Güneş ışınları ile dünyada olan yüzeyler arasında belirli açılar vardır. Bunlar. (Şenpınar, Ahmet 2006 a)

Tanımlar

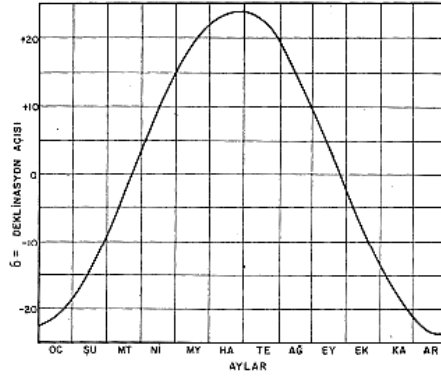
- **Yükseklik açısı (α)** - panelin güneş ışınları ile yaptığı yatay yüzey arasındaki açıdır.
- **Güneş azimut açısı (β)** - güneş azimut açısı, güneş-dünya doğrultusunun yatay düzlemdeki izdüşümünün, kuzeye göre saat yönünde sapmasını gösteren açıdır.
- **Yüzey azimut açısı (γ)** - yüzeyin dikeyinin, yerel boylama göre, sapmasını gösteren açıdır. -180 ile 180 arasında değişebilir. Güneye bakan yüzey için sıfır olur. Doğuya yönelen yüzeyde artı, batıya yönelen yüzeyde ise eksi değer alır. (Şekil 1.15)



Şekil 1.9. Güneş açıları (Ahmet,2006)

- **Deklinsasyon açısı (δ)** - Deklinsasyon, astronomide bir yıldızın gök ekvatorundan kuzey veya güneye doğru uzaklığı demektir. Bu uzaklık, yıldızdan geçen saat dairesi üzerinde ekvatorunda sıfır derece olmak üzere kuzeyde $+90^\circ$ güneyde ise -90° kadar açı cinsinden ölçülür.. Deklinsasyon açısının değişimi Şekil 1.10'de gösterilmiştir

Bir Ocaktan itibaren gün sayısı n olmak üzere deklinasyon açısı, aşağıdaki denklemden hesaplanır: (Messenger, Ventre, 2000)



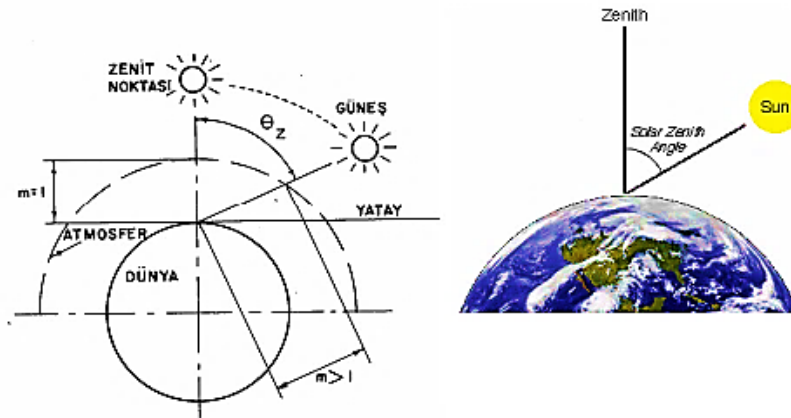
Şekil 1.10. Deklinasyon açı eğrisi (Messenger, 2000)

Ekinokslarda gece ve gündüz bir birine eşit ve 12 saattirler. Sonuç olarak deklinasyon açısı yıl boyunca değişir ve deklinasyon açısı deneysel Cooper formülü ile hesaplanır. Burada n bir ocaktan itibaren gün sayısıdır.

$$\delta = 23,45 \sin [360. ((284 + n) / 365)] \quad (1.1)$$

- **Geliş açısı (θ)** – eğik yüzeyin dikeyi ile ışın arasındaki açıdır.
- **Hava kütlesi (m)** – ışın radyasyonunun geçtiği atmosfer kütlelerinin, güneş tam tepede iken ışın radyasyonunun içinden geçeceği atmosfer kütlelerine oranıdır.
- **Zenit açısı (θ_z)** – yatay yüzeyin normali ile güneş ışınları arasında oluşan açıdır. (Şekil 1.17)

$$M = 1 / \cos \theta_z \quad (1.2)$$



Şekil 1.11. Zenit açısı

Enleme ilave edilen değerlerin nedeni zenit açıdır. Bu aı kışın büyümekte yazın ise küçülmektedir.

İdeal konumdan 15⁰ sapma halinde enerji kaybı %6'dır. Her hangi bir güneş enerji sistemi kurulurken ideal aı uygulanmadığı yerlerde enerji kayıpları büyük olmayacaktır. (Şenpınar,2006b)

Güneş Enerjisi Uygulama Alanları

Güneş enerjiyi uygulama alanları iki gruba ayrılarak incelenmektedir;

a) Aktif Uygulamalar Bu grup uygulamalara güneş enerjisi ile ısı ve elektrik elde etmek için kullanılan mekanik sistemler dâhildir.

Isı enerjisi elde edilmesine yönelik aktif güneş enerji uygulamaları;

- Kullanım sıcak su elde edilmesi
- Binaların ısıtılması ve soğutulması
- Seraların ısıtılması
- Yüzme havuzlarının ısıtılması
- Endüstriyel proseslerdeki akışkanların ısıtılması
- Endüstriyel amaçlı buhar üretilmesi için kullanılır.

Elektrik enerjisi elde edilmesine yönelik aktif güneş enerji uygulamaları;

- Şebekeden bağımsız bina, tesis ve sistemler için elektrik üretilmesi
- Şebekeye bağımlı bina, tesis ve sistemler için elektrik üretilmesi
- Çeşitli ulaşım araçları için elektrik üretilmesi
- Boru hatlarının katodik korunması için elektrik üretilmesi için kullanılmaktadır.

b) Pasif Uygulamalar Pasif uygulamalar ise güneş enerjisinden verimli kullanılması için mimari tasarımları kapsar.

Mimari tasarımları kapsayan pasif uygulamalar şunlardır;

- Güneşle doğal aydınlatma sağlanması
- Tromp duvar uygulamaları ile ısı kayıplarının azaltılması.

Aktif uygulamalarda ısı enerjisi elde edilmesi için güneş kolektörleri kullanarak ısı enerjisi elde edilir. Elektrik enerjisi elde edilmesinde ise fotovoltaik paneller yardımıyla güneş enerjisi elektrik enerjisine dönüştürülerek elektrik enerjisi elde edilir.(Bakır,2012)

1.3. Fotovoltaik Sistemler

Fotovoltaik kelimesi Yunanca olup ışık anlamını veren "photon" ve Alessandro Volt' isminden alınan "voltaic" kelimelerinin birleşmesinden oluşmuştur. (Koç, 2011) Güneş pilleri, yüzeyine güneş ışınları(fotonlar) yansıdığı anda güneş enerjisini doğrudan DC elektrik enerjisine çeviren ve bu işlem sırasında kristal veya amorf (a-Si), heterojonksiyonlu yapılar, CIS (Bakır İndiyum Selenyum), CIGS (Bakır İndiyum Galyum Selenyum), CdTe (Kadmiyum Tellurid) malzemeleri kullanan düzeneklerdir. (Doshi,2011; Souza, 2011). Güneş pilleri birkaç formdan oluşmaktadır. Genellikle kare şeklinde, dikdörtgen şeklinde veya daire şeklinde olan güneş pillerinin alanı 100 /156/ 243 cm² civarında ve kalınlıkları ise 0,2-0,4 mm arasında değişmektedir. Güneş pilleri yapı şekillerine bağlı olarak %5 ile %20 arasında bir verimle çalışırlar. (Solarex, 2012)

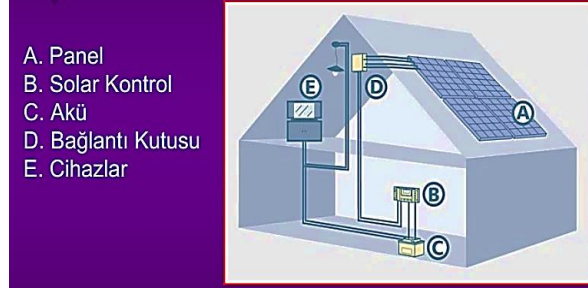
1.3.1. Fotovoltaik Sistem Çeşitleri

Şebekeye Bağlı FV(On-Grid) Sistemler: Şebekeye bağlı fotovoltaik sistemler, merkezi elektrik şebekesine bağlanır ve üretilen elektriği şebekeye aktarır. Güneş enerjisinden üretilen elektriğin, üretildiği anda ve üretildiği yerde hiçbir ilave depolama (akü-batarya vb.) ara birimi olmadan şebekeyi beslediği ve anında kullanıldığı sistemler Şebeke Bağlı (On-Grid) Sistemler olarak adlandırılmaktadır.



Şekil 1.13. Şebekeye bağlı fotovoltaik sistem

Şebekeden Bağımsız FV(Off-Grid) Sistemler: Normal elektrik hatlarının ulaşımı zor ve maliyetli olduğu için bu sistem tercih edilmektedir. Bu sistemlerde genellikle üretilmiş enerji depolanmak için aküler kullanılmaktadır, akülere depolanan enerji invertörlerle şebeke gerilimine dönüştürülüp kullanım için aktarılmaktadır. (Anonim, 2016a)



Şekil 1.14. Şebekeden bağımsız fotovoltaik sistem

1.3.2. Fotovoltaik Sistemlerin Avantaj ve Dezavantajları

Fotovoltaik sistemler diğer enerji kaynaklarına nispeten daha kullanışlı ve verimli bir sistemdir. Her ülkenin farklı güneşlenme süresi içinde bu sistemden faydalanabilmesi hem kullanan ülke hem 'de dünya ekonomisi için vazgeçilmezdir. Diğer sistemlere göre verimliliğinin yüksek olması bir ülkenin enerji sektöründe bağımsızlığa katkı sağlamaktadır.(Baş,2016)

Fotovoltaik sistemlerin avantaj ve dezavantajları şunlardır;

a) Avantajları

- Diğer enerji sistemlerinden farklı olarak şirketler tarafından sigortalanmaktadır.
- Merkezi sistem yerine dağıtılmış yerel enerji üretilmektedir
- Enerji üretildiği yerden kullanılmaktadır, bu da dağıtım maliyetini aradan kaldırmaktadır
- Elektrik şebekelerinin olmadığı yerde elektrikten yararlanılabilir
- Kurulum maliyeti dışında başka bir maliyeti yoktur
- Sağlık açısından güvenilirdir ve risk açısından hiçbir maliyeti yoktur
- Yakıt maliyeti yoktur (Çelik,2010; Bozkurt, 2010)

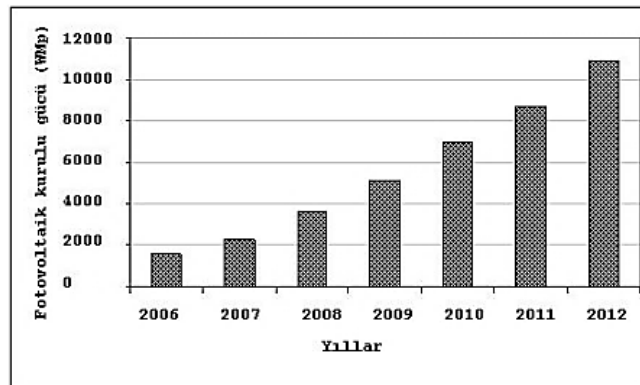
b) Dezavantajları

- Kış aylarında enerji üretimi yazın tüm aylarına nispeten yarıya inmektedir.
- Geceleri nerdeyse enerji üretememektedir
- Güneş enerjisinden verim alabilmek için düz ve gölgesiz bir alanda yerleştirilmesi gerekmektedir.
- Az miktarda uygulandığından toplum arasında farkındalığın ve bilgilendirmenin çok az olmasında bir önemli etkendir. (Çelik,2010; Bozkurt,2010)

1.3.3. Fotovoltaik Sistemlerin Durumu

Fotovoltaik Sistemlerin Dünyadaki Durumu

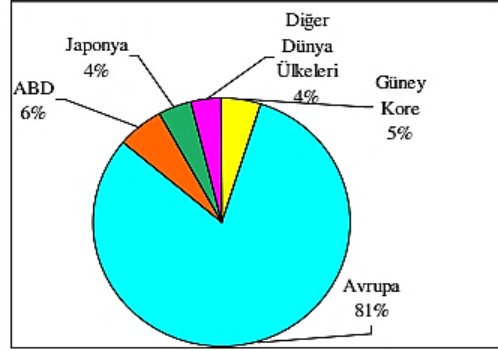
Dünyada fotovoltaik sistemlerin piyasası hızla genişlemekte ve yapılan istatistik çalışmalar bu büyümenin önümüzdeki yıllar daha da artacağını göstermektedir. (Dora Marinova, D. Balaguer, A, 2009). Yeryüzünde toplam potansiyel 2007 sonunda 9 GWp (gigawatt - peak) miktarını geçmiştir. Avrupa'da ortalama 15 milyon evin elektrik enerjisi fotovoltaik sistemlerle üretilen elektrik enerjisi ile karşılanmaktadır. (EPIA,2008) Şekil 1. 15' de ileriye dönük ve mevcut durum fotovoltaik gelişim görülmektedir.



Şekil 1.15. 2012 Yılına kadar dünya genelinde şebekeye bağlı fotovoltaik sistem öngörüsü (EPIA,2008)

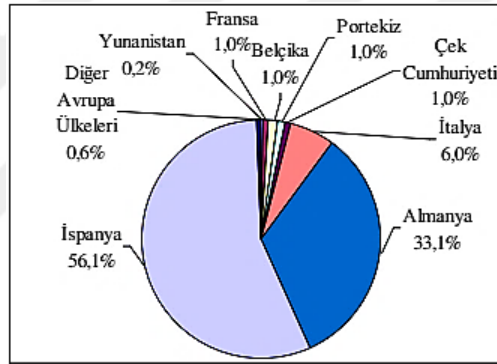
Son beş senede dünyada fotovoltaik hücre üretimi, yıllık olarak yaklaşık %30 oranda büyüme göstermiştir. 2007 yıl dünya fotovoltaik pil üretimi pazarı 2826 MW' a ulaşmıştır. (YEGM, 2016 k) 2008 yılında ise (Şekil 1.16) fotovoltaik piyasada

dünyada Avrupa'nın daha çok (%81) payı olduğu görülmektedir. Avrupa'dan sonra sıralamada %6 ile ABD ve %5 ile Güney Kore yer almaktadır. (EPIA,2008)



Şekil 1.16. 2008 yılı fotovoltaik piyasanın dünya ülkelerine dağılımı (EPIA,2008)

Avrupa'da ise son yapılan yatırımlarla İspanyanın %56 Almanya'nın %33 lük payı vardır. (Şekil 1.17)



Şekil 1.17. 2008 yılı fotovoltaik pazarının dünya ülkelerine dağılımı (EPIA,2008)

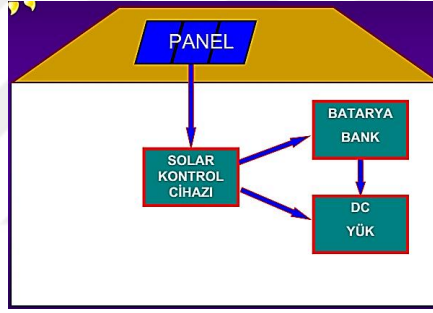
Fotovoltaik Sistemlerin Türkiye'deki Durumu

Türkiye'nin yıllık güneşten elde edebileceği potansiyel miktarı 1015 kWh ulaşacağı bilinmektedir ve şu miktar şu anki elektrik kullanımından 5700 kat daha fazladır. (İçli, S. Çubukçu, M. 2007). Türkiye'de güneş hücreleri elektrik şebekelerinin olmadığı, yerleşim noktalarından oldukça uzak mesafelerde ekonomik açıdan uygun olarak kullanılmaktadır. Türkiye'de güneş hücreleri, orman gözetleme kuleleri, su pompalama sistemleri, haberleşme istasyonları, deniz fenerleri ve yol aydınlatması, trafik ikaz ışıkları ve ayrıca elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü ve bazı üniversitelerde (Muğla, Ege Üniversitesi gibi) küçük güçlerin karşılanması veya araştırma amaçlı olarak kullanılmaktadır. TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi (MAM), çeşitli üniversiteler(Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Araştırma Enstitüsü, Muğla Üniversitesi, ODTÜ, Kocaeli Üniversitesi, Fırat Üniversitesi ve Dokuz Eylül

Üniversitesi) ve EİE çalışmalar yapmaktadır. (Bedel. A, 2009) . EGE ile beraber Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, güneş enerjisi değerlerini gözlemlenmesi konusunda; ayrıca uygulama ve testler için gerekli standartlar konusunda Türk Standartları Enstitüsü (TSE) de çalışmalar sürdürmektedir. (YEGM, 2016 k)

1.3.4. Fotovoltaik Sistemler - DC Yük

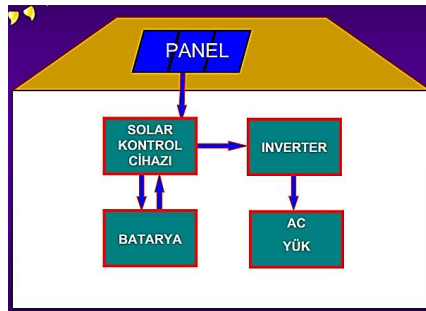
Bu sistemler DC devreler üzerinden bağlanarak invertörler içindeki girişlere bağlanan diziler oluşturmaktadır. Oluşturulan devreler ise panel başlangıç boyutları ve ortamdaki sıcaklıklarına göre tespit edilmiş çalışma ve üretim gerilimleri ile şekillenir. Buradaki kısa devre akımları anma akımlarına benzerdir. Büyük sistemlerde DC devreleri yıldırım darbesinden etkilenebilmektedir. Bu sebeple dizelerde yüksek akım koruması, ayırma ve de yıldırım darbelerinin azaltılması gibi sorunların çözülmesi gerekmektedir. Şekil 1.18 (ABB,2016)



Şekil 1.18. Fotovoltaik sistemlerde DC yük (ABB,2016)

1.3.5. Fotovoltaik Sistemler - AC Yük

Bu sistemlerin kurulumlarında hem yasalara uyulabilmek hem de üretilen enerjinin düzgün şekilde iletilmesi için AC kısmı sistemi son kullanıcı elektrik devresine hem de dağıtım ağına bağlamak gereklidir. Şekil 1.19 (ABB,2016)

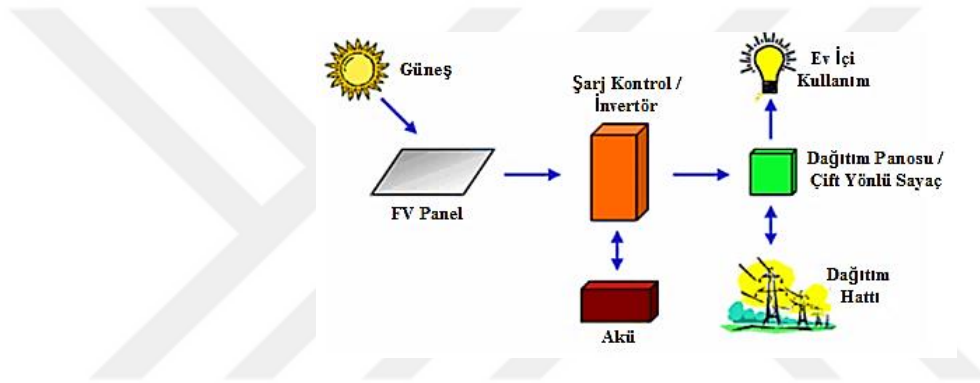


Şekil 1.19. Fotovoltaik sistemlerde AC yük (ABB,2016)

1.3.6. Fotovoltaik Sistem Ana Bileşenleri

Güneş panelleri uygulama şekline bağlı olarak, akümülatörler, invertörler, solar kontrol cihazı ve elektronik destekleyici devrelerle birlikte bir fotovoltaik sistemini oluşturmaktadır. Şekil 1.20

- Solar Kontrol Cihazları (Şarj Düzenleyici)
- Depolama Grubu - Batarya Bank (Akümülatör)
- Dönüştürücüler (İnvertörler)
- Fotovoltaik Paneller (Anonim, 2017b)



Şekil 1.20. Fotovoltaik sistem bileşenleri

Solar Kontrol Cihazları (Şarj Düzenleyici)

- Akımı kontrol eder ve aküyü şarj eder
- Akü tam dolunca gelen akımı keser
- Akünün kapasitesi belirli bir limitin altına düşünce tüketimi keser. Şekil 1.21



Şekil 1.21. Solar kontrol cihazı (Şarj düzenleyici)

Depolama Grubu - Batarya Bank (Akümülatör)

- Güneş enerjisinin olmadığı ve yetersiz kaldığı durumlar için batarya gurupları devreye girer.
- Güneş ve Rüzgâr enerjisinde kuru veya jel tipi bakımsız aküler kullanılmaktadır. (AKTACİR, 2009)



Şekil 1.22. Şarj cihazı

Dönüştürücüler (İnvertör)

- Güneş panelleri (fotovoltaik) doğru akım (DC) üretmektedirler. Bu nedenle de bataryalarda doğru akım olarak depolanırlar.
- Fotovoltaik sistemlerde alternatif akım (AC) elde etmek istenirse invertörler yardımıyla doğru akım (DC) alternatif akıma (AC) dönüştürüle bilir.
- İnvertörler, 12-24 volt olan doğru akımı (AC) 220 volt 60 Hz şebeke elektriğine çevirir.
- İnvertörlerin verim yüksekliği genelde %90 civarındadır. (AKTACİR, 2009)



Şekil 1.23. İnvertör (AKTACİR, 2009)

Fotovoltaik Paneller

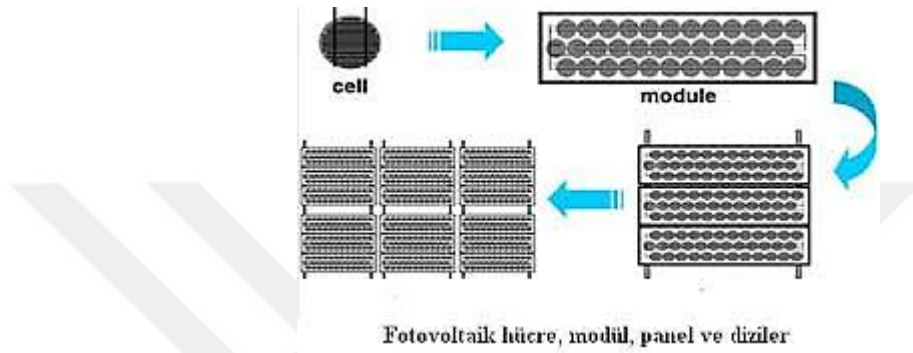
- Fotovoltaik paneller fotovoltaik sistemin ana bileşenidir.
- Güneşten gelen ışınları kabul ederek elektrik enerjisine çeviriler.
- Üretilen elektrik enerjisi kablolar yardım ile solar kontrol cihazına aktarılır. (Aktacir, 2009)



Şekil 1.24. Fotovoltaik paneller (Aktacir, 2009)

1.4. Fotovoltaik Paneller

Fotovoltaik paneller fotovoltaik hücreler yardım ile güneşten gelen ışınımı doğrudan elektriğe çeviren, fotovoltaik hücrelerin korunumunu (yağmur, kar, darbe) sağlayarak ömrünü uzatan, fotovoltaik hücrelerin maksimum verimde çalışmasını sağlayan elektrik üretim cihazlarıdır. Yanyana dizilen piller modül, ikiden daha çok sayıda dizilmiş modüle fotovoltaik panel ve fotovoltaik panel içeren topluluk ise fotovoltaik dizin adlandırılır. Şekil 1.25. (Şenol, 2005)



Şekil 1.25. Fotovoltaik elamanlar

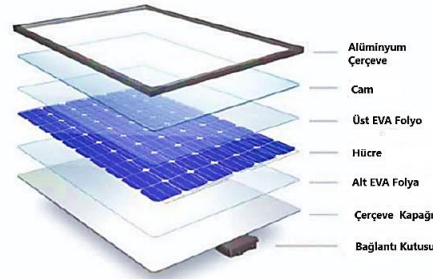
1.4.1. Fotovoltaik Panel Yapısı

Fotovoltaik paneller içinde güneş ışınlarından elektrik üreten fotovoltaik hücrelerden, bu hücreleri alt ve üst kısımdan kapatan EVA (Etilen-Vinil-Asetat) folyodan, üst kısımda güneş ışınlarını kabul eden cam, alüminyum çerçeveden ve alt kısımda ise çerçeveni kapatan çerçeve kapağından ve bu kapağa monte edilen elektrik kablo kutusundan oluşmaktadır. Şekil 1.26 (Dupont, 2016)

- **Alüminyum Çerçeve** – Panel içindeki elemanları bir arada düzenli bir şekilde korunması amaçlıdır. Çerçevenin alüminyum seçilmesinin nedeni alüminyum malzemesinin hafif ve en önemlisi ısıyı emerek soğuk çevreye kolay atabilmesidir.
- **Cam** – Çerçevenin bütünlüğünü tamamlayan ve cam seçilmesinin nedeni ise camın güneş ışınlarını olduğu gibi panel içerisine yansıtma özelliğidir.
- **EVA (Etilen-Vinil-Asetat) folyo** - EVA (etilen vinil asetat) solar folyo/film üretimi, devlet tarafından teşvik edilen yenilenebilir enerji ihtiyacına yönelik olarak üretilen güneş enerjisi panellerinde kullanılan fotovoltaik bir iletkenidir.

Fotovoltaik, güneş pilleri ya da dizinleri sayesinde ışık kaynağından, çoğu zaman güneşten, elektrik elde etme yöntemidir. EVA solar film, anot/katod vazifesi gören iki cam arasında eriyerek iletkenliği sağlayarak güneşten aldığı enerjiyi elektrik enerjisine çevirmeye yarayan bir termoplastik bir polimerdir.

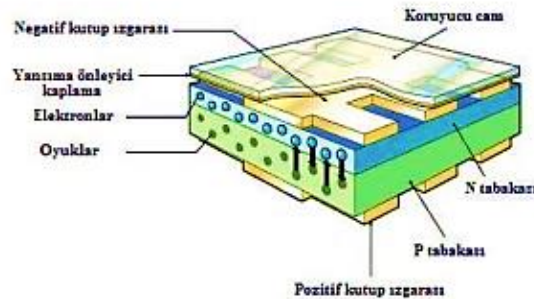
- **Hücre** – Güneş enerjisini doğrudan elektriğe çeviren teknolojidir
- **Çerçeve Kapağı** – Çerçeveni tamamlayan alüminyum kapaktır.
- **Bağlantı Kutusu** – Hücre kablolarının bağlandığı ve panel dışına elektriğin aktarılmasına gereken kablo bağlantı çıkışlarıdır.(Anonim, 2018b)



Şekil 1.26. Fotovoltaik panel içyapısı

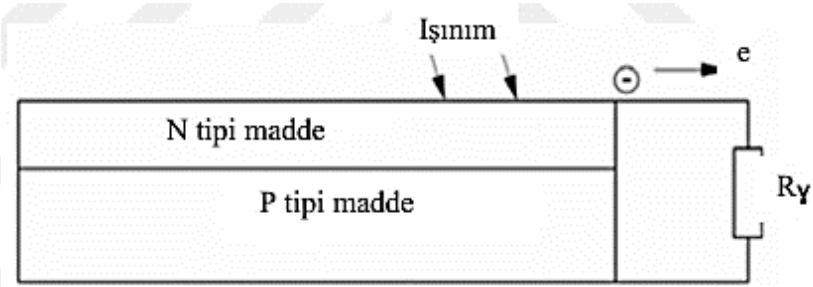
1.4.2. Fotovoltaik Panelde Elektrik Oluşumu

Fotovoltaik paneller daha önceki yazıda belirttiğimiz gibi içinde bulunan güneş pilleri sayesinde elektrik enerjisi üretir. Güneş pilleri güneşten gelen ışınları elektrik enerjisine çeviren elamanlardır. Güneş pilleri olarak aldıkları enerjinin az bir kısmını elektriğe dönüştürürler. Şekil 1.27’de güneş pilinin iç yapısı gösterilmektedir.



Şekil 1.27. Güneş pilinin içyapısı (Anonim, 2018c)

Güneş pilleri pozitif ve negatif olmak üzere iki ayrı katmandan oluşmaktadır. Katmanları yarı iletken olarak N ve P tipli olurlar. P tipli yarı iletken madde 1 fazla elektrona, N tipli madde ise 1 az elektrona sahiptirler. Üst katman yani P tipli yarı iletken madde fazla elektrona güneş ışınlarında olan fotonlar tarafından uyarılması neticesinde alt katmanda yani N tipli yarı iletken katmanına doğru ilerlemeye eğilim gösterir. Böylece üst katmandan alt katmana akan elektronlar düzgün devrelerle toplanarak eleştirdik akımı oluşturulur. Şekil 1.28 'de güneş pili elektriksel şeması verilmiştir. (Yaşar,2017)



Şekil 1.28. Güneş pili elektriksel şeması (Yaşar,2017)

1.4.3. Güneş Pili Çeşitleri

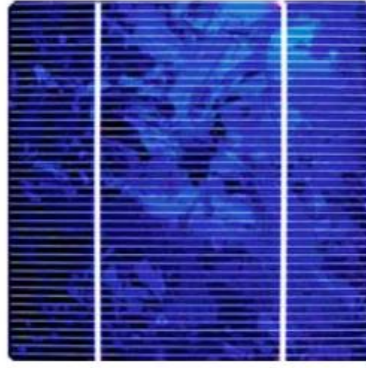
Fotovoltaik Panellerin İçyapısındaki güneş pili farklılığına göre iki guruba ayrılabilir ki bunlarda; kristal silikon ve film pilleri adlandırılır. (Yerli,2010)

- **Kristal Silikon Piller**

Kristal silikonlarda silisyum en önemli hammaddedir. Silisyum atomu uzun süre elektriksel ve yapısal olarak değişmemektedir, bu sebeplerden dolayı güneş pillerinin üretiminde silisyum malzemesi kullanılır. Aynı zamanda da saf kristal üretimi oldukça zahmetli bir iştir. Oksijenden sonra yeryüzünde bulunan elementtir, lakin doğada saf halde bulunmadığından pil için kullanılması için saflaştırılması gereklidir. Saflaştırma işlemi için ısı işlem uygulanarak silikon dioksit(kuvars) (SiO_2) bileşkesinden ayrılarak saflığı artırılır. Kristal güneş pillerinin iki çeşitti vardır bunlar; mono kristal ve poli kristal pillerdir. (Yerli,2010)

- **Poli Kristal Yapılı Piller**

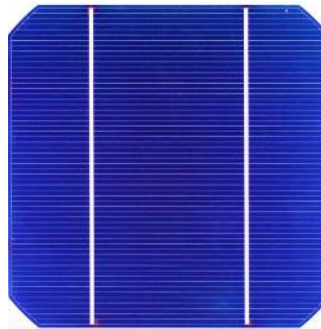
Poli kristal pillerin üretiminde kullanılan yöntemlerden biride mono kristal silisyum yöntemindeki gibi dökme yöntemi kullanılır. Bu silisyum yarı iletken silisyum kalıplarda soğutulurak elde edilmektedir. Bu mamulden oluşan güneş pillerinin verimlilikleri daha düşük olduğu gibi üretim maliyeti de düşüktür. Poli kristal pillerin yapıları çok kristaldir ve bunu ışığın kırılarak yansması sayesinde görebilmemiz mümkündür. Pil üzerine yerleştirilen yansıtma engelleyici camdan dolayı pilin rengi mavi gözükmektedir. Yansıtma önleyici cam olmaksızın pil gümüş rengindedir. Şekil 1.29’ de poli kristal silisyumdan üretilmiş güneş pili görülmektedir.(Yerli,2010)



Şekil 1.29. Poli kristal silisyumdan üretilmiş güneş pili (Tuğyan,2012)

- **Mono Kristal Yapılı Piller**

Mono kristal yapıları piller üretim teknikleri arasında en eski ve pahalıdır. Eski olmasına rağmen halen en verimli pillerdir. Verimlilikleri %15 ile % 18 arasında değişmektedir. Mono kristal silikon üretiminde “Czochralski Metodu” üretim yöntemi kullanılmaktadır. Bu üretim yönteminde çok yüksek sıcaklıklarda işlem yapılır. Kristal malzemesi içine batırılan küçük bir aşı kristali yavaş yavaş soğuk bir bölgeye çekilerek tek bir uzun kristal silindiri elde edilir.(Çolak,2010)

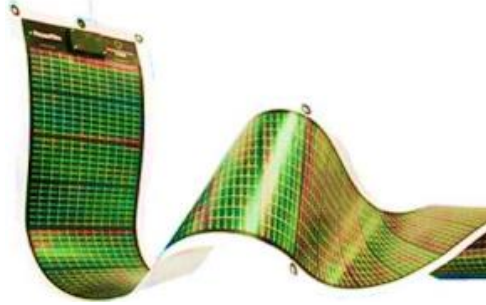


Şekil 1.30. Mono kristal silisyumdan üretilmiş güneş pili (Tuğyan,2012)

- **İnce Filim Pilleri**

İnce filim pillerinin üretimi, yarıiletken malzemelerin geniş yüzeylere kaplanması şeklinde yapılır. Bu sayede farklı karakteristik özelliklere sahip piller üretilmektedir. Bu yönde yapılan araştırmalar neticesinde belli olmuştur ki, güneş pili üretiminde kullanılacak çok yarı iletkenler daha da düşük maliyetlerle geniş yüzeylere örneğin cam veya plastik folyo gibi yüzeylere kaplanabilir. (Çolak, 2010). Örneğin amorf pillerin absorpsiyon kristal silisyum pillerinden daha fazladır. Amorf silisyumlar dalga boyu katsayısı 0,7 mikronda 1000 mikron kalınlığında amorf silisyumu ile emilebilir. Fakat kristal silisyumlar aynı radyasyonu yutmak için 500 mikron kalınlıkta malzeme kullanılması gerekmektedir. Bu sebepten dolayı amorf güneş pillerinde daha az malzeme kullanılmaktadır.(Kıyanççiek, 2013)

İnce filim pillerinin ışık yutma oranı yüksek olmasına rağmen düşük verimlidirler. İnce filim pilleri çok kristalli malzemelerden oluşur. Yani ince filim yarı iletken malzeme büyüklükleri bir milimetrenin binde birinden milyonda birine değişen damarlardan oluşmaktadır. Bu pillerin verimlilikleri %7-14 arasında değişmektedir.(Yaşar,2017)



Şekil 1.31. İnce film güneş pili (Köroğlu, 2010; Teke, 2010)

1.4.4. Fotovoltaik Panel Performanslarının Belirlenmesi

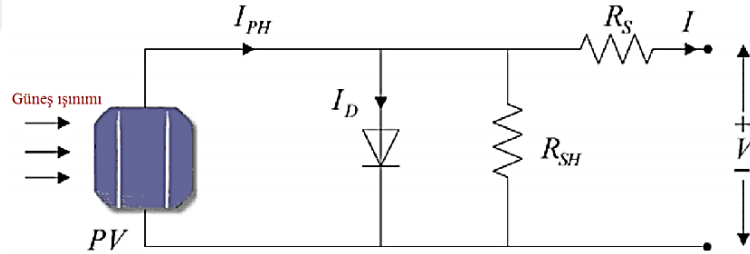
Fotovoltaik panel performansları birçok etkenlere bağlı olarak değişmektedir. Fotovoltaik panellerin performans oranını yüksek tutabilmek için en önemli faktörler panel güç çıkışının maksimumda tutulması, panel konumuna ve panel açısının düzgün ayarlanması, panel sıcaklığının kontrol altına alınması, panel ve camının temiz tutulmasına dikkat edilmesi gereklidir.

Maksimum Güç Noktası İzleme

Fotovoltaik panellerin maksimum verimde çalışması ve maksimum çıkış gücü noktası, güneş ışınlarının panel yüzeyine düştüğü açıya ve panel sıcaklığına göre değişiklik göstermektedir. Dolayısıyla her zaman yükün çalıştığı nokta fotovoltaik sistemin maksimum güç noktası değildir. Talep edilen yükü sürekli olarak karşılamak için fotovoltaik sistemler daha fazla modül içerecek şekilde tasarlanırlar ki buda maliyeti artırmaktadır ve önemli miktarda enerji kaybı oluşur. Bunu önlemek için Maksimum Güç Noktası İzleyici (MGNI) güç konvektörleri kullanılmaktadır. (Hohm,2001; Ropp,2001)

Akım ve gerilimin yükten nasıl etkilendiğini göre bilmemiz için, yükün açık devre gerilimi ve kısa devre akımı ile ayarlı yük aracılığıyla, fotovoltaik hücrenin farklı akım ve gerilimdeki çalışma noktaları ve maksimum güç noktası tespit edilir. Bu parametreleri tespit etmek için Şekil 1.32 'de gösterilen şema deneyi uygulanır.

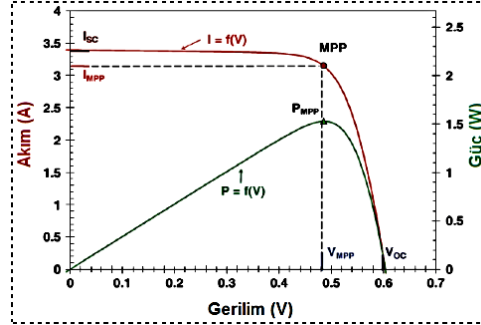
Yük çalıştırılmadan devre üzerinde oluşan gerilim açık devre gerilimidir. Hücre uçlarının kısa devre edilmesi ile hücreden geçen akım ise kısa devre akımıdır. (Gilbert,2004).



Şekil 1.32. Fotovoltaik hücrenin akım-gerilim karakteristiğini ve maksimum güç

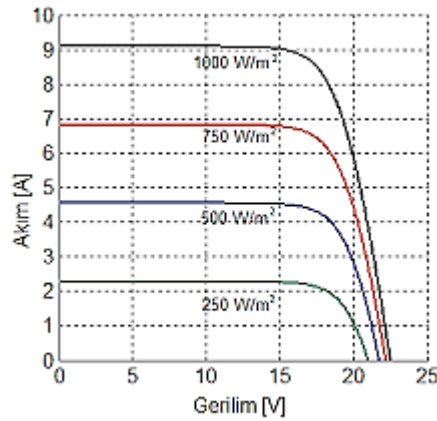
İlk olarak fotovoltaik hücrelerde kısa devre akımı ve açık devre gerilimleri ölçülür. Yükün direncini minimumdan maksimuma çıkararak yükün çalıştığı akım ve gerilim değerleri belirlenir ve grafikte göstererek fotovoltaik hücrenin akım-gerilim karakteristiği oluşturulur ve grafiğin oluşturulması neticesinde fotovoltaik hücrenin maksimum gücü belirlenir.

Aşağıdaki grafikte gösterildiği gibi fotovoltaik hücrenin maksimum gücü akım-gerilim eğrisinin altında maksimum alanı oluşturan uç noktadaki akım ve gerilim değerlerinin çarpımına eşittir.(Bilgin, 2013)



Şekil 1.33. Fotovoltaik hücrenin akım-gerilim karakteristiği ve maksimum güç (Bilgin,2013)

Fotovoltaik hücrenin maksimum gücü, güneş ışınım şiddetine göre değişmektedir. Güneş ışınım şiddeti azaldıkça fotovoltaik hücrenin ürettiği gerilim ve hücreden çekilen akım azalması neticesinde elektrik üretimi azalmaktadır. Aşağıdaki grafikte güneş ışınım şiddetinin azalmasının maksimum güç noktasına etkisi gösterilmektedir. (Şekil 1.34). (Bilgin, 2013)



Şekil 1.34. Fotovoltaik hücrenin güneş ışınım şiddetine göre akım-gerilim grafiği

Sıcaklığın Fotovoltaik Panel Performansına Etkisi

Sıcaklık fotovoltaik panel performansının düşmesine pilin ise ömrünün azaltmasına neden olur. Ortam sıcaklığının artması kısa devre akımı azda olsa artırarak açık devre gerilimini ise azaltmaktadır. Lakin buradaki güç azalma sebebi açık devredeki gerilim azalışı kısa devre akımından çok daha fazla olduğundan kaynaklanmaktadır. (Palmer,2007; Capel,2007)

Kristal silisyum hücreler amorf silisyum hücrelere nazaran sıcaklıktan daha çok etkilenirler. Bu nedenle de daha düşük performans gösterirler. Fotovoltaik panel sıcaklığı ile ortam sıcaklığı arasında önemli sıcaklık farkı vardır ki, buda güneş ışınlarına bağlıdır. Yaz aylarında fotovoltaik panellerin sıcaklığı 75 °C' ye kadar yükselmektedir. Buda ortam ile panel sıcaklığı arasında nerdeyse 4 °C fark oluşmaktadır (Thomas,2001; Fordham, 2001).

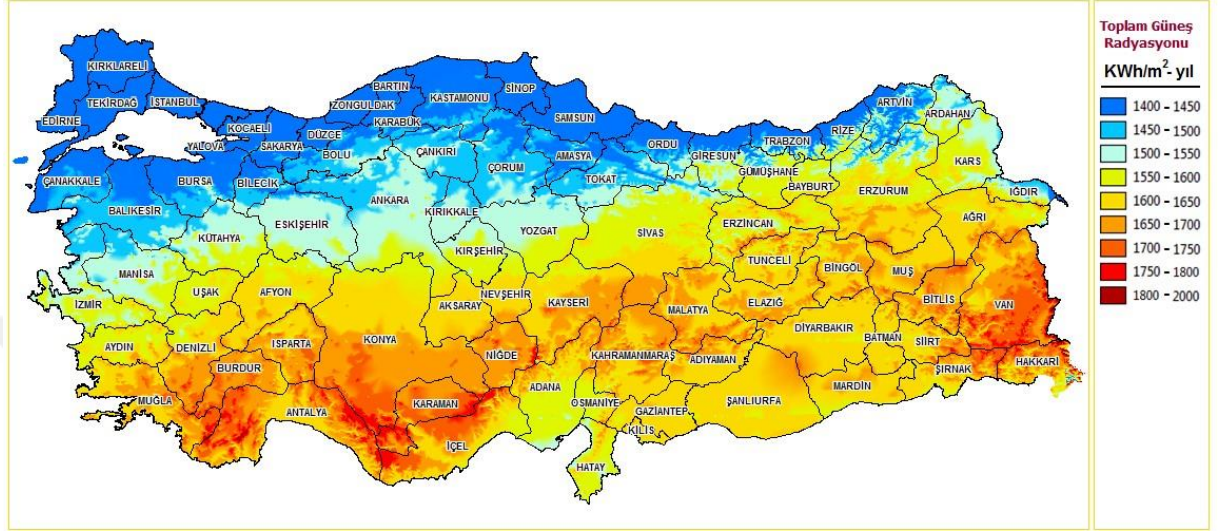
Fotovoltaik hücre sıcaklığı her 1 derece artışında fotovoltaik hücre gücünü %0.5 oranında azalmaktadır. Dolayısıyla ortam sıcaklığı yüksek olan bölge ve yerlerde fotovoltaik hücrelerden yüksek verim elde edilebilmesi için soğutma kaçınılmazdır. (Moharram,2013; El-Sherif,2013.)

Fotovoltaik panel sıcaklığı panel montaj ile de ilişkilidir. Panel arka yüzeyden hava akışına izin verecek şekilde bir boşluk bırakılarak doğal hava dolaşımı sağlanarak sıcaklık etkilerinin çoğu önlenmiş olur. Fotovoltaik hücrelerin karakteristiklerinden de görüldüğü gibi akım-gerilimi ilişkisi doğrusal değildir. Fotovoltaik hücrelerden maksimum güç ışık şiddetinin yoğun sıcaklığın ise az olduğu ortamlardan elde edilir. (Palmer,2007; Capel,2007)

Fotovoltaik Panel Konumunun Önemi

Fotovoltaik panellerde elektrik enerjisi, güneş ışınlarının panele yansımaları sonucu ve üretilen elektrik enerjisi miktarı güneş ışınlarının yoğunluklarına göre ve güneş ışınlarının konuma göre değişkenlik gösterdiği göz önünde bulundurularak panel konumunun panel performansını doğrudan etkilemekte olduğunu söyleyebiliriz. Dünyanın geoit şeklinde olmasından dolayı güneş ışınları yeryüzüne farklı açılarda yansımaktadır. Bu nedenle de fotovoltaik panelin kurulacağı konum panel performansını etkileyeceğinden dolayı paneli kuracağımız bölgenin yıllık güneşlenme değerlerini analiz etmek gereklidir.

Türkiye güneşlenme haritasına bakıldığında en çok güneşlenme saati olan bölge Güneydoğu Anadolu Bölgesi 1460 kWh/m² yıl olarak görülmektedir. Yıllık güneşlenme saatine göre ikinci sırada ise 1390 kWh/m² yıl ile Akdeniz Bölgesi yer almaktadır. Türkiye de en düşük güneşlenme bölgesi ise 1120 kWh/m² yıl potansiyele sahip Karadeniz Bölgesidir. Şekil 1.35 (YEGM, 2018d).



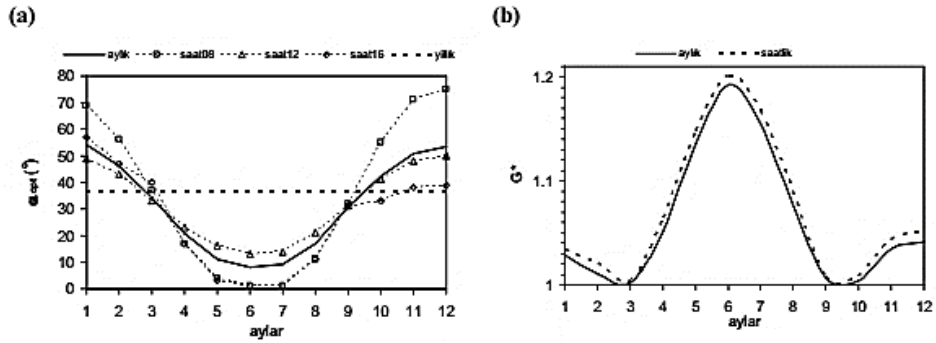
Şekil 1.35. Türkiye yıllık güneşlenme haritası

Fotovoltaik Panel Yüzey Açısının Önemi

Güneşin yatayla yaptığı açılar, güneş ışınım şiddetinin birer fonksiyonudur. Güneş ışınlarından maksimum yararlanmak için fotovoltaik panelin gün boyunca güneşi iki ekseninde takip etmesi gerekir. Bu tür takip sistemlerinde güneş enerjisi %20-40 oranında daha fazla elde edildiğine rağmen bu sistemin pahalı olması nedeni ile pek tercih edilmemektedir. Optimum eğim açılarının tespit edilebilmesi için ilk önce eğimli yüzeylere gelen güneş ışınım şiddetinin hesaplanabilmesidir. (Bülent,2016; Hüsamettin,2016)

Bu konuyla ilgili olarak aşağıda verilen örnekte güneşe dönük yatay yüzeye yerleştirilmiş Şanlıurfa koşullarında panellerin ortalama aylık ve saatlik optimum eğim açıları Fıratöğlü tarafından tespit edilmiştir. İlk başta 08: 00-16: 00 arasında farklı yerel saatlerde panelin ayarlanması gereken eğim açıları belirlenmiştir. Panelin saatlik optimum açılarda yerleştirilmesi için tek ekseninde hareket edebilen güneş takip sistemi yeterli olmaktadır. Lakin bu sistemin yerine saatlik eğim açısı değerlerinin her ay için ortalama değerinin alınması ile elde olunacak açı değeri 08: 00- 16: 00 yerel saatler arasında çalışacak en uygun açıyı bize verecektir ve bu da panelin eğim

açısının ayda sadece bir kez değiştirilmesi demektir. Öte yandan ikinci bir seçenek ise yıl boyunca panelin eğim açısını yörenin enlem açısıyla eşitleyerek sabit tutulmasıdır. Tüm eğim açısı değerlerin aylara göre sadece 08:00-12:00-16:00 saatlerine karşılık gelen optimum eğim açıları Şekil 1.36 (a)' (b)' de ise yıllık sabitlenmiş bir panelin yüzeyine gelen toplam ışınım şiddetlerinin aylık ve saatlik değişken yüzeye gelen toplam ışınım şiddeti miktarlarıyla kıyaslanması gösterilmiştir. Hesaplamalarda Şanlıurfa ili için, 16 yıllık (1985-2001 arası) meteorolojik ölçüm verilerinin ortalamalarından yararlanılmıştır. (Z.A. Fıratöğlu, 2003)



Şekil 1.36. (a) Optimum yıllık, aylık ve saatlik (08.00, 12.00 ve 16.00 yerel saatleri için) eğim açılarının aylara göre değişimi; (b) Optimum aylık ve saatlik eğim açılı panellerle sağlanan güç kazancının kıyaslanması. (Fıratöğlu,2003)

Fotovoltaik Panellerde Gölgeleme Etkisi

PV sistemlerde gölgeleme panel performansını çok etkilemektedir. Bir dizinin gölgelenen kısım ile gölgelenmeyen kısım arasındaki ışınım fark miktarı gölgeleme kaybını göstermektedir. (Roberts,2009; Guariento,2009)

Bu kayıplar iki kısma ayrılmaktadır:

a) Ufuk Gölgelemesi

Sistemin oluşturulduğu alanda tepe ve dağ gölgelemesi gibi gölgelemelere ufuk gölgelemesi denir. Genellikle bu gölgeleme her noktada eşit miktardadır. (Deline,2009)

b) Modül Sırası Gölgelemesi

Sırayla dizilmiş modüllerin yakın ve ardışık dizilimi sonucunda bir birine yaptığı gölgelemedir. Bu gölgeleme sonucunda tüm modüllerin etkilenmiş sebebiyle çok önemli faktörlerden biri olarak bilinir. Güneşin hareketliliği nedeniyle bu kayıpları hesaplamak zor olmaktadır.(Deline, 2009)

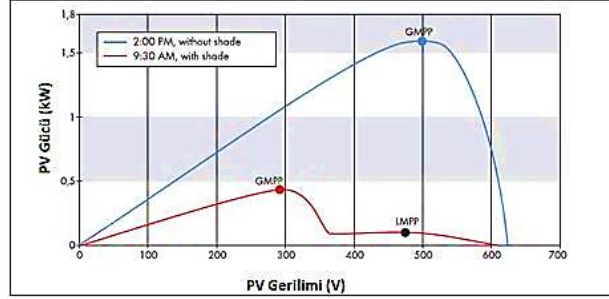


Şekil 1.37. Çatıda gölgeleme örneği

Önceki konularda da belirttiğimiz gibi her bir PV üreticinin mümkün olan en yüksek miktarda enerji ürettiği, Maksimum Güç Noktası (Maximum Power Point – MPP) olarak adlandırılan bir çalışma noktası vardır. Üretilen enerji temel olarak solar ışınımına bağlıdır. PV üreteç içindeki dizilerde bulunan PV modüllerden herhangi biri gölgeyenirse, modülün ve dizinin elektriksel özellikleri önemli ölçüde değişir; PV üreticisi artık birbirinden farklı çalışma koşullarına sahip çok sayıda çalışma noktasına sahiptir.

Grafikler göstermektedir ki gölgeleme durumunda 2 farklı MPP bulunmaktadır. Yerel MPP (LMPP) noktasındaki güç Global MPP (GMPP) noktasındaki güçten oldukça düşüktür. Şebeke bağlantılı her bir inverterde MPP noktasını takip etmekle görevli MPPT modülleri bulunmaktadır. Bu modüllerin görevi PV üreticinin sürekli olarak optimum çalışma noktasında işletimine devam etmesinin sağlanmasıdır. Bu şekilde kontrol edilen bir PV üreticisi anlık solar ışınımından mümkün olan en yüksek gücü alır.

Fakat yukarıda açıklandığı gibi, bir PV üreticindeki PV modüllerin münferiden gölgelenmeleri birden fazla sayıda MPP noktasının ortaya çıkmasına sebep olur. Bu üretee bağlı bulunan inverter bu MPP'lerden hangisinin LMPP ya GMPP'nin mi gerçek maksimum noktası olduğunu belirlemelidir. (Deniz,2013)



Şekil 1.38. Gösterilen PV panel için günün iki farklı anında açık hava ve kısmi gölgeli hava güç-gerilim grafiği (Deniz,2013)

Tozlanma ve Karlanma Etkileri

PV modüllerin yüzeylerinin kirlenmesi zamanla temizlenmemesi güneş ışınlarının tamamının panel yüzeyinden güneş piline ilemediği için panel performansını çok etkilemektedir. Kirlenme ve tozlanma ve yağmur etkileri üzerine yapılan araştırmalar verimin çok fazla düşümünü göstermektedir.(Deniz,2013)

Toz ve kirlenmeden kaynaklanan kayıplara karşılık verim kaybı %0,5'le sınırlıdır(Kimber,2005; Mitchell,2005). Açık 15 dereceden küçükse, ya da yağışın az ya da seyrek olması, çevredeki arazilerde tarımsal ya da endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanan tozlanma ve hava kirliliği gibi kurulum sahasına has özellikler varsa bu değer arttırılabilir. Yapılan araştırmalar tozlanmanın neden olduğu kayıp yüzdesinin 4 olduğunu açıklamaktadır.(Kymakis,2009; Papazoglou,2009). İlk Almanya olmakla beraber Avrupa'nın çok ülkesinde hazırlanmış Kar Örtüsü Haritaları, karlanmadan oluşan kayıpların tahmin edilmesinde önemli rol oynamaktadır. Bu tip haritalar 2005-2008 yılları arası için hazırlanmıştır. Fakat bu haritalardan sadece yatayla sıfır derece açı yapan PV modül sistemleri için olası kayıp oranları bulunabilir. Ama buna rağmen eğimli yüzeyler içinde tahminde bulunabilir. Kar yağışının sıklıkla görüldüğü bölgelerde yere kurulu sistemlerde %1, çatı sistemlerinde ise %2 karlanma kaybı varsayılabilir (Wirth,2009; Weigl,2009).

Fotovoltaik Panel verimliliği

Fotovoltaik panel verimliliği, güneş hücresinden sağlanan güç ile güneş ışınlarından sağlanan gücün ilişkisidir. Denklem (1.4) Bunun dışında panel verimini etkileyen önemli unsurlardan biri de dolgu faktörüdür. Dolgu Faktörü (FF) maksimum çıkış gücünü açık devre gerilimi ve kısa devre akımına bağlı olarak tanımlar. Denklem (1,5) (Sharma,2014).

$$\eta = \frac{P_{PİL}}{P_{Işık}} = \frac{I_{SC} * V_{OC} * FF}{P_{Işık}} \quad (1.4)$$

Burada, $P_{Işık}$ – Güneşten Gelen Işık (Radyasyon) Değeri

I_{SC} – Kısa Devre Akımı

V_{OC} – Açık Devre Gerilimi

FF – Dolgu Faktörü

$$FF = \frac{P_M}{I_{SC} * V_{OC}} = \frac{I_{MP} * V_{MP}}{I_{SC} * V_{OC}} \quad (1.5)$$

Burada, V_{MP} –Maksimum Akım Değeri

V_{MP} – Maksimum Gerilim Değeri

I_{SC} – Kısa Devre Akımı

V_{OC} – Açık Devre Gerilimi

P_M – Maksimum Güç Noktası

Deney sırasında elde edilen değerler ilk önce denklem 1.5 de yerine konularak dolgu faktörü bulunur. Elde edilen dolgu faktörü değeri denklem 1.4 de yerine konularak panelin verimi hesaplanır.

2. LİTERATUR TARAMASI

Yenilenebilir enerji, güneş enerjisi, fotovoltaik paneller ve fotovoltaik panellerin performansının artırılması ile ilgili günümüze kadar birçok araştırma ve çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalardan bazılarının kısa özetleri sırası ile güneş enerjisi ile ilgili yapılan çalışmalar, fotovoltaik panellerin performanslarının artırılması ile ilgili çalışmalar olarak iki konu halinde verilmiştir.

- **Güneş enerjisi ile ilgili yapılan çalışmalar;**

Uyarel ve Öz (1987), çalışmalarında güneş enerjisi, güneş enerjisinin uygulama alanları ve nerelerde kullanıldığını incelemişlerdir. Bilinen güneş enerjisi sistemlerini haricinde de aynı anda fotovoltaik sistemler bu sistemlerden elektriğin elde edilmesi detaylandırılarak örneklendirilmiştir. Güneşe ait hareketler ve güneş açıları ile ilgili hesaplar teorik olarak formülize edilmiştir.

Güven vd. (2004), makalelerinde güneş enerjisinin ısı ve alternatif uygulamaları üzerinde çalışmış. Çalışmalarında güneş kulelerini incelemiş, hayata geçirilmiş çeşitli uygulamalar hakkında bilgi vermişlerdir. Çalışan ve tasarım aşamasındaki sistemlerin karşılaştırılması, kullanılan parametreler ve sistemlerin fayda maliyet analizleri hakkında bilgi vermişler.

Kafumba (2007). Bu çalışmasında Malawi Meteoroloji Departmanın' dan elde edilen küresel günlük radyasyon yoğunluğu ve hava sıcaklığı kayıtlarına ek olarak; Uluslararası Enerji Ajansı IRENA' nın 1984-2015 yılları arasında yürüttüğü bir çalışmanın önemli analizlerini içeren ikinci el verileri kullanarak, potansiyel bir güneş enerjisi santralinin, Net Şimdiki Değer Yöntemi ve RET screen analiz programı ile hesaplanmış tahmini finansman maliyetini sunmaktadır. Analiz sonuçları Malawi'nin yıl boyunca muazzam ölçüde güneş ışığı aldığını ve ortalama hava sıcaklıklarının büyük ölçekli bir güneş enerjisi projesinin yapılması için elverişli olduğunu ortaya koymaktadır. Sonuç olarak, makale sürdürülebilir sosyal ve ekonomik büyümenin bir önkoşulu olan yeterli ölçüde modern enerji tedarikinin sağlanması için kullanılabilecek stratejilerin altını çizmektedir.

- **Fotovoltaik panel performansının artırılmasına yönelik çalışmalar;**

Pırasacı ve Sivrioğlu(2002), makalelerinde güneşi takip eden sistem yerine, bir odaklayıcı sistem hesabı üzerine çalışmalar yayınlamışlar. Sistem parabolü andıran ve bunun daha geliştirilmiş halidir. Bu tasarımda üç adet yansıtıcı kullanılarak güneş ışınları yönlendirilmektedir. Her yansıtıcıya gelen güneş ışınının odak noktasında olan boruya yönlendirmektedir. Böylece güneş ışınları hangi açıdan gelirse gelsin tamamen odakla buluşturulmaktadır. Bu sisteme göre güneşi takip eden sisteme gerek kalmamaktadır. Fakat dezavantajlarından biri 'de, üretimi zor olmaktadır ve bundan dolayı da deneysel sonuçları bilinmemektedir.

AL-Mohamed (2004), Güneş radyasyonlarından daha çok yararlanarak sistem performansın artırmaya yönelik çalışmalar yapmıştır. Bu çalışmasında PLC (Programlanabilir Kontrol Cihazı) sistemlerinden yararlanarak güneş radyasyon akısı hareketlerini güneş pilleriyle kontrolünü sağlayan bir güneş izleyici yapılmıştır. Elektronik cihazlarla da güneş izleyicinin performansı geliştirilmiştir. Bu cihaz sayesinde fotovoltaik panel güneş radyasyonunu tam alabilmekte ve diğer fotovoltaik panellere göre % 20 daha çok radyasyondan yararlanmaktadır.

Dubey ve Ark (2009), çalışmasında fotovoltaik panelin ısısını su ile soğutarak güneş hücreleri üzerindeki ısıyı düşürerek performans arttırmak ileri sürmüşler. Bu sebeple de ısınım sorununun çözmek için su tabanlı soğutma sistemi gerçekleştirmiştir. Fotovoltaik panelin soğutulması için harcanan enerji ve su miktarını minimuma indirmek için ısıta ve soğutma oranı modelleri geliştirmiştir. Bu modeller deney düzeneğinde kullanılarak hedeflenen enerji verimliliği gözlenirmiştir.

Prasad ve Sain (1991), çalışmasında iki cam arasındaki fotovoltaik panelin hava kanalı ile soğutularak en yüksek verime ulaşıldığını göstermiştir. Bu soğutma yöntemi ile yıllık ortalama verimliliğin %10,4 ile % 9,75 arasında değişiklik gösterdiği sonucuna varmışlardır.

Han ve Park (1998), çalışmasında fotovoltaik panelin ısının düşürerek yani ısı transferini artırarak panel performansını iyileştirme yöntemini araştırmıştır. Bu çalışmada ısı transferini arttırma bilmek için kanal duvarı ve absorbe edici plakların pürüzlülüğünü suni olarak arttırmışlardır. Bu arttırılmış pürüzlülük ve absorbe neticesinde basınç düşümü oluşturulacaktı. Ancak bunun için yüksek pompa gücü gereklidir.

Naphon (2005), çalışmasında boylamasına kanatlar ile çift geçirgenlikle güneş hava ısıtıcının entropi üretimi ve performans çalışmasını gerçekleştirdi. Bu çalışma sonucunda ısı transfer katsayısı Reyonla sayısının artmasıyla artarken, akış oranının artışı ile fotovoltaik panelin termal verimliliğinin arttığı gözlemlenmiştir.

Garg ve Ark (1991), çalışmasında bir hava hibrit fotovoltaik sistem sunmuşlardır. Yüzey arttırıcı ve fotovoltaik panele monte edilmiş düz örgülü kolektör bulunduran sistem ile fotovoltaik panelin absorbe verimliliğini arttırmışlardır.

Pottler ve Ark (1999), çalışmalarında güneş hava ısıtma kolektörlerinin absorbe edici geometrisi için bir optimizasyon çalışması sürdürmüştür.

Literatür taraması sonucunda, fotovoltaik panellerin performans iyileştirme yöntemleri ağırlıklı olarak; güneş ışınlarının panele odaklanması, güneş ışınlarının yoğunlaştırarak panele odaklanmasıdır. Literatürde aynı zamanda ısı transferini artırma amaçlı yöntemlerle karşılaşmak mümkündür ki bunlar; yüzey artırma ve sulu soğutma sistemleri görülmektedir. Bu sistemler fotovoltaik panellerin performansını arttırmakla beraber aynı zamanda fotovoltaik pil ve panel ömrünü arttırdığı gözlenmiştir

Güneş ışınlarının yoğunlaştırarak panele odaklanması neticesinde fotovoltaik panellerin yoğun güneş ışını alarak performansının artması görülmektedir. Bu sebeple 'de ışın yoğunlaştırıcı küre tasarlanarak panelin performansı arttırmak ve küre içine farklı renk sıvılar doldurularak performansı incelenmesi yapılmıştır.

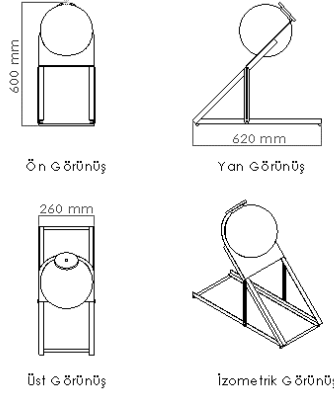
3. MATERYAL VE METOT

Bu projede voltaj 4,5 V akım 0.2 A, boyutları 80x60x2.5 mm olan 1 adet polikristalin silikon hücreden oluşsan güneş paneli (pili) kullanılarak deney yapılmıştır.

Tasarlanması planlanan proje öncelikle solidworks 3D programında projelendirilip modeli tasarlanmıştır (Şekil 3.1). Tasarlanan model incelendikten sonra üretime yönelik teknik resimleri hazırlanarak imalata sunulmuştur. (Şekil 3.2).



Şekil 3.1. Model resmi



Şekil 3.2. Teknik resimler

Tasarlanan standart güneş panelinin performansını arttırmak ve incelemek adına güneş panelinin önüne yerleştirilecek içi su ilde dolu şeffaf güneş küresi ve bu güneş küresini güneş panelinin önünde sabit tutacak güneş küresi sehpası geliştirilmiştir. Tasarlanan bu projede güneş panellerinin performansını arttırmaya yönelik geliştirilmeler yapılmış ve deneysel veriler ile incelenmesi planlanmıştır.

3.1. Fotovoltaik Panel

Deneyde, özellikleri Çizelge 3. 3' de verilen 1 adet polikristalin silikon hücreden oluşan 1 watt tepe gücüne sahip güneş paneli kullanılmıştı. Performans artırma incelemesi için geliştirilen güneş panelinin görünümü Şekil 3. 3' de gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Fotovoltaik panel

Çizelge 3.1. Fotovoltaik panelin teknik özellikleri

Güç	1 W
Hücre Sayısı	1 Pcs
Kısa devre Akımı	- A
Açık Devre Gerilimi	- V
Maksimum Akım	200 mA
Maksimum Gerilim	4.5 V
Açık Devre Geriliminin Sıcaklıkla değişimi	-0,34(%/°C)
Kısa devre Akımının Sıcaklıkla değişimi	0,05(%/°C)
Gücün Sıcaklıkla değişimi	-0,45(%/°C)

3.2. Fotovoltaik Panel Sehpası

Fotovoltaik panel performansını arttırmak için tasarlanmış panel sehpası iki kısımdan oluşmaktadır.(Şekil 3. 4)



Şekil 3.4. Performans artırma düzeneği

a) Işın Yoğunlaştırıcı Küre

Bu küre içi su ile dolu 5 mm kalınlıkta polyesterden oluşmaktadır (Şekil 3. 5). Işın yoğunlaştırıcı kürenin amacı büyük alana düşen güneş ışınlarını toplayarak fotovoltaik panele (daha küçük alana) yoğunlaştırmaktır. Bunun sonucunda tasarlanan sistem ile normal sadece panel değerleri alınarak karşılaştırılarak ve performansı incelenecektir.



Şekil 3.5. Işın yoğunlaştırıcı küre

b) Küre ve Fotovoltaik Panel Sehpa

Su dolu küreni fotovoltaik panel karşısında sabit tutabilmek güneş ışınlarına göre açısını ayarlanabilir ve fotovoltaik paneli manuel olarak X-Y-Z yönde hareket edebilir olması için sehpa tasarlanmıştır. Sehpa küre ve panel ağırlıklarını taşıyabilmesi için 3 mm kalınlıkta paslanmaz malzemeden 600 mm x 620 mm x260 mm ebatlarında imal edilmiştir.

Sehpanın sabit olması için kaynaklı hareketli ve ayarlanabilir olması için ise bazı noktaları somun ile bağlantı yapılmıştır (Şekil 3. 6).



Şekil 3.6. Küre ve fotovoltaik panel sehpa

3.3. Ölçüm Cihazları

Solarimetre

Bu projede panel yüzeyine gelen güneş ışınımını ölçebilmek için Mastech SM206 güneş enerjisi ölçüm cihazı kullanılmıştır. Güneş ışınım değerlerini W/m^2 cinsinden güneş radyasyonu olarak vermekte olan bu cihaz bu değerleri aynı anda kaydetme seçeneğine sahiptir. Cihazın teknik özellikleri Çizelge 3.2’ de gösterilmektedir



Şekil 3.7. Mastech SM206 solarimetre

Çizelge 3.2. Mastech SM206 solarimetre teknik özellikleri

Batarya	9Vx1, 6F22
Çözünürlük	$\pm 10W/m^2$ / 3 Btu/(ft ² -h)
Hassasiyet	Veya $\pm 5\%$ okumada (25 Derece) $\pm 0.38W/m^2$ /Derece
Ölçüm Menzili	0.1~399.9, 1~3999 W/m^2 0.1-399.9, 1-3999 Btu/ (ft ² -h) , 0.1 W/m^2 , 0.1 Btu/(ft ² -h)
Sıcaklık Hatası	± 0.12 Btu/(ft ² -h)/Derece, ± 0.12 Btu/(ft ² -h)/Derece
Yanıtlama Zamanı	0.25n

Dijital Multimetre

Panelden yüksek güç çıkışı almamız için gerilim ve akım değerlerini bilmemiz gereklidir ki bu değerleri gözlemlemek ve çıkış gücünü sürekli yüksek tutabilmek için dijital multimetre kullanılmıştır. Dijital multimetre teknik özellikleri Çizelge 3.3’de gösterilmiştir.



Şekil 3.8. Dijital multimetre.

Çizelge 3.3. Dijital multimetre teknik özellikleri

3 1/2 dijital	3 1/1999 sayaç ekran
DC Gerilim	200m-2000m-20-200-1000V ±% 0.5
AC Gerilim	200-750V
DC Akım	200µ-2000µ-20m-200m-10A
Direnç	200-2000-20K-200K-2000KΩ
Diyot Test	Evet. Buzzer Özellikli
Ebat / Ağırlık	126 × 70 × 28mm/137g
Dayanıklılık	Aşırı Yük Koruması
Güç Kaynağı	9V PİL (Pakete dâhildir)

Sıcaklık Ölçer – Termometre

Panelin sıcaklık artışını gözlemlemek için termometre kullanılmıştır. Yüzeyin her kısımdan sıcaklık ölçümü yapabilmek için GM550 infrared (temassız) sıcaklık ölçer seçilmiştir. Deneyde kullanılan GM550 infrared (temassız) sıcaklık ölçerin teknik özellikleri Çizelge 3.4 'de belirtilmiştir.



Şekil 3.9. GM550 infrared (temassız) sıcaklık ölçer

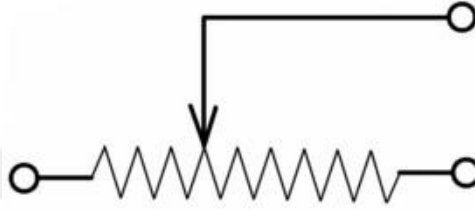
Çizelge 3.4. GM550 infrared (temassız) sıcaklık ölçer teknik özellikleri

Net Ağırlık	127g
Emissivite	0.95 hazır
Çözünürlük	0.1 °C veya 0.1F
Doğruluk	±% 1.5 veya ± 1.5 °C
Spektral Yanıt	8-14 um
Spot Boyuna Uzaklık	12: 1
Tekrarlına bilirlilik	% 1 okuma veya 1 °C
Yanıt Süresi	500mSec,% 95 yanıt
Çalışma Sıcaklığı	0 ~ 40 °C (32 ~ 104F)
Depolama Sıcaklığı	-20 ~ 60 °C (-4 ~ 140F)
Boyutlar: Yaklaşık	155 (H) x 100 (L) x 45 (W) mm
Sıcaklık aralığı	-50 ila 550 °C (-58 ila 1022 ° F)
Güç Kaynağı	9V Alkali veya NiCd Batarya (DAHİL DEĞİL)
Çalışma Nemi	% 10 ~ 95 RH yoğunlaşmayan, 30 °C'ye kadar (86 °C)
Tipik Batarya Yaşam (Alkali)	Lazer dışı mod: 22 saat; Lazer Model: 12 saat

Reosta

Reosta iki ucundan bağlanabilen devreden geçen direnç ve akımı değiştirmek kontrol etmek için kullanılan elektrik ekipmanıdır. Reostanın kullanım şekli oldukça kolay olmakla kullanım yoğunluğuna göre iki çeşit çevirmeli ve kaydırmalı reostalar mevcuttur. Reostada akım ve direnci değiştirmek için yay kısmı sabit tutularak diğer iletken yay üzerinde kaydırılarak istenen gerilim ve akım ayarlanır. Yay üzerinde kaydırılan iletken metal yaklaştıkça gerilim azalmakta uzaklaştıkça is gerilim artmaktadır.

Reosta üzerinden geçen akımın doğru ölçüle bilinmesi için devreye seri bağlanması gerekir. (Şekil 3.10)



Şekil 3.10. Reosta şematik görünümü

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada performans arttırma yöntemlerinin incelenmesi adına ilk önce güneş ışınlarını sadece direk fotovoltaik panele yansıtılarak panelin güç üretim değerleri deneysel olarak gözlemlenerek kaydedilmiştir. İkinci aşamada ise fotovoltaik paneli performans arttırması için tasarlanmış sehpaye montaj ederek farklı renk sıvılarda güç üretim değerleri gözlemlenerek kaydedilmiş ve bu değerler karşılaştırılarak analiz edilmiştir.

4.1. Deneysel Sonuçlar

Çalışmada uygulanan performans incelenmesi için iki aşamalı olarak hem sadece (düzenek olmadan) hem de düzenekle beraber fotovoltaik paneller güneş ışınlarına tabii tutularak sistemlerin akım, gerilim, güç ve panel yüzey sıcaklıkları ölçülmüştür. Sistemden 30 dakika arayla alınan veriler bilgisayar ortamına kaydedilmiştir. Kaydedilen bu her iki sistem verilerinin bilgisayar ortamında Çizelge ve eğrileri oluşturularak sistem performans değerlendirilmesi yapılmıştır.

İlk aşamada tasarlanan sistemde küre içine su doldurularak öncelikle şeffaf suyla daha sonra ise suya 4 farklı renklendirici karıştırılarak 4 farklı renkte (sarı, kırmızı, mavi, yeşil) deneyler yapılmış, bu aşamada Akım-Gerilim-Güç verileri ölçülmüş, hesaplanmış Çizelge ve grafik halinde gösterilmiştir

İkinci aşamada tasarlanan fotovoltaik sistemlerin gün boyu akım-gerilim değerleri kaydedilmiş ve maksimum güç değerleri kullanılarak her sistemin üretilebilecek DC enerji değerleri hesaplanmıştır.

Üçüncü aşamada ise tüm veriler bir araya getirilerek karşılaştırılmış, performans değerleri incelenmiş, yapılan performans arttırma deneyinde en etkili renk belirlenmiştir.

Dördüncü aşamada panel sıcaklığını sabit tutarak, kürenin panel performansına etkileri incelemek için 13.5 Watt' lığ ışık kaynağı ile karanlık odada deneme yapılmış, tüm renkler için panel verimi hesaplanmıştır.

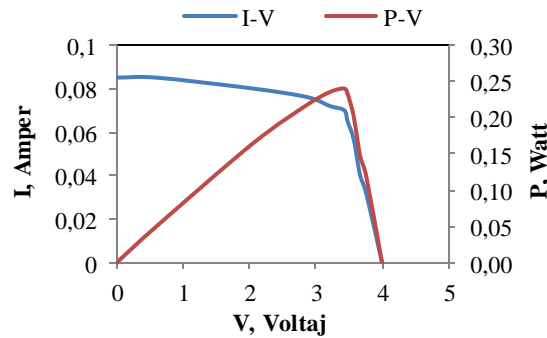
- **Aşama 1- Güneş Işıklarının Direkt Olarak Panele Yansıtılması Sonucu Elde Edilen Veriler:**

İlk olarak tasarlanan sistem olmadan güneş ışıklarının direkt güneş panelin yansıtılmış reosta ile direnç değeri arttırılarak akım ve voltaj değerleri gözlemlenerek kaydedilmiştir. (Çizelge 4.1)

Çizelge 4.1. Direnç değişimine göre maksimum güç noktasının belirlenmesi

Ölçüm	I (Akım)	V (Gerilim)	P (Güç)	R (Direnç)
1	0,085	0,10	0,085	0,0
2	0,080	2,05	0,164	25,6
3	0,076	2,88	0,218	37,8
4	0,073	3,21	0,235	44,0
5	0,070	3,43	0,240	49,0
6	0,067	3,48	0,233	51,9
7	0,057	3,57	0,203	62,6
8	0,043	3,65	0,157	84,9
9	0,039	3,68	0,143	94,0
10	0,032	3,76	0,120	117,5

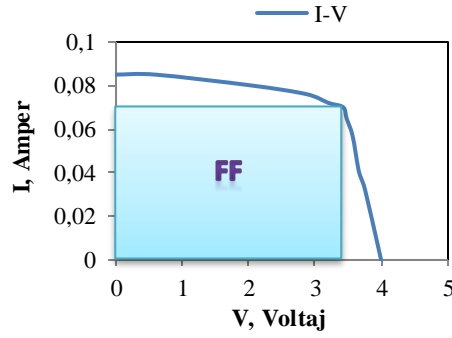
Deneyde kademeli olarak direnç arttırılmış, akım ve voltaj değerleri ölçülmüştür. Ölçülen bu değerlerden yola çıkarak güç değerleri belirlenmiştir. Bu kademeli direnç değerleri 0' tan başlayarak 117,5 Ω kadar devam ettirilirmiş ve hesaplanan güç değerleri Çizelge 3,5 ve şekil 3.11' de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Direk panele yansıtılarak elde edilen I-V ve P-V karakteristik eğrileri

Şekil 4.1'de görüldüğü gibi I-V ve P-V karakteristik eğrilerine ilişkin ışıkların direkt panele yansıtılarak yapılan deneyde maksimum güç noktasına ulaşıldığı nokta $R = 49 \Omega$ olarak tespit edilmiştir. Bu noktada akım değeri $I = 0,070$ gerilim değeri ise $V = 3,43$ olarak ölçülmüştür. P-V karakteristik eğrisinde de ise maksimumum güç noktası olan 0,240 değerine gerilim 3,43' da ulaşılmıştır.

Akım-Gerilim-Güç karakteristikleri oluşturularak dolgu faktörü ve verim hesaplanmıştır. (Şekil.4.2)



Şekil 4.2. Maksimum güç ve dolgu faktörü alanı

Çizelge 4,2' deki değerlerden yola çıkarak panelin I-V akım-gerilimi, P-V güç-gerilim karakteristik grafikleri oluşturulmuş ve I-V akım-gerilim grafiğinden yararlanarak dolgu faktörü alanı belirlenmiş ve şekil 4,3' de gösterilmiştir.

Direk Panele Yansıtılarak Elde edilen Dolgu Faktörü ve Verim Hesabı:

I-V Eğrisinden: $I_{MP} = 0,070$ Amper

$V_{MP} = 3,43$ Volt

$I_{SC} = 0,085$ Amper

$V_{OC} = 3,76$ Volt

Deney sırasında güneşten gelen toplam enerji solarimetre ile ölçüm yapılarak 875 W/m^2 gözlemlenmiştir. Panelin yüzey alanı $0,0048 \text{ m}^2$ belirlenerek panel yüzey alanına gelen güneş enerji miktarı 4,2 Watt olarak hesaplanmıştır

Değerleri saptanmıştır. Buradan:

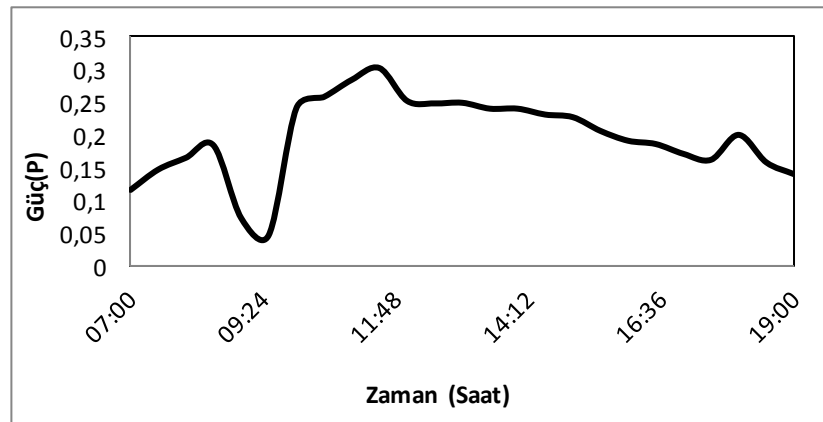
$$FF = \frac{P_M}{I_{SC} * V_{OC}} = \frac{I_{MP} * V_{MP}}{I_{SC} * V_{OC}} = \frac{0,240}{0,319} = 0,75 = \%75$$

$$\eta = \frac{P_{Pil}}{P_{Işık}} = \frac{I_{SC} * V_{OC} * FF}{P_{Işık}} = \frac{0,240}{4,2} = 0,057 = \%5,7 \quad \text{Olarak hesaplanmıştır.}$$

06.07.2019 Tarihinde Gün Boyunca Deneyde Elde Edilen Değerler:

Çizelge 4.2. Gün boyunca panelin ürettiği değerler

Saat (A)	Gerilim (V)	Akım (A)	Panel Yüzey Sıcaklığı (°C)	Güneş Radyasyonu (W/m ²)	Güç (Watt)
07:00	2.90	0.040	10	440	0,116
07:30	2.95	0.050	11	520	0,147
08:00	3,00	0.055	12	563	0,165
08:30	3.36	0.055	14	645	0,184
09:00	3.08	0.024	13	445	0,073
09:30	3,15	0.015	12	280	0,047
10:00	3.27	0.074	16	740	0,241
10:30	3.36	0.077	19	828	0,258
11:00	3.39	0.084	27	920	0,284
11:30	3.36	0.090	27	852	0,302
12:00	3.36	0.075	28	880	0,252
12:30	3.27	0.076	30	860	0,248
13:00	3.24	0.77	33	880	0.249
13:30	3.29	0.073	38	835	0,240
14:00	3.43	0,070	40	875	0,240
14:30	3.40	0.068	42	863	0,231
15:00	3.35	0.068	41	790	0,227
15:30	3.27	0.063	38	770	0,206
16:00	3.31	0.058	36	680	0,191
16:30	3.33	0.056	35	530	0,186
17:00	3.12	0.055	34	510	0,171
17:30	3.38	0.048	31	445	0,162
18:00	3.46	0.058	30	310	0,200
18:30	3.37	0.047	28	280	0,158
19:00	3.34	0.050	24	210	0,140



Şekil 4.3. Deneyde gün boyunca gözlemlenen değerlerden hesaplanan güç - zaman eğrisi

06.07.2019 tarihinde gün boyunca 07: 00 'tan başlayarak 19: 00 'a kadar 25 veri elde edilmiş güç değerleri hesaplanmıştır. Bu değerlerden yola çıkarak güç-zaman grafiği oluşturulmuştur. Şekil 4,3' de gösterilen grafikten deney sırasında gün boyunca en yüksek güç değeri saat 11: 30' da olmakla beraber öğlen saatlerinde 11:00 ile 14:00 arasında olduğu görülmektedir.

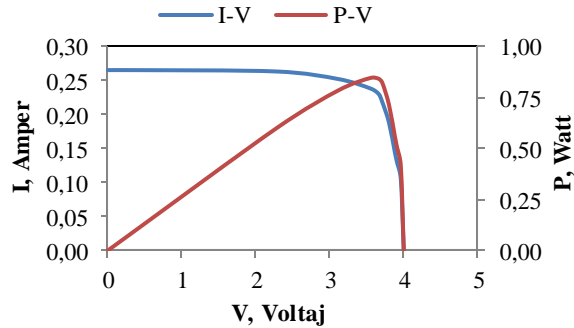
Güneş Işımlarının Tasarlanan Yoğunlaştırıcıdan Panele Yansıtılması Sonucu Elde Edilen Veriler (Şeffaf Su İçin) :

Güneş ışınlarının direkt güneş panelin yansıtılarak elde edilen verilerden sonra panel tasarlanan ışın yoğunlaştırıcı küre sehpaasına monte edilerek reosta ile direnç değeri artırılarak akım ve voltaj değerleri gözlemlenerek kaydedilmiştir. (Çizelge 4. 3)

Çizelge 4.3. Direnç değişimine göre maksimum güç noktasının belirlenmesi

Ölçüm	I (Akım)	V (Gerilim)	P (Güç)	R (Direnç)
1	0,265	0,33	0,087	0,0
2	0,263	2,28	0,205	8,6
3	0,252	3,11	0,705	12,3
4	0,238	3,44	0,818	14,5
5	0,230	3,66	0,841	15,9
6	0,218	3,71	0,808	17,0
7	0,188	3,80	0,756	20,0
8	0,144	3,88	0,648	26,5
9	0,129	3,91	0,501	30,1
10	0,105	3,99	0,415	37,7

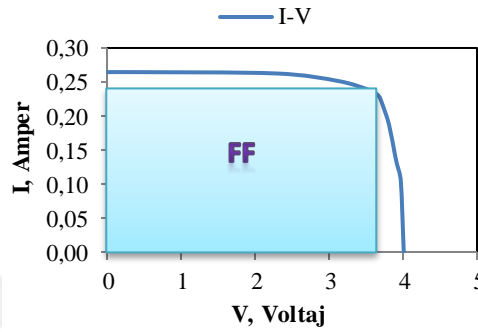
Deneyde kademeli olarak direnç artırılmış, akım ve voltaj değerleri ölçülmüştür. Ölçülen bu değerlerden yola çıkarak güç değerleri belirlenmiştir. Bu kademeli direnç değerleri 0' tan başlayarak 37,7 Ω kadar devam ettirilirmiş ve hesaplanan güç değerleri Çizelge 4.3 ve şekil 4.4' de gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Güneş ışınlarının şeffaf su dolu küreden yansıtılarak elde edilen I-V ve P-V karakteristik eğrileri

Şekil 4. 4’de görüldüğü gibi I-V ve P-V karakteristik eğrilerine ilişkin ışınların direkt panele yansıtılarak yapılan deneyde maksimum güç noktasına ulaşıldığı nokta $R=15,9 \Omega$ olarak tespit edilmiştir. Bu noktada akım değeri 0,230 gerilim değeri ise 3,66 olarak ölçülmüştür. P-V karakteristik eğrisinde de görüldüğü gibi maksimum güç noktası olan 0,841 değerine gerilim 3,66’ da ulaşılmıştır.

Akım-Gerilim-Güç karakteristikleri oluşturularak dolgu faktörü ve verim hesaplanmıştır.(Şekil 4.5)



Şekil 4.5. Maksimum güç ve dolgu faktörü alanı

Şeffaf Su Dolu Küreden Panele Yansıtılarak Elde edilen Dolgu Faktörü ve Verim Hesabı:

I-V Eğrisinden: $I_{MP} = 0,230$ Amper

$V_{MP} = 3,66$ Volt

$I_{SC} = 0,265$ Amper

$V_{OC} = 3,99$ Volt

Deney sırasında güneşten gelen toplam enerji solarimetre ile ölçüm yapılarak 875 W/m^2 gözlemlenmiştir. Panelin yüzey alanı $0,0048 \text{ m}^2$ belirlenerek panel yüzey alanına gelen güneş enerjisi miktarı 4,2 Watt olarak hesaplanmıştır

Değerleri saptanmıştır. Buradan:

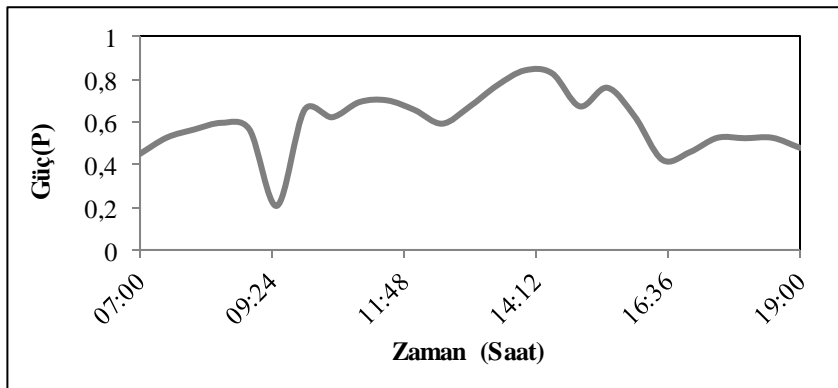
$$FF = \frac{P_M}{I_{SC} * V_{OC}} = \frac{I_{MP} * V_{MP}}{I_{SC} * V_{OC}} = \frac{0,841}{1,057} = 0,8 = \% 80$$

$$\eta = \frac{P_{Pil}}{P_{Işık}} = \frac{I_{SC} * V_{OC} * FF}{P_{Işık}} = \frac{0,845}{4,2} = 0,20 = \%20 \quad \text{Olarak hesaplanmıştır.}$$

06.07.2019 Tarihinde Gün Boyunca Deneyde Elde Edilen Değerler:

Çizelge 4.4. Gün boyunca panelin ürettiği değerler

Saat (A)	Gerilim (V)	Akım (A)	Panel Yüzey Sıcaklığı (°C)	Güneş Radyasyonu (W/m ²)	Güç (Watt)
07:00	3.10	0.145	20	440	0,450
07:30	3.30	0.160	26	520	0,528
08:00	3.35	0.169	27	563	0,566
08:30	3.41	0.175	31	645	0,597
09:00	3.45	0.164	30	445	0,566
09:30	3,22	0.065	28	280	0,209
10:00	3.37	0.195	30	740	0,657
10:30	3.54	0.176	33	828	0,623
11:00	3.65	0.190	45	920	0,694
11:30	3,58	0.196	53	852	0,702
12:00	3.46	0.190	56	880	0,657
12:30	3,33	0.178	47	860	0,593
13:00	3.40	0.198	62	880	0,673
13:30	3.51	0.220	68	835	0,772
14:00	3.66	0.230	69	875	0,842
14:30	3.60	0.230	72	863	0,828
15:00	3.44	0.196	69	790	0,674
15:30	3.31	0.230	64	770	0,761
16:00	3,40	0.184	59	680	0,626
16:30	3.42	0.124	57	530	0,424
17:00	3.33	0.138	55	510	0,460
17:30	3.40	0.155	51	445	0,527
18:00	3.48	0.151	49	310	0,525
18:30	3.40	0.155	45	280	0,527
19:00	3.38	0.160	39	210	0,480



Şekil 4.6. Deneyde gün boyunca gözlemlenen değerlerden hesaplanan güç-zaman eğrisi

06.07.2019 tarihinde gün boyunca 07: 00 'tan başlayarak 19: 00 'a kadar 25 veri elde edilmiş güç değerleri hesaplanmıştır. Bu değerlerden yola çıkarak güç-zaman grafiği oluşturulmuştur. Şekil 4,6' de gösterilen grafikten deney sırasında gün boyunca en yüksek güç değeri saat 14: 00' da olmakla beraber öğlen saatlerinde 13: 30 ile 15: 00 arasında olduğu görülmektedir.

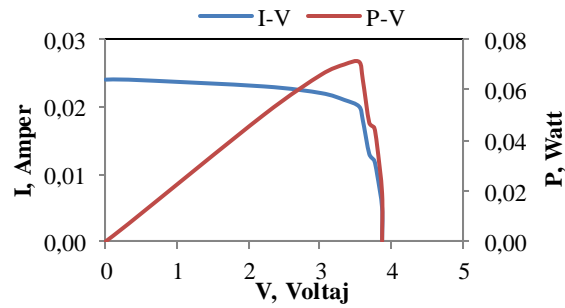
Güneş Işınlarnın Tasarlanan Yoğunlaştırıcıdan Panele Yansıtılması Sonucu Elde Edilen Veriler (Sarı Renkli Su İçin) :

Güneş ışınlarının şeffaf su güneş panelin yansıtılarak elde edilen verilerden sonra suya 1 gram sarı renklendirici 8 litre şeffaf suya karıştırılarak kürenin içine doldurulmuş reosta ile direnç değeri arttırılarak akım ve voltaj değeri gözlemlenerek kaydedilmiştir. (Çizelge 4. 5)

Çizelge 4.5. Direnç değişimine göre maksimum güç noktasının belirlenmesi

Ölçüm	I (Akım)	V (Gerilim)	P (Güç)	R (Direnç)
1	0,025	0,32	0,008	0
2	0,024	2,21	0,050	92
3	0,023	3,02	0,070	131
4	0,022	3,34	0,073	152
5	0,021	3,55	0,074	169
6	0,020	3,60	0,072	180
7	0,018	3,69	0,066	205
8	0,013	3,76	0,048	289
9	0,012	3,80	0,045	316
10	0,010	3,87	0,038	387

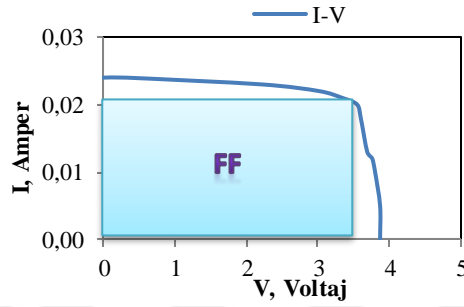
Deneyde kademeli olarak direnç arttırılmış, akım ve voltaj değeri ölçülmüştür. Ölçülen bu değerlerden yola çıkarak güç değeri belirlenmiştir. Bu kademeli direnç değeri 0' tan başlayarak 387 Ω kadar devam ettirilirmiş ve hesaplanan güç değeri Çizelge 4,5 ve şekil 4.7' de gösterilmiştir.



Şekil 4.7. Güneş ışınlarının sarı renk sıvı dolu küreden yansıtılarak elde edilen I-V ve P-V karakteristik eğrileri

Şekil 4.7' de görüldüğü gibi I-V ve P-V karakteristik eğrilerine ilişkin ışınların direkt panele yansıtılarak yapılan deneyde maksimum güç noktasına ulaşıldığı nokta $R=169 \Omega$ olarak tespit edilmiştir. Bu noktada akım değeri 0,021 gerilim değeri ise 3,55 olarak ölçülmüştür. P-V karakteristik eğrisinde de görüldüğü gibi maksimum güç noktası olan 0,074 değerine gerilim 3,55' da ulaşılmıştır.

Akım-Gerilim-Güç karakteristikleri oluşturularak dolgu faktörü ve verim hesaplanmıştır.(Şekil. 4.8)



Şekil 4.8. Maksimum güç ve dolgu faktörü alanı

Sarı Renkli Su Dolu Küreden Panele Yansıtılarak Elde edilen Dolgu Faktörü ve Verim Hesabı:

I-V Eğrisinden: $I_{MP} = 0,021$ Amper

$V_{MP} = 3,55$ Volt

$I_{SC} = 0,025$ Amper

$V_{OC} = 3,87$ Volt

Deney sırasında güneşten gelen toplam enerji solarimetre ile ölçüm yapılarak 875 W/m^2 gözlemlenmiştir. Panelin yüzey alanı $0,0048 \text{ m}^2$ belirlenerek panel yüzey alanına gelen güneş enerjisi miktarı 4,2 Watt olarak hesaplanmıştır

Değerleri saptanmıştır. Buradan:

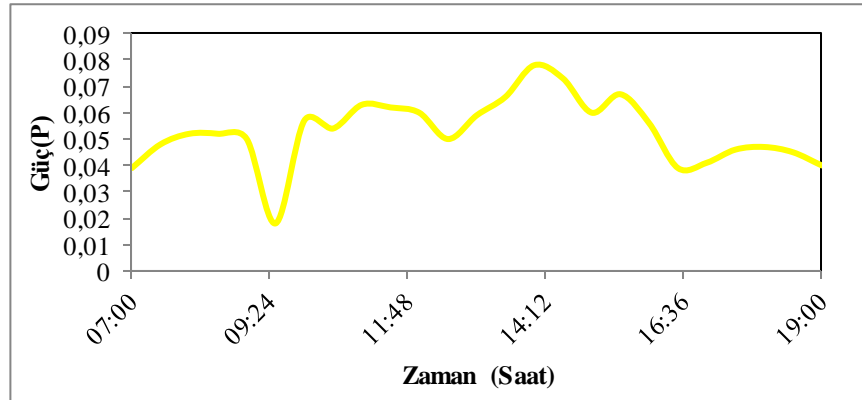
$$FF = \frac{P_M}{I_{SC} * V_{OC}} = \frac{I_{MP} * V_{MP}}{I_{SC} * V_{OC}} = \frac{0,074}{0,096} = 0,77 = \% 77$$

$$\eta = \frac{P_{PİL}}{P_{Işık}} = \frac{I_{SC} * V_{OC} * FF}{P_{Işık}} = \frac{0,074}{4,2} = 0,017 = \% 2 \quad \text{Olarak hesaplanmıştır.}$$

06.07.2019 Tarihinde Gün Boyunca Deneyde Elde Edilen Değerler:

Çizelge 4.6. Gün boyunca panelin ürettiği değerler

Saat (A)	Gerilim (V)	Akım (A)	Panel Yüzey Sıcaklığı (°C)	Güneş Radyasyonu (W/m ²)	Güç (Watt)
07:00	3.00	0.013	13	440	0,039
07:30	3.20	0.015	14	520	0,048
08:00	3.25	0.016	15	563	0,052
08:30	3.31	0.016	17	645	0,052
09:00	3.35	0.015	16	445	0,050
09:30	3,06	0.006	15	280	0,018
10:00	3.20	0.018	22	740	0,057
10:30	3.43	0.016	22	828	0,054
11:00	3.54	0.018	30	920	0,063
11:30	3,47	0.018	30	852	0,062
12:00	3.36	0.018	31	880	0,060
12:30	3,17	0.016	33	860	0,050
13:00	3.3	0.018	36	880	0,059
13:30	3.34	0.020	41	835	0,066
14:00	3.55	0.022	43	875	0,078
14:30	3.49	0.021	45	863	0,073
15:00	3.34	0.018	44	790	0,060
15:30	3.21	0.021	41	770	0,067
16:00	3,30	0.017	39	680	0,056
16:30	3.32	0.012	38	530	0,039
17:00	3.23	0.013	37	510	0,041
17:30	3.30	0.014	34	445	0,046
18:00	3.38	0.014	33	310	0,047
18:30	3.30	0.015	31	280	0,045
19:00	3.28	0.015	27	210	0,040



Şekil 4.9. Deneyde gün boyunca gözlemlenen değerlerden hesaplanan güç - zaman eğrisi

06.07.2019 tarihinde gün boyunca 07: 00 'tan başlayarak 19: 00 'a kadar 25 veri elde edilmiş güç değerleri hesaplanmıştır. Bu değerlerden yola çıkarak güç-zaman grafiği oluşturulmuştur. Şekil 4,9' de gösterilen grafikten deney sırasında gün boyunca en yüksek güç değeri saat 14: 00' da olmakla beraber öğlen saatlerinde 13: 30 ile 15: 00 arasında olduğu görülmektedir.

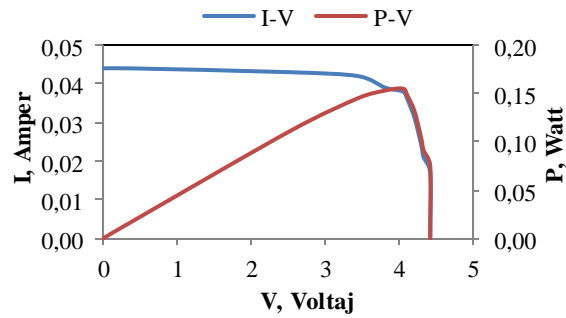
Güneş Işınlarnın Tasarlanan Yoğunlaştırıcıdan Panele Yansıtılması Sonucu Elde Edilen Veriler (Yeşil Renkli Su İçin) :

Güneş ışınlarının sarı renkli su dolu küreden güneş panelin yansıtılarak elde edilen verilerden sonra şeffaf suya 1 gram yeşil renklendirici 8 litre şeffaf suya karıştırılarak kürenin içine doldurulmuş reosta ile direnç değeri arttırılarak akım ve voltaj değeri gözlemlenerek kaydedilmiştir. (Çizelge 4.7)

Çizelge 4.7. Direnç değişimine göre maksimum güç noktasının belirlenmesi

Ölçüm	I (Akım)	V (Gerilim)	P (Güç)	R (Direnç)
1	0,044	0,36	0,016	0
2	0,044	2,53	0,111	58
3	0,042	3,45	0,145	82
4	0,039	3,82	0,149	98
5	0,038	4,06	0,155	107
6	0,036	4,12	0,148	115
7	0,031	4,22	0,131	136
8	0,024	4,31	0,103	180
9	0,021	4,34	0,091	207
10	0,017	4,43	0,075	261

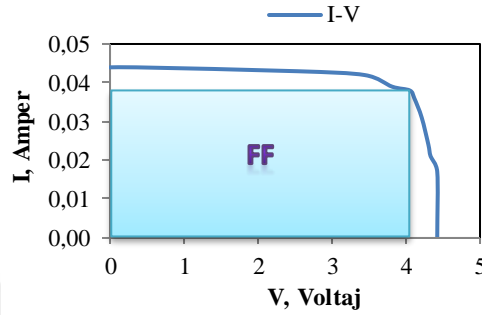
Deneyde kademeli olarak direnç arttırılmış, akım ve voltaj değeri ölçülmüştür. Ölçülen bu değerlerden yola çıkarak güç değeri belirlenmiştir. Bu kademeli direnç değeri 0' tan başlayarak 261 Ω kadar devam ettirilirmiş ve hesaplanan güç değeri Çizelge 4,7 ve Şekil. 4.10'da gösterilmiştir.



Şekil 4.10. Güneş ışınlarının yeşil renk sıvı dolu küreden yansıtılarak elde edilen I-V karakteristiği

Şekil 4.10'da görüldüğü gibi I-V ve P-V karakteristik eğrilerine ilişkin ışınların direkt panele yansıtılarak yapılan deneyde maksimum güç noktasına ulaşıldığı nokta $R = 107 \Omega$ olarak tespit edilmiştir. Bu noktada akım değeri 0,038 gerilim değeri ise 4,06 olarak ölçülmüştür. P-V karakteristik eğrisinde de görüldüğü gibi maksimum güç noktası olan 0,155 değerine gerilim 4,06' da ulaşılmıştır.

Akım-Gerilim-Güç karakteristikleri oluşturularak dolgu faktörü ve verim hesaplanmıştır.(Şekil 4.11)



Şekil 4.11. Maksimum güç ve dolgu faktörü alanı

Yeşil Renkli Su Dolu Küreden Panele Yansıtılarak Elde edilen Dolgu Faktörü ve Verim Hesabı:

I-V Eğrisinden:

$$I_{MP} = 0,038 \text{ Amper}$$

$$V_{MP} = 4,06 \text{ Volt}$$

$$I_{SC} = 0,044 \text{ Amper}$$

$$V_{OC} = 4,43 \text{ Volt}$$

Deney sırasında güneşten gelen toplam enerji solarimetre ile ölçüm yapılarak 875 W/m^2 gözlemlenmiştir. Panelin yüzey alanı $0,0048 \text{ m}^2$ belirlenerek panel yüzey alanına gelen güneş enerjisi miktarı 4,2 Watt olarak hesaplanmıştır

Değerleri saptanmıştır. Buradan:

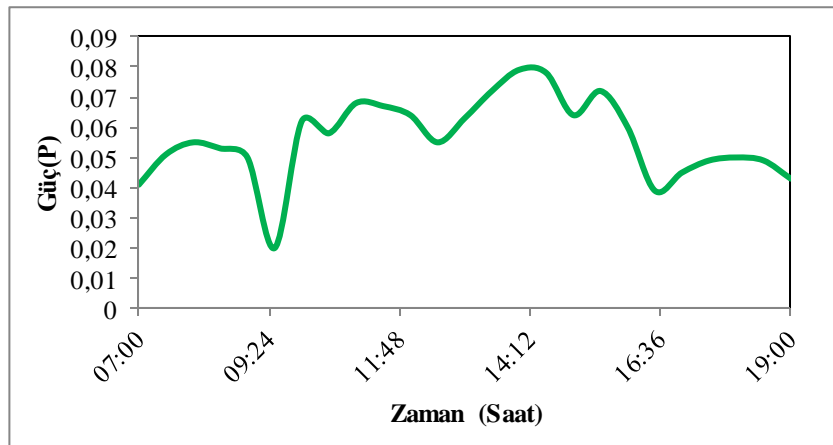
$$FF = \frac{P_M}{I_{SC} * V_{OC}} = \frac{I_{MP} * V_{MP}}{I_{SC} * V_{OC}} = \frac{0,154}{0,194} = 0,79 = \% 79$$

$$\eta = \frac{P_{Pil}}{P_{Işık}} = \frac{I_{SC} * V_{OC} * FF}{P_{Işık}} = \frac{0,153}{4,2} = 0,03 = \%3 \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

06.07.2019 Tarihinde Gün Boyunca Deneyde Elde Edilen Değerler:

Çizelge 4.8. Gün boyunca panelin ürettiği değerler

Saat (A)	Gerilim (V)	Akım (A)	Panel Yüzey Sıcaklığı (°C)	Güneş Radyasyonu (W/m)	Güç (Watt)
07:00	3.19	0,013	13	440	0,041
07:30	3.40	0,015	13	520	0,051
08:00	3.45	0,016	15	563	0,055
08:30	3.31	0,016	16	645	0,053
09:00	3.32	0,015	17	445	0,050
09:30	3,28	0,006	15	280	0,020
10:00	3.47	0,018	20	740	0,062
10:30	3.64	0,016	21	828	0,058
11:00	3.76	0,018	30	920	0,068
11:30	3,70	0,018	31	852	0,067
12:00	3.56	0,018	30	880	0,064
12:30	3,43	0,016	32	860	0,055
13:00	3.50	0,018	37	880	0,063
13:30	3.61	0,020	41	835	0,072
14:00	3.77	0,021	40	875	0,079
14:30	3.71	0,021	43	863	0,078
15:00	3.54	0,018	42	790	0,064
15:30	3.41	0,021	40	770	0,072
16:00	3,50	0,017	36	680	0,060
16:30	3.52	0,011	35	530	0,039
17:00	3.43	0,013	36	510	0,045
17:30	3.50	0,014	34	445	0,049
18:00	3.58	0,014	32	310	0,050
18:30	3.50	0,014	30	280	0,049
19:00	3.48	0,015	26	210	0,043



Şekil 4.12. Deneyde gün boyunca gözlemlenen değerlerden hesaplanan güç zaman eğrisi

06.07.2019 tarihinde gün boyunca 07: 00 'tan başlayarak 19: 00 'a kadar 25 veri elde edilmiş güç değerleri hesaplanmıştır. Bu değerlerden yola çıkarak güç-zaman grafiği oluşturulmuştur. Şekil 4,12' de gösterilen grafikten deney sırasında gün boyunca en yüksek güç değeri saat 14: 00' da olmakla beraber öğlen saatlerinde 13: 30 ile 15: 00 arasında olduğu görülmektedir.

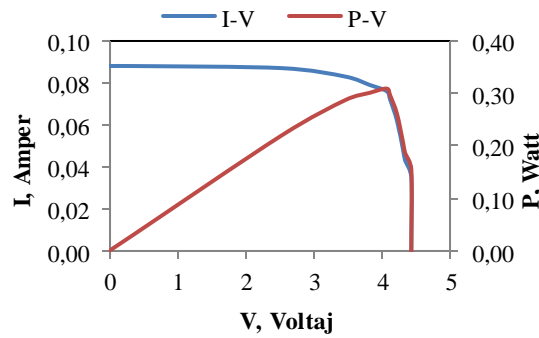
Güneş Işınlarnın Tasarlanan Yoğunlaştırıcıdan Panele Yansıtılması Sonucu Elde Edilen Veriler (Kırmızı Su İçin) :

Güneş ışınlarının sarı, yeşil renkli su dolu küreden güneş panelin yansıtılarak elde edilen verilerden sonra şeffaf suya 1 gram kırmızı renklendirici 8 litre şeffaf suya karıştırılarak kürenin içine doldurulmuş reosta ile direnç değeri arttırılarak akım ve voltaj değeri gözlemlenerek kaydedilmiştir. (Çizelge 4 9)

Çizelge 4.9. Direnç değışimine göre maksimum güç noktasının belirlenmesi

Ölçüm	I (Akım)	V (Gerilim)	P (Güç)	R (Direnç)
1	0,088	0,37	0,033	0
2	0,087	2,53	0,220	29
3	0,083	3,46	0,287	41
4	0,079	3,82	0,302	48
5	0,076	4,07	0,309	53
6	0,072	4,12	0,297	57
7	0,062	4,22	0,262	68
8	0,048	4,31	0,207	89
9	0,043	4,34	0,187	100
10	0,035	4,43	0,155	126

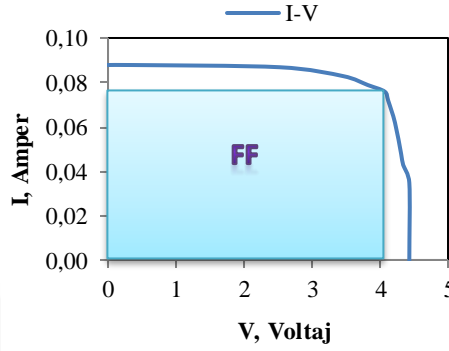
Deneyde kademeli olarak direnç arttırılmış, akım ve voltaj değeri ölçülmüştür. Ölçülen bu değerlerden yola çıkarak güç değeri belirlenmiştir. Bu kademeli direnç değeri 0' tan başlayarak 126 Ω kadar devam ettirilirmiş ve hesaplanan güç değeri Çizelge 4,9 ve şekil 4.13' de gösterilmiştir.



Şekil 4.13. Güneş ışınlarının kırmızı renk sıvı dolu küreden yansıtılarak elde edilen I-V karakteristiği

Şekil 4.13'de görüldüğü gibi I-V ve P-V karakteristik eğrilerine ilişkin ışınların direkt panele yansıtılarak yapılan deneyde maksimum güç noktasına ulaşıldığı nokta $R = 53 \Omega$ olarak tespit edilmiştir. Bu noktada akım değeri 0,076 gerilim değeri ise 4,07 olarak ölçülmüştür. P-V karakteristik eğrisinde de görüldüğü gibi maksimum güç noktası olan 0,309 değerine gerilim 4,07' da ulaşılmıştır.

Akım-Gerilim-Güç karakteristikleri oluşturularak dolgu faktörü ve verim hesaplanmıştır.(Şekil 4.14)



Şekil 4.14. Maksimum güç ve dolgu faktörü alanı

Kırmızı Renkli Su Dolu Küreden Panele Yansıtılarak Elde edilen Dolgu Faktörü ve Verim Hesabı:

I-V Eğrisinden: $I_{MP} = 0,076$ Amper

$$V_{MP} = 4,07 \text{ Volt}$$

$$I_{SC} = 0,088 \text{ Amper}$$

$$V_{OC} = 4,43 \text{ Volt}$$

Deney sırasında güneşten gelen toplam enerji solarimetre ile ölçüm yapılarak 875 W/m^2 gözlemlenmiştir. Panelin yüzey alanı $0,0048 \text{ m}^2$ belirlenerek panel yüzey alanına gelen güneş enerjisi miktarı 4,2 Watt olarak hesaplanmıştır

Değerleri saptanmıştır. Buradan:

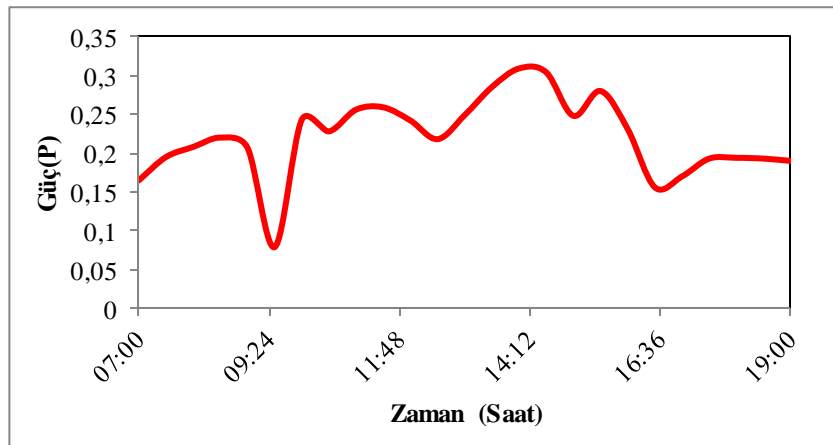
$$FF = \frac{P_M}{I_{SC} * V_{OC}} = \frac{I_{MP} * V_{MP}}{I_{SC} * V_{OC}} = \frac{0,309}{0,389} = 0,79 = \% 79$$

$$\eta = \frac{P_{PİL}}{P_{Işık}} = \frac{I_{SC} * V_{OC} * FF}{P_{Işık}} = \frac{0,307}{4,2} = 0,07 = \%7 \text{ olarak hesaplanmıştır.}$$

06.07.2019 Tarihinde Gün Boyunca Deneyde Elde Edilen Değerler:

Çizelge 4.10. Gün boyunca panelin ürettiği değerler

Saat (A)	Gerilim (V)	Akım (A)	Panel Yüzey Sıcaklığı (°C)	Güneş Radyasyonu (W/m)	Güç (Watt)
07:00	3,44	0,048	15	440	0,165
07:30	3,67	0,053	16	520	0,195
08:00	3,72	0,056	16	563	0,208
08:30	3,79	0,058	17	645	0,220
09:00	3,83	0,054	18	445	0,207
09:30	3,58	0,022	19	280	0,079
10:00	3,74	0,065	20	740	0,243
10:30	3,93	0,058	23	828	0,228
11:00	4,06	0,063	25	920	0,256
11:30	3,98	0,065	27	852	0,259
12:00	3,84	0,063	30	880	0,242
12:30	3,70	0,059	32	860	0,218
13:00	3,78	0,066	38	880	0,249
13:30	3,90	0,073	43	835	0,285
14:00	4,07	0,076	44	875	0,309
14:30	4,00	0,076	45	863	0,304
15:00	3,82	0,065	46	790	0,248
15:30	3,68	0,076	43	770	0,280
16:00	3,78	0,061	39	680	0,231
16:30	3,80	0,041	38	530	0,156
17:00	3,70	0,046	37	510	0,170
17:30	3,78	0,051	35	445	0,193
18:00	3,87	0,050	33	310	0,194
18:30	3,78	0,051	31	280	0,193
19:00	3,76	0,053	28	210	0,190



Şekil 4.15. Deneyde gün boyunca gözlemlenen değerlerden hesaplanan güç zaman eğrisi

06.07.2019 tarihinde gün boyunca 07: 00 'tan başlayarak 19: 00 'a kadar 25 veri elde edilmiş güç değerleri hesaplanmıştır. Bu değerlerden yola çıkarak güç-zaman grafiği oluşturulmuştur. Şekil 4,17' de gösterilen grafikten deney sırasında gün boyunca en yüksek güç değeri saat 14: 30' da olmakla beraber öğlen saatlerinde 13: 30 ile 15: 00 arasında olduğu görülmektedir.

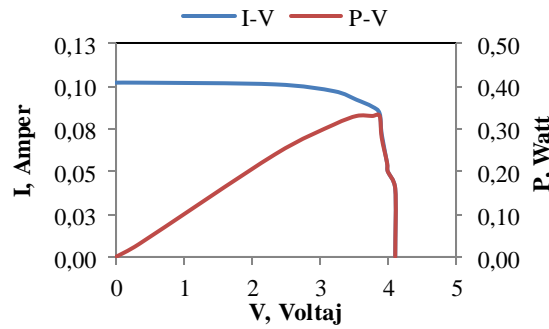
Güneş Işımlarının Tasarlanan Yoğunlaştırıcıdan Panele Yansıtılması Sonucu Elde Edilen Veriler (Mavi Renk Su İçin) :

Güneş ışınlarının sarı, yeşil, kırmızı renkli su dolu küreden güneş panelin yansıtılarak elde edilen verilerden sonra şeffaf suya 1 gram mavi renklendirici 8 litre şeffaf suya karıştırılarak kürenin içine doldurulmuş reosta ile direnç değeri arttırılarak akım ve voltaj değerleri gözlemlenerek kaydedilmiştir. (Çizelge 4. 11)

Çizelge 4.11. Direnç değişimine göre maksimum güç noktasının belirlenmesi

Ölçüm	I (Akım)	V (Gerilim)	P (Güç)	R (Direnç)
1	0,102	0,34	0,035	0,00
2	0,101	2,34	0,236	25
3	0,097	3,21	0,311	36
4	0,092	3,54	0,326	42
5	0,088	3,77	0,332	46
6	0,084	3,88	0,326	49
7	0,072	3,91	0,282	59
8	0,055	3,99	0,219	78
9	0,050	4,00	0,200	87
10	0,040	4,11	0,164	111

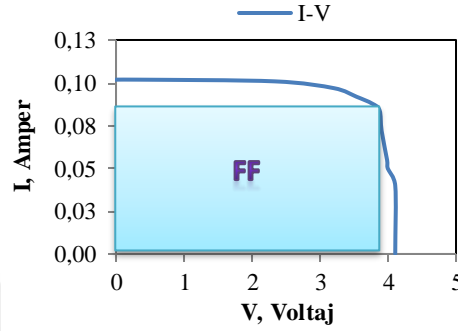
Deneyde kademeli olarak direnç arttırılmış, akım ve voltaj değerleri ölçülmüştür. Ölçülen bu değerlerden yola çıkarak güç değerleri belirlenmiştir. Bu kademeli direnç değerleri 0' tan başlayarak 111 Ω kadar devam ettirilirmiş ve hesaplanan güç değerleri Çizelge 4,11 ve şekil 4.18' de gösterilmiştir.



Şekil 4.16. Güneş ışınlarının mavi renk sıvı dolu küreden yansıtılarak elde edilen I-V ve P-V karakteristik eğrileri

Şekil 4.16'de görüldüğü gibi I-V ve P-V karakteristik eğrilerine ilişkin ışınların direkt panele yansıtılarak yapılan deneyde maksimum güç noktasına ulaşıldığı nokta $R = 46 \Omega$ olarak tespit edilmiştir. Bu noktada akım değeri 0,088 gerilim değeri ise 3,77 olarak ölçülmüştür. P-V karakteristik eğrisinde de görüldüğü gibi maksimum güç noktası olan 0,332 değerine gerilim 3,77' da ulaşılmıştır.

Akım-Gerilim-Güç karakteristikleri oluşturularak dolgu faktörü ve verim hesaplanmıştır.(Şekil 3.19)



Şekil 4.17. Maksimum güç ve dolgu faktörü alanı

Mavi Renk Dolu Küreden Panele Yansıtılarak Elde edilen Dolgu Faktörü ve Verim Hesabı:

I-V Eğrisinden: $I_{MP} = 0,088$ Amper

$V_{MP} = 3,77$ Volt

$I_{SC} = 0,102$ Amper

$V_{OC} = 4,11$ Volt

Deney sırasında güneşten gelen toplam enerji solarimetre ile ölçüm yapılarak 875 W/m^2 gözlemlenmiştir. Panelin yüzey alanı $0,0048 \text{ m}^2$ belirlenerek panel yüzey alanına gelen güneş enerjisi miktarı 4,2 Watt olarak hesaplanmıştır

Değerleri saptanmıştır. Buradan:

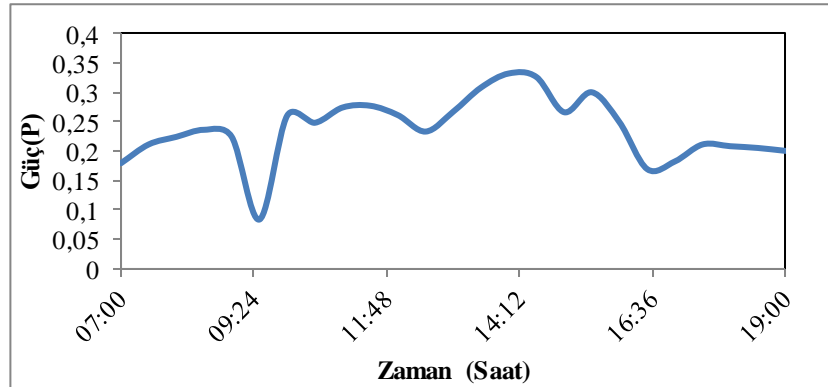
$$FF = \frac{P_M}{I_{SC} * V_{OC}} = \frac{I_{MP} * V_{MP}}{I_{SC} * V_{OC}} = \frac{0,331}{0,419} = 0,78 = \% 78$$

$$\eta = \frac{P_{PIL}}{P_{Işık}} = \frac{I_{SC} * V_{OC} * FF}{P_{Işık}} = \frac{0,327}{4,2} = 0,077 = \%7,8 \quad \text{olarak hesaplanmıştır.}$$

06.07.2019 Tarihinde Gün Boyunca Deneyde Elde Edilen Değerler:

Çizelge 4.12. Gün boyunca panelin ürettiği değerler

Saat (A)	Gerilim (V)	Akım (A)	Panel Yüzey Sıcaklığı (°C)	Güneş Radyasyonu (W/m)	Güç (Watt)
07:00	3,20	0,056	16	440	0,179
07:30	3,40	0,062	17	520	0,211
08:00	3,45	0,065	18	563	0,224
08:30	3,52	0,067	19	645	0,236
09:00	3,56	0,063	20	445	0,224
09:30	3,32	0,025	21	280	0,083
10:00	3,47	0,075	23	740	0,260
10:30	3,65	0,068	24	828	0,248
11:00	3,76	0,073	26	920	0,274
11:30	3,69	0,075	28	852	0,277
12:00	3,57	0,073	31	880	0,261
12:30	3,43	0,068	33	860	0,233
13:00	3,51	0,076	39	880	0,267
13:30	3,62	0,085	44	835	0,308
14:00	3,77	0,088	46	875	0,332
14:30	3,71	0,088	47	863	0,326
15:00	3,55	0,075	48	790	0,266
15:30	3,41	0,088	45	770	0,300
16:00	3,51	0,071	41	680	0,249
16:30	3,53	0,048	40	530	0,169
17:00	3,43	0,053	39	510	0,182
17:30	3,51	0,060	38	445	0,211
18:00	3,59	0,058	37	310	0,208
18:30	3,51	0,060	34	280	0,205
19:00	3,48	0,062	30	210	0,200



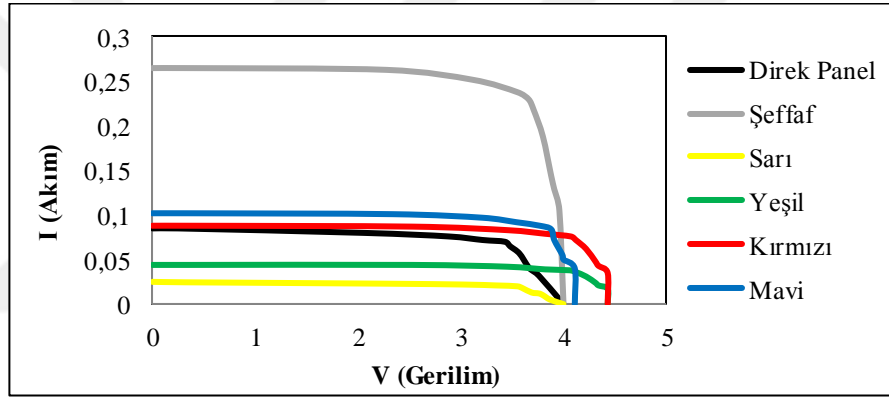
Şekil 4.18. Deneyde gün boyunca gözlemlenen değerlerden hesaplanan güç-zaman eğrisi

06.07.2019 tarihinde gün boyunca 07: 00 'tan başlayarak 19: 00 'a kadar 25 veri elde edilmiş güç değerleri hesaplanmıştır. Bu değerlerden yola çıkarak güç-zaman grafiği oluşturulmuştur. Şekil 4,18' de gösterilen grafikten deney sırasında gün boyunca en yüksek güç değeri saat 14: 00' da olmakla beraber öğlen saatlerinde 13: 30 ile 15: 00 arasında olduğu görülmektedir.

- **Aşama 3**

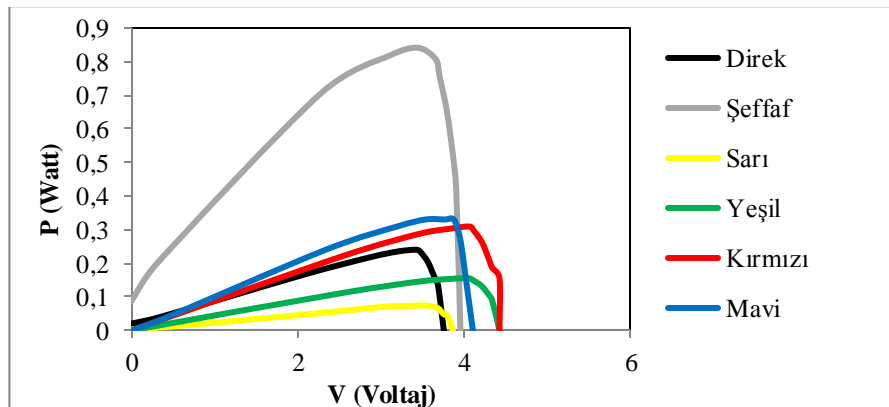
Bu aşamada diğer aşamalarda yapılan deneyler, hesaplamalar ve oluşturulan grafiklerden yola çıkarak performans arttırmak için tasarlanın sistemin incelenmesi ve performans karşılaştırması yapılması için akım-güç-gerilim grafikleri oluşturulmuştur.

I-V (Akım-Gerilim) Karakteristikleri:

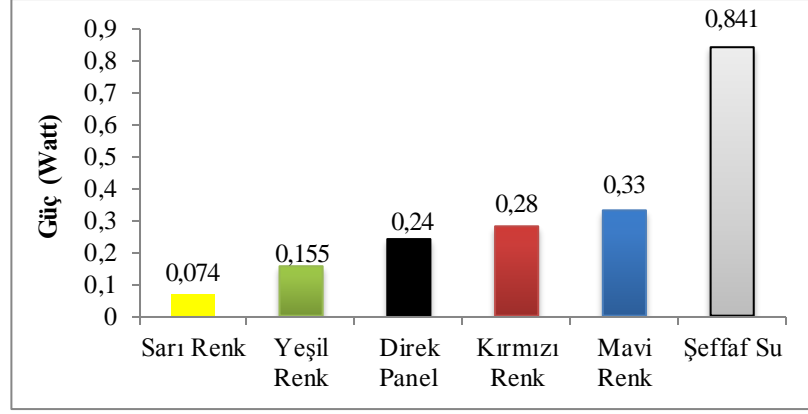


Şekil 4.19. Deneyi yapılan tüm renklerin I-V karakteristikleri

P-V (Güç-Gerilim) Karakteristikleri:

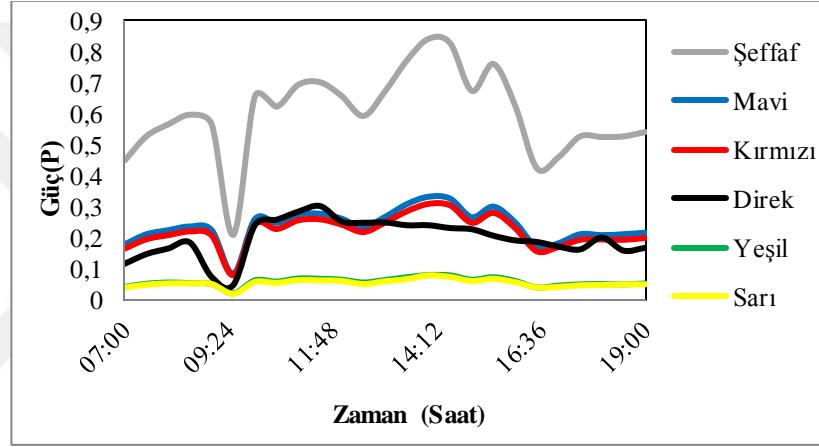


Şekil 4.20. Deneyi yapılan tüm renklerin P-V karakteristikleri



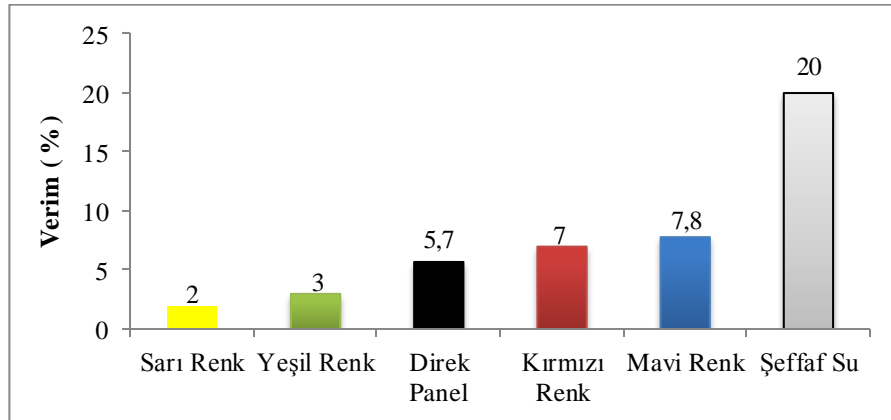
Şekil 4.21. Deneyi yapılan tüm renklerin maksimum güç değerleri

P-T (Güç-Zaman) Karakteristikleri:



Şekil 4.22. Deneyi yapılan tüm renklerin güç-zaman değişimleri

Tüm Renklerin Verim Değerleri:



Şekil 4.23. Deneyi yapılan renklerin verim değerleri

Maliyet Hesabı:

Deneysel ölçümler ve yapılan hesaplamalar dikkate alınarak maliyet hesapları yapılmış ve karşılaştırılmıştır.

Enerji enstitüsün' den alınan bilgiye göre elektrik fiyatı : 0,4152TL / kWh 'dır.

$$\Delta E = P * \Delta t \quad (4.1)$$

$$\Delta t = t_2 - t_1 \quad (4.2)$$

- **Standart Panel Maliyet Hesabı;**

Çizelge 4. 2' de verilen değerler 4.1 ve 4.2 numaralı denklemler kullanılarak hesaplamalar yapılmış ve aşağıda verilmiştir.

Δt zaman farkı (30dk.) iki ölçüm aralığı olarak alınmış t_1 ve t_2 olarak gösterilmiştir.
06/ 04/ 2019 tarihi saat 11: 00 ile 11: 30 arasında standart panelde üretilen DC enerji hesabı; $t_1=11: 00$

$$t_2=11: 30 \quad \Delta t = t_2 - t_1 = 30 \text{ dk.} = 0,5 \text{ saat}$$

$$\Delta E = P_{11:30} * \Delta t = 0,302 * 0,5 = 0,151 \text{ Wh}$$

$$E \text{ maliyet} = 0,151 \text{ Wh} * 0,0004152 \text{ TL/Wh} = 0,0000626 \text{ TL}$$

- **Küresel Odaklayıcı (Şeffaf Su İçin) Panel Maliyet Hesabı;**

Çizelge 4.10'de verilen panelde üretilen güç değerlerinden yola çıkarak denklemler (4. 1 ve 4. 2) yardımıyla hesaplanmıştır.

Δt zaman farkı (30dk.) iki ölçüm aralığı olarak alınmış t_1 ve t_2 olarak gösterilmiştir.
06/ 04/ 2019 tarihi saat 11: 00 ile 11: 30 arasında standart panelde üretilen DC enerji hesabı; $t_1=11: 00$

$$t_2=11: 30 \quad \Delta t = t_2 - t_1 = 30 \text{ dk.} = 0,5 \text{ saat}$$

$$\Delta E = P_{11:30} * \Delta t = 0,702 * 0,5 = 0,351 \text{ Wh}$$

$$E \text{ maliyet} = 0,351 \text{ Wh} * 0,0004152 \text{ TL/Wh} = 0,000145 \text{ TL}$$

- **Aşama 4**

Bu aşamada 13,5 Watt'lık ışık kaynağı ile deney yapılmıştır. Bu deneyin amacı panel sıcaklık değerini sabit tutarak farklı renklerde sıcaklığın verime etkisini incelemektir.

Işık Kaynağının Direkt Olarak Panele Yansıtılması Sonucu Elde Edilen Veriler:

İlk olarak tasarlanan sistem olmadan ışık kaynağı direkt güneş panelin yansıtılmış reosta ile direnç değeri artırılarak akım ve voltaj değerleri gözlemlenerek kaydedilmiş, en yüksek akım, gerilim ve güç değerleri Çizelge 4.13'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.13. Direnç ve maksimum güç değerleri

I (Amper)	V (Voltaj)	P (Watt)	R (ohm)	T (°C)
0,080	0,05	0,004	0	23
0,060	1,00	0,060	16,6	23
0,012	1,20	0,014	100	23

Yapılan deneyde maksimum güç noktasına ulaşıldığı nokta $R = 16,6 \Omega$ olarak tespit edilmiştir. Bu noktada akım değeri $I = 0,06$ gerilim değeri ise $V = 1,00$ olarak ölçülmüştür.

Direk Panele Yansıtılarak Elde edilen Dolgu Faktörü ve Verim Hesabı:

I-V Eğrisinden: $I_{MP} = 0,060$ Amper

$$V_{MP} = 1,00 \text{ Volt}$$

$$I_{SC} = 0,080 \text{ Amper}$$

$$V_{OC} = 1,20 \text{ Volt}$$

Deney sırasında güneşten gelen toplam enerji solarimetre ile ölçüm yapılarak 150 W/m^2 gözlemlenmiştir. Panelin yüzey alanı $0,0048 \text{ m}^2$ belirlenerek panel yüzey alanına gelen güneş enerjisi miktarı $0,72 \text{ Watt}$ olarak hesaplanmıştır

Değerleri saptanmıştır. Buradan:

$$FF = \frac{P_M}{I_{SC} * V_{OC}} = \frac{I_{MP} * V_{MP}}{I_{SC} * V_{OC}} = \frac{0,060}{0,096} = 0,62$$

$$\eta = \frac{P_{PIL}}{P_{Işık}} = \frac{I_{SC} * V_{OC} * FF}{P_{Işık}} = \frac{0,060}{0,72} = 0,08 = \%8 \quad \text{Olarak hesaplanmıştır.}$$

Işık Kaynağının Küreden Panele Yansıtılması Sonucu Elde Edilen Veriler (Şeffaf Su İçin):

Tasarlanan küreden ışık kaynağı güneş paneline yansıtılmış, reosta ile direnç değeri arttırılarak akım ve voltaj değerleri gözlemlenerek kaydedilmiş, en yüksek değerler ve güç değerleri Çizelge 4.14'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Direnç ve maksimum güç değerleri

I (Amper)	V (Voltaj)	P (Watt)	R (ohm)	T (°C)
0,209	0,20	0,041	0	23
0,185	1,95	0,360	10,5	23
0,160	2,12	0,339	13,2	23

Yapılan deneyde maksimum güç noktasına ulaşıldığı nokta $R = 10,5 \Omega$ olarak tespit edilmiştir. Bu noktada akım değeri $I = 0,185$ gerilim değeri ise $V = 1,95$ olarak ölçülmüştür.

Küreden Yansıtılarak Elde edilen Dolgu Faktörü ve Verim Hesabı:

I-V Eğrisinden: $I_{MP} = 0,185$ Amper

$$V_{MP} = 1,95 \text{ Volt}$$

$$I_{SC} = 0,209 \text{ Amper}$$

$$V_{OC} = 2,12 \text{ Volt}$$

Deney sırasında güneşten gelen toplam enerji solarimetre ile ölçüm yapılarak 150 W/m^2 gözlemlenmiştir. Panelin yüzey alanı $0,0048 \text{ m}^2$ belirlenerek panel yüzey alanına gelen güneş enerji miktarı $0,72 \text{ Watt}$ olarak hesaplanmıştır

Değerleri saptanmıştır. Buradan:

$$FF = \frac{P_M}{I_{SC} * V_{OC}} = \frac{I_{MP} * V_{MP}}{I_{SC} * V_{OC}} = \frac{0,360}{0,443} = 0,81$$

$$\eta = \frac{P_{Pil}}{P_{Işık}} = \frac{I_{SC} * V_{OC} * FF}{P_{Işık}} = \frac{0,359}{0,72} = 0,498 = \%49,8 \quad \text{Olarak hesaplanmıştır}$$

Işık Kaynağının Küreden Panele Yansıtılması Sonucu Elde Edilen Veriler (Mavi Renk Su İçin):

Tasarlanan küreden ışık kaynağı güneş paneline yansıtılmış, reosta ile direnç değeri artırılarak akım ve voltaj değerleri gözlemlenerek kaydedilmiş, en yüksek değerler ve güç değerleri Çizelge 4.15’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. Direnç ve maksimum güç değerleri

I (Amper)	V (Voltaj)	P (Watt)	R (ohm)	T (°C)
0,059	1,10	0,065	0	23
0,051	1,30	0,066	25	23
0,023	1,80	0,041	78	23

Yapılan deneyde maksimum güç noktasına ulaşıldığı nokta $R = 25 \Omega$ olarak tespit edilmiştir. Bu noktada akım değeri $I = 0,051$ gerilim değeri ise $V = 1,3$ olarak ölçülmüştür.

Küreden Yansıtılarak Elde edilen Dolgu Faktörü ve Verim Hesabı:

I-V Eğrisinden: $I_{MP} = 0,051$ Amper

$$V_{MP} = 1,30 \text{ Volt}$$

$$I_{SC} = 0,059 \text{ Amper}$$

$$V_{OC} = 1,80 \text{ Volt}$$

Deney sırasında güneşten gelen toplam enerji solarimetre ile ölçüm yapılarak 150 W/m^2 gözlemlenmiştir. Panelin yüzey alanı $0,0048 \text{ m}^2$ belirlenerek panel yüzey alanına gelen güneş enerjisi miktarı $0,72 \text{ Watt}$ olarak hesaplanmıştır.

Değerleri saptanmıştır. Buradan:

$$FF = \frac{P_M}{I_{SC} * V_{OC}} = \frac{I_{MP} * V_{MP}}{I_{SC} * V_{OC}} = \frac{0,066}{0,106} = 0,62$$

$$\eta = \frac{P_{Pil}}{P_{Işık}} = \frac{I_{SC} * V_{OC} * FF}{P_{Işık}} = \frac{0,065}{0,72} = 0,090 = \%9 \quad \text{Olarak hesaplanmıştır.}$$

Işık Kaynağının Küreden Panele Yansıtılması Sonucu Elde Edilen Veriler (Sarı Renk Su İçin):

Tasarlanan küreden ışık kaynağ güneş paneline yansıtılmış, reosta ile direnç değeri arttırılarak akım ve voltaj değerleri gözlemlenerek kaydedilmiş, en yüksek değerler ve güç değerleri Çizelge 4.16'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.3. Direnç ve maksimum güç değerleri

I (Amper)	V (Voltaj)	P (Watt)	R (ohm)	T (°C)
0,041	0,21	0,008	0	23
0,030	1,00	0,030	32	23
0,010	1,20	0,012	120	23

Yapılan deneyde maksimum güç noktasına ulaşıldığı nokta $R = 32 \Omega$ olarak tespit edilmiştir. Bu noktada akım değeri $I = 0,030$ gerilim değeri ise $V = 1,00$ olarak ölçülmüştür.

Küreden Yansıtılarak Elde edilen Dolgu Faktörü ve Verim Hesabı:

I-V Eğrisinden: $I_{MP} = 0,030$ Amper

$$V_{MP} = 1,00 \text{ Volt}$$

$$I_{SC} = 0,041 \text{ Amper}$$

$$V_{OC} = 1,20 \text{ Volt}$$

Deney sırasında güneşten gelen toplam enerji solarimetre ile ölçüm yapılarak 150 W/m^2 gözlemlenmiştir. Panelin yüzey alanı $0,0048 \text{ m}^2$ belirlenerek panel yüzey alanına gelen güneş enerjisi miktarı $0,72 \text{ Watt}$ olarak hesaplanmıştır

Değerleri saptanmıştır. Buradan:

$$FF = \frac{P_M}{I_{SC} * V_{OC}} = \frac{I_{MP} * V_{MP}}{I_{SC} * V_{OC}} = \frac{0,030}{0,049} = 0,61$$

$$\eta = \frac{P_{Pil}}{P_{Işık}} = \frac{I_{SC} * V_{OC} * FF}{P_{Işık}} = \frac{0,030}{0,72} = 0,041 = \%4,1 \quad \text{Olarak hesaplanmıştır.}$$

Işık Kaynağının Küreden Panele Yansıtılması Sonucu Elde Edilen Veriler (Yeşil Renk Su İçin):

Tasarlanan küreden ışık kaynağı güneş paneline yansıtılmış, reosta ile direnç değeri artırılarak akım ve voltaj değerleri gözlemlenerek kaydedilmiş, en yüksek değerler ve güç değerleri Çizelge 4.17’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.4. Direnç ve maksimum güç değerleri

I (Amper)	V (Voltaj)	P (Watt)	R (ohm)	T (°C)
0,026	0,20	0,005	0	23
0,020	0,65	0,013	32,5	23
0,014	0,80	0,012	64,2	23

Yapılan deneyde maksimum güç noktasına ulaşıldığı nokta $R = 32,5 \Omega$ olarak tespit edilmiştir. Bu noktada akım değeri $I = 0,020$ gerilim değeri ise $V = 0,65$ olarak ölçülmüştür.

Küreden Yansıtılarak Elde edilen Dolgu Faktörü ve Verim Hesabı:

I-V Eğrisinden: $I_{MP} = 0,020$ Amper

$$V_{MP} = 0,65 \text{ Volt}$$

$$I_{SC} = 0,026 \text{ Amper}$$

$$V_{OC} = 0,90 \text{ Volt}$$

Deney sırasında güneşten gelen toplam enerji solarimetre ile ölçüm yapılarak 150 W/m^2 gözlemlenmiştir. Panelin yüzey alanı $0,0048 \text{ m}^2$ belirlenerek panel yüzey alanına gelen güneş enerjisi miktarı $0,72 \text{ Watt}$ olarak hesaplanmıştır.

Değerleri saptanmıştır. Buradan:

$$FF = \frac{P_M}{I_{SC} * V_{OC}} = \frac{I_{MP} * V_{MP}}{I_{SC} * V_{OC}} = \frac{0,013}{0,020 * 0,90} = 0,65$$

$$\eta = \frac{P_{Pil}}{P_{Işık}} = \frac{I_{SC} * V_{OC} * FF}{P_{Işık}} = \frac{0,013}{0,72} = 0,018 = \%1,8 \quad \text{Olarak hesaplanmıştır.}$$

Işık Kaynağının Küreden Panele Yansıtılması Sonucu Elde Edilen Veriler (Yeşil Renk Su İçin):

Tasarlanan küreden ışık kaynağı güneş paneline yansıtılmış, reosta ile direnç değeri arttırılarak akım ve voltaj değerleri gözlemlenerek kaydedilmiş, en yüksek değerler ve güç değerleri Çizelge 4.18’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.5. Direnç ve maksimum güç değerleri

I (Amper)	V (Voltaj)	P (Watt)	R (ohm)	T (°C)
0,025	0,15	0,003	0	23
0,020	0,60	0,012	30	23
0,015	0,75	0,011	64,2	23

Yapılan deneyde maksimum güç noktasına ulaşıldığı nokta $R = 30 \Omega$ olarak tespit edilmiştir. Bu noktada akım değeri $I = 0,020$ gerilim değeri ise $V = 0,60$ olarak ölçülmüştür.

Küreden Yansıtılarak Elde edilen Dolgu Faktörü ve Verim Hesabı:

I-V Eğrisinden: $I_{MP} = 0,020$ Amper

$$V_{MP} = 0,65 \text{ Volt}$$

$$I_{SC} = 0,025 \text{ Amper}$$

$$V_{OC} = 0,75 \text{ Volt}$$

Deney sırasında güneşten gelen toplam enerji solarimetre ile ölçüm yapılarak 150 W/m^2 gözlemlenmiştir. Panelin yüzey alanı $0,0048 \text{ m}^2$ belirlenerek panel yüzey alanına gelen güneş enerjisi miktarı $0,72 \text{ Watt}$ olarak hesaplanmıştır.

Değerleri saptanmıştır. Buradan:

$$FF = \frac{P_M}{I_{SC} * V_{OC}} = \frac{I_{MP} * V_{MP}}{I_{SC} * V_{OC}} = \frac{0,012}{0,018} = 0,66$$

$$\eta = \frac{P_{PIL}}{P_{Işık}} = \frac{I_{SC} * V_{OC} * FF}{P_{Işık}} = \frac{0,012}{0,72} = 0,016 = \%1,6 \quad \text{Olarak hesaplanmıştır.}$$

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında yenilenebilir enerji kaynakları ele alınarak güneş enerjisi ve fotovoltaik paneller incelenmiştir. Bu inceleme esnasında fotovoltaik panellerin yapısı, çalışma prensibi, pil çeşitleri, performans etkileri araştırılmış ve bu araştırmalar üzerine performans artırma yöntemleri geliştirilerek teorik ve deneysel çalışmalar gerçekleştirilerek bu tezde sunulmuştur.

Bu tez çalışmasında incelenen deneyde elde edilen sonuçlar şu şekilde sıralana bilinir.

- Fotovoltaik panelde üretilen DC enerji panel yüzeyine gelen güneş enerjisi miktarına bağlı olarak gün boyunca en yüksek değerler 11:00 -15:00 arasında elde edilmektedir.

5 Ağustos 2016 tarihi için güneş ışınımı ve güç üretimi verilerinin günlük değişimi gösterilmiştir. Güç-Zaman grafiklerinden görüldüğü gibi sistemdeki maksimum güç üretimi yaklaşık 2,7 kW olup bu değere, güneşin en tepede olduğu öğle saatlerinde değil, 10.30 civarlarında ulaşılmaktadır. (Mustafa A. ,2017)

- Fotovoltaik panelde üretilen DC enerji miktarı hava bulutluluk yüzdesine göre değişmektedir. Bu deneyde' de güç-zaman grafiğinde eğrinin fazla değişken olmasının nedeni, deney sırasında gökyüzünün parçalı bulut olmasıdır. Bunu daha belirgin bir şekilde deney sırasında 9: 30 saatinde kaydedilen ani düşüşte görmek mümkündür.

FV sistemler veya paneller her zaman homojen ışınımına maruz kalmazlar, bu durum parçalı gölgelenme olarak bilinir. Parçalı Gölgeleme Durumu (PGD); herhangi bir panelin ya da hücrenin bulut, ağaç, baca, bina, sistemdeki diğer bir panel vs. tarafından gölgelenmesi sebebiyle oluşabilmektedir.(Ünlü. M., 2013) Normalde ışınım değeri bulutsuz bir günde $1200W/m^2$ 'ye çıkabilmekte iken, bulutlu bir günde yaklaşık $200-800W/m^2$ arasında değişmektedir. (Ünlü. M, 2015)

- Yapılan deneyden görülmektedir ki performansa etki eden etkenleri göz önünde bulundurarak bu yönde yapılan değişiklikler ve geliştirilen yeni sistemlerle panel performansını artırma mümkün olduğu gözlemlenmiştir.

- Bilindiği ve deneyde de gözlemlendiği gibi sıcaklık artışı panelin performansını düşürmektedir. Yapılan sistemde de yoğunlaştırıcı panelin sıcaklığını 40 °C 'den 69 °C 'ye çıkarmakta ve bu da panel performansına olumsuz etki etmektedir. Sıcaklık sabit tutularak ışık kaynağı ile yapılan deneyde panel verimin arttığı görülmektedir.

Çalışma sıcaklığı fotovoltaiik enerji dönüştürme işleminde merkezi bir rol oynamaktadır. Hem elektriksel verimlilik hem de bir PV modülünün güç çıkışı, çalışma sıcaklığına doğrusal olarak bağlıdır.(Umut Özbey,2018)

- Tasarlanan sistemin panelin sıcaklığını 40 °C 'den 69 °C 'ye çıkarmasına rağmen deneyde de görülmek üzere tasarlanan sistem ile standart panelin performansı artarak verim artmıştır.

Odaklayıcı entegre sistemde, güneş ışımalarının daha büyük bir kısmı doğrudan elektriğe dönüştürülmüş, bu nedenle performansı arttırmış, sonuçlar günlük ortalama elektriksel verimi % 4.83 arttırdığı göstermiştir. Ölçümler, CPV / T + TE sisteminin alıcısında cam kapak tütünün kullanılmasının, ortam havasına ısı yayılımını azalttığını ve sonunda toplam verimi arttırdığını gösterdi, ancak aynı zamanda ortalama PV hücre sıcaklığını % 7.89 arttırdı. (Xiao. M., 2018)

- Bu tasarlanan sistem fotovoltaiik panel performansını arttırarak daha çok enerji elde etme imkânı sağlamaktadır. Bunun sonucunda maliyeti fazla olan güneş pili m² sini azaltarak bu tür sistemlerle gereken enerji miktarını elde etmek mümkündür. Standart panel 0,151 Wh üretmesine karşın tasarlanan sistem 0,351 Wh enerji üretmektedir.
- Performans arttırmak için farklı renk deneylerinde de performansın az da olsa bazı renklerde (kırmızı, mavi) arttığı, bazı renklerde (sarı, yeşil) ise azaldığı görülmektedir. Bunun sebebi renklerin ışık geçirgenlik değerleridir.
- Yapılan farklı renk deneylerinde en fazla performansı arttıran renk şeffaf su olarak görülmektedir.

Deneyde yapılan inceleme esnasında sistemin daha da geliştirilebilir olduğu fark edilmiş ve öneriler aşağıdaki gibi sıralana bilinir:

- Güneşin hareketliliğin göz önünde bulundurarak panelin yoğunlaştırıcı arkasında güneş yörüngesine göre otomatik hareketli tasarlanması ile panel performansını arttırmak mümkün olduğu görülmektedir
- Tasarlanan sistem güneş ışının yoğunlaştırması ile beraberinde panel sıcaklığını arttırmaktadır ki bu da panel performansını olumsuz etkilemektedir. Bunun önüne geçerek soğutucu ile performansı arttırmak mümkün olduğu görülmektedir
- Tasarlanan sistemin ürettiği sıcaklıktan yararlanarak güneş kolektörü gibi sistemlerden sıcak su elde edile bilinir olduğu görülmektedir.

KAYNAKLAR

- ABB.2016. Güneş enerjisi güvenli ve güvenilir bir fotovoltaik sistem için alçak gerilim çözümleri. <https://library.e.abb.com> (Erişim tarihi:26.08.2017).
- Akaydın, M. 2005. Akdeniz Üniversitesi sıfır emisyon kampus stratejisi www.akdeniz.edu.tr (Erişim tarihi: 08.08.2018).
- AKTACİR, A, 2009. Güneş enerjisi ile elektrik enerjisi üretimi, Harran Üniversitesi Güneş Enerjisi Araştırma ve Uygulama Merkezi, Mardin,
- Al-Mohamed, A. 2004. efficiency improvements of photo-voltaic panels using a sun tracking system. *applied energy*. 79 (2004) 345–354.
- Anonim. 2016a. <http://solimpeksgunespaneli.com/gunes-paneli-fotovoltaik-turlerine-nelerdir/>, (Erişim tarihi: 20.05.2017).
- Anonim. 2017b. http://www.solar-academy.com/menu_detay.asp?id=1842 (Ziyaret tarihi:18.08.2017).
- Anonim. 2018c, <https://www.bilgicik.com/yazi/gunes-panelleri-nedir-fotovoltaik-paneller/> (Ziyaret Tarihi: 30.05 2018).
- Avrupa Fotovoltaik Endüstrisi Kurumu [EPIA]. 2016. Global market outlook for photovoltaics until 2016, www.epia.org (Erişim tarihi: 29.08.2018)
- Avrupa Fotovoltaik Endüstrisi Kurumu [EPIA]. 2018. Solar generation V-2008, Global market outlook for Photovoltaics Until 2012, www.epia.org Erişim tarihi: 28.08.2018)
- Baş H. C.2016. Fotovoltaik sistemlerin performans değerlendirilmesi, Karabük,
- Beckman, W.A., Duffie J. A. 1991. *Solar Engineering of thermal processes*, second edition, A Wiley-Interscience Publication, John Wiley & Sons, INC, Canada, 888p.
- Bedeloğlu A. Ç. B., Ali, D., Yalçın, B. 2010. Fotovoltaik teknolojisi: türkiye ve dünyadaki durumu, Genel Uygulama Alanları ve Fotovoltaik Tekstiller, Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi Cilt: 4, No: 2, 2010 (43-58), Dokuz Eylül Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Tınaztepe Yerleşkesi, 35160, İzmir/ Türkiye** İstanbul Teknik Üniversitesi, Tekstil Teknolojileri ve Tasarımı Fakültesi, Gümüşsuyu, 34437, İstanbul/Türkiye

- Bedeloğlu, Ç.A. 2009. Fotovoltaik etki oluşturan lif geliştirilmesi (Development of fibres with photovoltaic effects), Doktora tezi, Dokuz Eylöl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Bither, Y. 2010. İstanbul iklim şartlarında metrolojik parametrelerin PV (fotovoltaik).elektrik üretimi üzerindeki etkileri incelenmesi.
- Celalettin B. 2012. Fotovoltaik/ısı sistemlerde performans iyileştirmesi ve termo-ekonomik analiz, yüksek lisans tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Cooper, P.I. 1969. The absorption of solar radiation in solar stills, solar energy, 12:3, messenger roger, ventre Jerry, 2000, Photo-voltaic systems engineering, CRC Pres LLC, Florida, 385p.
- ÇOLAK Ş.Ç. 2010. Fotovoltaik paneller yardımı ile güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretiminin maliyet analizi ve gelecekteki projeksiyonu, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Deline, C. 2009. Partially shaded operation of a grid-tied PV system, NREL.
- Detrick, A. Kimber, A. & Mitchell, L. 2005. Performance evaluation standards for photovoltaic modules and systems, proceedings of the 31st IEEE Photovoltaics Specialists Conference, pp. 1581-1586, ISBN 0-7803-8707-4, Lake Buena Vista, USA.
- Doshi, T. K. and Souza, N. S. D. 2011. The economics of solar PV in Singapore, Energy Studies Institute, (August): 63.
- Duffie, J.A., Beckman, W.A. 1991. Solar engineering of thermal processes, Second Edition, John Wiley&Sons, New York.
- Dupont, A. guide to understanding solar panel defects: from fabrication to fielded modules, www.dupont.com (Erişim tarihi: 22.03.2016)
- Enerji Beş, <https://www.enerjibes.com/gelgit-enerjisi-nedir/>, (Ziyaret Tarihi: 5 Haziran 2017)
- Ersin Y. 2017. Güneş pillerinin soğutulma tekniklerinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı Isparta.

- Eşref DENİZ, 2013. Güneş enerjisi santrallerinde kayıplar. İzmir Ulusal Tesisat Kongresi, 21 - 23 Kasım 2013, İzmir
- Fıratoğlu, Z.A. 2003. Fotovoltaik destekli su pompalarının analizi ve optimizasyonu, Y. Lisans Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa,
- Fordham, R.T, M. 2001. Photovoltaics and architecture, Spon Press, Newyork.
- Gilbert, M. M, 2004. renewable and efficient electric power systems, John Wiley & Sons Inc, USA.
- Güven, Ş.Y., Üçgül, İ., Şenol, R. 2004. Güneş enerjisi ısı uygulamaları ve güneş kulelerinin incelenmesi, mühendis ve makina dergisi, Sayı 533, Haziran 2004.
- Hohm, D.P, Ropp, M.E. 2001. Comparative study of maximum power point tracking algorithms, progress in photovoltaics: Research and Applications, John Wiley and Sons, Ltd, pp.47- 62, 2001.
- İbrahim Ü, Ufuk E. 2016. Okyanus termal enerji dönüşüm (OTEC) Sistemi 2016, 9(1), 87 -94
- İçli, S. ve Çubukçu, M. 2007. Turkey: PV technology status and prospect, I.E.A – PVPS Annual Report 2007, 101-103
- İqbal M, 1983. an introduction to solar radiation, 5596615, xviii, Academic Press, United States.
- Kıncay O. 2016. Güneş Enerjisi, <http://www.yildiz.edu.tr> (Erişim tarihi 16.04.2017)
- Kıyanççek, E.. 2013. Fotovoltaik sistemlerin boyutlandırılması için pvs2 paket programının gerçekleştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kasım, 2013, KONYA
- Koç, E, Şenel, M. C. 2013. Dünyada ve türkiye' de enerji durumu – genel değerlendirme mühendis ve Makina, cilt: 54, sayı: 639, s. 32-44
- Köroğlu, T, Teke, T, Bayındır, Ç, Tümay, M, 2010. “Güneş paneli sistemlerinin tasarımı” tesisat mühendisliği - Sayı 149 - Eylül/Ekim 2015 57 5Yüksel Oguz: Sablon 02.12.2015 15: 53 Page 57 Makale Elektrik Mühendisliği Dergisi, Cilt 409, Sayı Temmuz, Sayfa 98-014.

- Kymakis, E; Kalykakis, S. & Papazoglou, T.M. 2009. performance analysis of a grid connected photovoltaic Park on the Island of Crete. *Energy Conversion and Management*, Vol. 50, No. 3, March 2009, pp. 433–438
- M. Piliouline, J. Carretero, M. Sidrachde-Cardona, D. Montiel, P. SánchezFriera. 2008 Comparative analysis of the dust losses in photovoltaic modules with different cover glasses. *Proceedings of 23rd European Solar Energy Conference*, 2008, pp. 2698-2700
- Marinova, D. ve Balaguer, A. 2009. “Transformation in the photovoltaics industry in Australia, Germany and Japan: Comparison of actors, knowledge, institutions and markets”, *Renewable Energy*, Cilt 34, No 2, 461-464
- Michael S. Hamilton, 2013. *Energy Policy Analysis A Conceptual Framework*, 186-189
- Moharram, K.A., Abd-Elhady M.S., El-Sherif, H. 2013. Enhancing the performance of photovoltaic panels by water cooling, *Ain Shams Engineering Journal*, 4, 869-877
- Muhammet BİLGİN. 2013. Fotovoltaik panellerin verimine panel yüzey sıcaklığı etkisinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2013
- Muhtaroğlu K. T.2012. Güneş enerjisini elektrik enerjisine çeviren çevre dostu sistemin tasarlanması.
- Pırasacı, T. M. Sivrioğlu. 2011. Experimental investigation of laminar mixed convection heat transfer from arrays of protruded heat sources”, *Energy Conversion and Management* 52:5 , -2063.
- Ramazan, Ş. 2005. Güneş izlemeli fotovoltaik pillerin mobil ölçüm istasyonlarına Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Roberts, S., Guariento, N. 2009. *Building integrated photovoltaics A Handbook*, Birkhauser Press, Berlin, Germany.

- SAYIN, S. İ. KOÇ. 2011. Güneş enerjisinden aktif olarak yararlanma da kullanılan fotovoltaik sistemler ve yapılarda kullanım biçimleri. Selçuk Üniversitesi, Müh.–Mim. Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Kampüs/KONYA, 2011
- Sharma, S.K., Im, H., Kim, D.Y., Mehra, R.M. 2014. Review on Seand S-doped hydrogen a tedamorphous silicon films. Indian J. PureAppl. Phys., 52, pp. 293–
- SMA Solar Technology AG, Shade management, www.sma.de (Ziyaret tarihi: 26.08.2017)
- Solarex Magazine, 2012. Güneş Dergisi. 6. Uluslararası Güneş enerjisi ve Teknolojileri Fuarı, İstanbul,Eylül 2012
- Sterling, V.A. 2008. Planning and installing photovoltaic systems: a guide for installers, architects, and engineers; James & James / Earthscan, London, 2008.
- Şenpınar, Ahmet, 2006, Bağımsız güneş pili sis-temlerinin bilgisayar ile kontrolü, Fırat Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Elazığ.
- Şenpınar, Ahmet. 2006. Güneş açılarına bağlı olarak optimum sabit güneş paneli açısının hesaplanması, Fırat Üniversitesi Teknik Bilimler MYO Endüstriyel Elektronik Programı, ELÂZİĞ
- TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Enerji Çalışma Gurubu ve ODTÜ MD Enerji Komisyonu. 2016, Türkiye enerji görünümü ve geleceği. Nisan, 2018, Ankara
- TURSEFF. 2012. Enerji Verimliliği Çalıştayı, Konya 2012 Tuğrul Akyol, (2016), Güneş enerjisi. Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir, Haziran.2016
- Uyar, T.S. 2004. Yenilenebilir Enerji. www.bugday.org adresinden (Ziyaret tarihi: 05.06.2008)
- Uyarel A.Y., Öz E.S. 1987. Güneş enerjisi ve uygulamaları, Birsen Yayınevi, ANKARA
- Ünlü M, Çamur S., Arifoğlu B. 2013. A new maksimum power point tracking method for PV systems under partially shaded conditions, 4th International Conference on Power Engineering, Energy and Electrical Drives, İstanbul, Turkey,

- Wirth, G., T. Weigl, J. Weizenbeck, M. Zehner, M. Schroedter-Homscheidt, und G. Becker. 2009. Mapping of snow cover periods for yield assessment and dimensioning of PV systems.“ 24. European Photovoltaic Solar Energy Conference. Hamburg, Germany.
- Xiao, W.,Dunford, W. G., Palmer, P. R., Capel, A. 2007. Regulation of photovoltaic voltage. IEEE, 54, (3), 1365-1374.
- Xiao.M., Tang. L. 2018. A Review on Recent development of cooling technologies for concentrated photovoltaics (cpv) systems.
- YEGEN, 2018d, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü,
<http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/>,(Ziyaret tarihi:05.05.2018).
- YEGM 2016k. Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, 2016 a, Hidroelektrik Enerji,
www.eigm.gov.tr (Ziyaret Tarihi: 03.02 2019)
- YEGM, 2016 a, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, Hidroelektrik Enerji,
www.eigm.gov.tr (Ziyaret Tarihi: 03.02 2019)
- YEGM, 2016 b. Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, Jeotermal Enerji,
www.eigm.gov.tr (Ziyaret Tarihi: 03.02 2019)
- YEGM, 2016 c. Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, Güneş enerji,
www.eigm.gov.tr (Ziyaret tarihi: 03.02. 2019)
- Yusuf I, Bülent Y. ve Hüsamettin B. 2006. Fotovoltaik panel gücüne etki eden çalışma parametrelerinin araştırılması UGHEK,2006.

EKLER



EK 1 Yeşil Renk Deneyinden Görsel



EK 2 Mavi Renk Deneyinden Görsel



EK 3 Sarı Renk Deneyinden Görsel



EK 4 Kırmızı Renk Deneyinden Görsel



EK 5 Işık Kaynağı Deney Görsele (Şeffaf Su)



EK 6 Işık Kaynağı Deney Görsele (Yeşil Su)



EK 7 Işık Kaynağı Deney Görsele (Mavi Su)

ÖZGEÇMİŞ

Adı-Soyadı :Tural RAHMANOV

Doğum Yeri : Azerbaycan / Quba

Medeni Hali : Bekar

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce, Rusça, Azerice

Eğitim Durumu : Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı /2016-2019
(Yüksek Lisans)

E-posta : turalrehman@hotmail.com