



T.C.

İSTANBUL AREL ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ VE EMF ÖLÇÜMLERİ
ANALİZİ

Yüksek Lisans

Defne OĞUZ

166301104

Danışman: Prof. Dr. Osman YILDIRIM

İstanbul, 2018



T.C.

İSTANBUL AREL ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

**GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ VE EMF
ÖLÇÜMLERİ ANALİZİ**

Yüksek Lisans

Tezi Hazırlayan: Defne OĞUZ

YEMİN METNİ

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum “Güneş Enerjisi Sistemleri ve EMF Ölçümleri Analizi” başlıklı bu çalışmanın, bilimsel ahlak ve geleneklere uygun şekilde tarafımdan yazıldığını, yararlandığım eserlerin tamamının kaynaklarda gösterildiğini ve çalışmanın içinde kullandıkları her yerde bunlara atıf yapıldığını belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

07.08.2018

DEFNE OĞUZ

ONAY

Tezimin kağıt ve elektronik kopyalarının İstanbul Arel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü arşivlerinde aşağıda belirttiğim koşullarda saklanmasına izin verdiğimi onaylarım:

Tezimin/Raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir.

Tezim/Raporum sadece İstanbul Arel yerleşkelerinden erişime açılabilir.

Tezimin/Raporumun 5 yıl süreyle erişime açılmasını istemiyorum. Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin tamamı her yerden erişime açılabilir.

07.08.2018

Defne OĞUZ

ÖZET

GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ VE EMF ÖLÇÜMLERİ ANALİZİ

Defne OĞUZ

Yüksek Lisans Tezi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Osman YILDIRIM

Ağustos 2018 – 89 Sayfa

Tez çalışmasında, yenilenebilir enerji sistemlerinden güneş enerji sistemleri ile ilgili performans analizleri amaçlanmıştır. Bu doğrultuda, 169 KW lık ongrid güneş santral verileri ile analizler yapılmıştır.

Tez çalışmasının birinci bölümünde, dünyada yaygın olarak kullanılan enerji kaynakları ve yenilenebilir enerjiye yönelim ile ilgili açıklamalar yapılmıştır. Yenilenebilir enerji çeşitlerinden bahsedilmiştir.

İkinci bölümde, yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisi ile kurulan ongrid ve offgrid sistemlerle alakalı bilgiler verilmiştir.

Üçüncü bölümde ise gerçek ongrid sistem üzerinden incelemeler yapılmıştır. Ayrıca ev ve iş ortamı ile ongrid santral arasındaki elektriksel ve manyetik radyasyon analizi yapılmıştır.

Sonuç bölümünde tüm analizlerin genel değerlendirilmesi yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: On-Grid, Of-Grid, Veri analizi, Elektriksel ve Manyetik Radyasyon

ABSTRACT

SOLAR ENERGY SYSTEMS AND EMF ANALYSIS OF MEASUREMENTS

Defne OĞUZ

Master Thesis, Department of Electric-Electronic Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Osman YILDIRIM

August 2018 – 89 Pages

In this thesis, it is aimed to have data analysis of performance analysis about renewable solar energy systems. In this direction, analyses with 169 KW ongrid solar santral solar system data.

In the first part of thesis, explanations has made about the most common energy resources and orientation to renewable energy. Mentions made about renewable energy.

In the second part informations it is given informations about ongrid and offgrid systems established by renewable energy systems.

In the third part of thesis researches has been made on real ongrid systems.

As a result; a general evaluation of all analyzes was made.

Key Words: On-Grid, Of-Grid, Data analyzes, Electrical field and Magnetic field

ÖNSÖZ

Günümüz dünyasında yenilenebilir enerji kaynakları önemli bir enerji kaynağı olarak değerlendirilmektedir. Bu tez çalışmasında fotovoltaik sistemler ve EMF ölçüm veri analizi ortaya konmuştur.

Bu çalışmanın hazırlanmasında yoğun akademik çalışmaları arasında zamanını ayırarak bana yol gösteren ve her türlü ilgi ve desteği esirgemeyen tez danışmanım Prof. Dr. Osman YILDIRIM' a; Yüksek lisans eğitimim boyunca tecrübe ve bilgilerini öğrencilerine aktaran değerli hocalarıma; tez çalışmamda kullanmam için İstanbul Büyük Şehir Belediyesi Hidayet Türkoğlu Spor Kompleksi Çatı Güneş Enerji Santrali'nin kapılarını bana açan ve her türlü teknik destek ve bilgiyi kullanmama izin veren İstanbul Büyükşehir Belediyesi Enerji Yönetimi ve Aydınlatma Müdürlüğü Müdürü başta olmak üzere tüm çalışanlarına ; çalışmam boyunca bana maddi ve manevi destek olan aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İSTANBUL, 2018

Defne OĞUZ

İÇİNDEKİLER TABLOSU

YEMİN METNİ	3
ONAY	4
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ	iii
KISALTMALAR LİSTESİ	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
TABLolar LİSTESİ	x
BİRİNCİ BÖLÜM	1
1. KÜRESEL ENERJİ KAYNAKLARI.....	1
1.1 Yenilenebilir Enerji Çeşitleri	3
1.2 Güneş Enerjisi	3
1.2.1 Rüzgâr Enerjisi	6
1.2.2 Hidrolik (Hidroelektrik) Enerjisi	8
1.2.3 Jeotermal Enerji	9
1.2.4 Biyokütle Enerjisi	10
1.2.5 Hidrojen Enerjisi	11
1.2.6 Dalga Enerjisi	12
İKİNCİ BÖLÜM	14
2. GÜNEŞ ENERJİ SİSTEMLERİ	14
2.1 Güneş Enerjisi Sistem Bileşenleri.....	18
2.1.1 Güneş (PV) Paneller	18
2.1.1.1 Monokristal Güneş Panelleri.....	21
2.1.1.2 Polikristal Güneş Panelleri.....	21
2.1.1.3 İnce Film Güneş Panelleri.....	22
2.1.1.4 Amorf Silisyum Güneş Panelleri	22

2.1.1.5	Kadmiyum Tellür İnce Fim Güneş Panelleri	22
2.1.1.6	Bakır İndiyum Diseleneid Güneş Panelleri.....	22
2.1.2	İnverter.....	23
2.2	Şebekeden Bağımsız Evsel İhtiyaca Yönelik Sistemler	23
2.3	Şebekeye Bağlı Güneş Enerji Sistemleri	25
2.4	Şebekeye Bağlı Güneş Enerji Sistemlerinde Verim Analizi.....	26
2.5	Şebekeye Bağlı Sistemlerde Oluşan Kayıplar	27
2.5.1	Panel Yerleşim Kayıpları.....	27
2.5.2	Yansıma Kayıpları	28
2.5.3	Gölgelenme Kayıpları.....	28
2.5.4	Tozlanma veya Karlanma Kayıpları.....	29
2.5.5	Sistemsal Kayıplar	29
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM.....		31
3.	KURULU GÜNEŞ SANRALİ VERİ ANALİZİ	31
3.1	İBB Hidayet Türkoğlu Spor Kompleksi Üstü Güneş Santrali	31
3.1.1	2017 ve 2018 Yıllarına Ait Mevsimlik Ortalama Veri Analizi ..	32
3.1.2	1-6 Ekim 2017 Tarihleri Arası Haftalık Sistem Veri İncelemesi	38
3.1.2.1	1-6 Ekim 2017 Rüzgar Hızı ve Santral Üretim Değerleri.....	39
3.1.2.2	1-6 Ekim 2017 Küresel Işınım ve Santral Üretim Değerleri ..	40
3.1.2.3	1-6 Nisan Ekim 2017 Panel Sıcaklığı ve Santral Üretim Değerleri	42
3.1.3	1-6 Ocak 2018 Tarihleri Arası Haftalık Sistem Veri İncelemesi	43
3.1.3.1	1-6 Ocak 2018 Rüzgar Hızı ve Santral Üretim Değerleri.....	44
3.1.3.2	1-6 Ocak 2018 Küresel Işınım ve Santral Üretim Değerleri..	45
3.1.3.3	1-6 Ocak 2018 Panel Sıcaklığı ve Santral Üretim Değerleri .	47
3.1.4	1-6 Nisan 2018 Tarihleri Arası Haftalık Sistem Veri İncelemesi	48
3.1.4.1	1-6 Nisan 2018 Rüzgar Hızı ve Santral Üretim Değerleri	49

3.1.4.2	1-6 Nisan 2018 Küresel Işınım ve Santral Üretim Değerleri.	51
3.1.4.3	1-6 Nisan 2018 Panel Sıcaklığı ve Santral Üretim Değerleri	52
3.1.5	1-6 Temmuz 2018 Tarihleri Arası Haftalık Sistem Veri İncelemesi.....	53
3.1.5.1	1-6 Temmuz 2018 Rüzgar Hızı ve Santral Üretim Değerleri	54
3.1.5.2	1-6 Temmuz 2018 Küresel Işınım ve Santral Üretim Değerleri	55
3.1.5.3	1-6 Temmuz 2018 Panel Sıcaklığı ve Santral Üretim Değerleri	56
3.1.6	İBB Hidayet Türkoğlu Spor Kompleksi Çatı GES Elektriksel ve Manyetik Radyasyon Ölçümleri.....	57
3.1.6.1	Ev Ortamında Yapılan Elektriksel ve Manyetik Radyasyon Ölçümleri	58
3.1.6.2	İş Ortamında Yapılan Elektriksel ve Manyetik Radyasyon Ölçümleri	63
3.1.6.3	İBB Hidayet Türkoğlu Spor Kompleksi Çatı GES Yapılan Elektriksel ve Manyetik Radyasyon Ölçümleri.....	64
SONUÇ	69
KAYNAKÇA	71
EKLER	74

KISALTMALAR LİSTESİ

EMF: Elektromanyetik Alan

GES: Güneş Enerji Sistemleri

PV: Fotovoltaik

DC: Doğru Akım

AC: Alternatif Akım

AG: Alçak Gerilim

YG: Yüksek Gerilim

YEGM: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü

ETKB: Enerji ve Tabii Kaynakları Bakanlığı

GENSED: Güneş Enerjisi Sanayicileri ve Endüstrisi Derneği

İBB: İstanbul Büyükşehir Belediyesi

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Dünyada Enerji Kaynaklarının Tüketim Payları.....	2
Şekil 1.2. Türkiye’de Enerji Kaynaklarının Tüketim Payları.....	2
Şekil 1.3. Güneş Enerjisi Sıcak Su Proje Şeması.....	5
Şekil 1.4. Güneş Su Isıtıcı Panel Örneği.....	5
Şekil 1.5. Rüzgâr Türbin Şeması.....	8
Şekil 1.6. Hidrolik Santral Yapısı.....	9
Şekil 1.7. Jeotermal Enerji Oluşumu.....	10
Şekil 1.8. Biokütle Enerji Dönüşümleri.....	11
Şekil 1.9. Hidrojen enerjisi dönüşüm şeması.....	12
Şekil 1.10. Dalga Enerjisi Oluşum Şeması.....	13
Şekil 2.1. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası.....	15
Şekil 2.2. Türkiye Global Radyasyon Değerleri.....	15
Şekil 2.3. Türkiye Güneşlenme Süreleri.....	16
Şekil 2.4. Türkiye Panel Tipi ve Üretililecek Enerji Miktarı.....	16
Şekil 2.5. Türkiye’de Güneş Enerji Pazarı.....	18
Şekil 2.6. Güneş Paneli Yapısı.....	19
Şekil 2.7. Güneş Panel Malzemelerinin Işınım Tepkileri.....	20
Şekil 2.8. Güneş Pili Katmanları.....	20
Şekil 2.9. Şebekeden Bağımsız Sistemler.....	24
Şekil 2.10. Şebekeye Bağlı Güneş Santralleri.....	25
Şekil 2.11. Şebekeye Bağlı Evsel İhtiyaca Yönelik Sistemler.....	26
Şekil 2.12. Güneş Enerji Sistemlerinde Oluşan Kayıplar.....	27
Şekil 3.1.İBB Hidayet Türkoğlu Spor Kompleksi Çatı Şebekeye Bağlı Güneş Enerji Santrali.....	31
Şekil 3.2. Aylık Ortalama Sistem Verileri.....	32
Şekil 3.3. Aylara Göre Sıcaklık ve Işınım İlişkisi.....	33
Şekil 3.4. Aylara Göre Sıcaklık ve Rüzgar Hız İlişkisi.....	34
Şekil 3.5. Aylara Göre Global Işınım ve Rüzgar Hız İlişkisi.....	35
Şekil 3.6. Aylara Göre Güç ve Modül Sıcaklığı İlişkisi.....	36
Şekil 3.7. Aylara Göre Güç ve Küresel Işınım İlişkisi.....	36
Şekil 3.8. Aylara Göre Rüzgar Hızı ve Üretilen Güç İlişkisi.....	37
Şekil 3.9. 1-6 Ekim 2017 Tarihleri Arası Yapılan Santral Ölçümleri.....	38
Şekil 3.10. 1-6 Ekim 2017 Tarihleri Arasında Rüzgar Hızı ve Üretim Gücü.....	39
Şekil 3.11. 3 Ekim Tarihi Rüzgar Hızı ve Üretim Gücü İlişkisi.....	40
Şekil 3.12. 1-6 Ekim 2017 Küresel Işınım ve Santral Üretimi.....	40
Şekil 3.13. 3 Ekim 2017 Tarihi Küresel Işınım ve Üretim Gücü İlişkisi.....	41
Şekil 3.14. 1-6 Ekim 2017 Modül Sıcaklığı ve Santral Üretimi.....	42
Şekil 3.15. 2-3 Ekim 2017 Tarihli Modül Sıcaklığı ve Santral Üretimi.....	42
Şekil 3.16. 1-6 Ocak Tarihleri Arası Yapılan Santral Ölçümleri.....	43
Şekil 3.17. 1-6 Ocak tarihleri Arasında Rüzgar Hızı ve Üretim Gücü.....	44
Şekil 3.18. 1 Ocak Tarihi Rüzgar Hızı ve Üretim Gücü İlişkisi.....	44
Şekil 3.19. 1-6 Ocak Küresel Işınım ve Santral Üretim.....	45
Şekil 3.20. 1 Ocak Tarihi Küresel Işınım ve Üretim Gücü İlişkisi.....	46

Şekil 3.21.1-6 Ocak Modül Sıcaklığı ve Santral Üretimi.....	47
Şekil 3.22. 1-2 Ocak 2018 Modül Sıcaklığı ve Santral Üretimi.....	48
Şekil 3.23.1-6 Nisan Tarihleri Arası Yapılan Santral Ölçümleri.	48
Şekil 3.24. 1-6 Nisan tarihleri Arasında Rüzgar Hızı ve Üretim Gücü.....	49
Şekil 3.25. 1 Nisan Tarihi Rüzgar Hızı ve Üretim Gücü İlişkisi.....	50
Şekil 3.26. 1-6 Nisan 2018 Küresel Işınım ve Santral Üretimi.....	51
Şekil 3.27. 1 Nisan Tarihi Küresel Işınım ve Üretim Gücü İlişkisi.	51
Şekil 3.28. 1-6 Nisan Modül Sıcaklığı ve Santral Üretimi.....	52
Şekil 3.29. 1-3-5 Nisan 2018 Modül Sıcaklığı ve Santral Üretimi.....	52
Şekil 3.30. 1-6 Temmuz Tarihleri Arası Yapılan Santral Ölçümleri.	53
Şekil 3.31. 1-6 Temmuz tarihleri Arasında Rüzgar Hızı ve Üretim Gücü.....	54
Şekil 3.32. 1 Temmuz 2018 Tarihi Rüzgar Hızı ve Üretim Gücü.....	55
Şekil 3.33. 1-6 Temmuz Küresel Işınım ve Santral Üretimi.	55
Şekil 3.34. 3-4 Temmuz Tarihi Küresel Işınım ve Üretim Gücü İlişkisi.	56
Şekil 3.35. 1-6 Temmuz Modül Sıcaklığı ve Santral Üretimi.....	56
Şekil 3.36. 2-3-4 Temmuz 2018 Modül Sıcaklığı ve Santral Üretimi.	57
Şekil 3.37. Evsel Ortamda Yapılan Elektrik ve Manyetik Alan Ölçümleri	59
Şekil 3.38. Mutfakta Oluşabilecek Elektriksel Radyasyon.	59
Şekil 3.39. Mutfakta Oluşabilecek Manyetik Radyasyon.	60
Şekil 3.40. Oturma Odasında Oluşabilecek Elektriksel Radyasyon.....	60
Şekil 3.41. Oturma Odasında Oluşabilecek Manyetik Radyasyon.....	61
Şekil 3.42. Banyo- WC Oluşabilecek Elektriksel Radyasyon.....	62
Şekil 3.43. Banyo-WC Oluşabilecek Manyetik Radyasyon.....	62
Şekil 3.44. İş Ortamında Oluşabilecek Elektriksel Radyasyon.	63
Şekil 3.45. İş Ortamında Oluşabilecek Manyetik Radyasyon.....	63
Şekil 3.46. GES Oluşabilecek Elektriksel Radyasyon.	64
Şekil 3.47. GES Oluşabilecek Manyetik Radyasyon.	65
Şekil 3.48. Santral ve Çeşitli Elektronik Aletlerin Elektriksel Radyasyon Yönünden Karşılaştırılması.	66
Şekil 3.49. Santral ve Çeşitli Elektronik Aletlerin Manyetik Radyasyon Yönünden Karşılaştırılması.	67
Şekil 3.50. Hidayet Türkoğlu Spor Kompleksi Çatı GES	68
Şekil 3.51. Santral İnverter Bölümü	68

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 3.1 Elektromanyetik radyasyon Ölçer Özellikleri	58
--	----



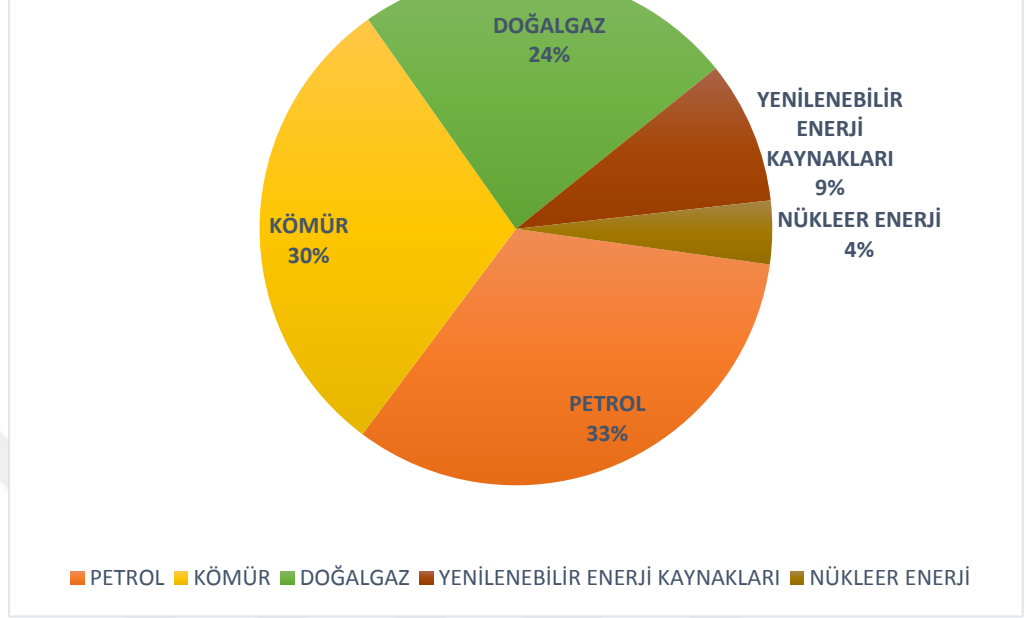
1. KÜRESEL ENERJİ KAYNAKLARI

Küresel olarak artan nüfus, gelişen sanayi ve teknoloji ile birlikte gün geçtikçe tüketilen enerji miktarı da artmaktadır. Enerji ihtiyacımızın büyük miktarı fosil yakıtlardan karşılanmaktadır. Fosil yakıtlar milyonlarca yıl boyunca çürümüş canlı organizmaların (bitki, hayvan vb.) toprak altında çözünmesi ile oluşur. Fosil yakıtlara örnek olarak kömür, petrol ve doğalgaz gibi yenilenemez enerji kaynakları verilebilir.

Günümüzde fosil yakıtların oluşması için gereken süreye bakıldığında tüketim miktarımızın karşılığında üretim süresi oldukça uzun kalmaktadır. Fosil yakıtlar en yaygın enerji çeşidi olarak bu hızla kullanılmaya devam eder ise ilerleyen yıllarda enerji üretiminde küresel kaynak yetersizliğinden dolayı sıkıntılı süreçler bizi beklemektedir. Kaynak yetersizliğinden başka bir sorun olarak da fosil yakıtlardan enerji elde edilmesinden dolayı oluşan hava, su ve çevre kirliliği de sağlığımıza karşı büyük bir tehdit oluşturmaktadır. Tam da bu noktada yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi de gün geçtikçe vurgulanmalıdır. (Karagöl, Kavas, 2017)

Yenilenebilir enerji yani diğer bir deyişle sürdürülebilir enerji, tüketiminden daha hızlı bir sürede kendini yenileyebilen ve bunu yaparken doğal kaynakları kullanan enerji çeşididir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının tamamen doğal ve çevreye zarar vermemesi de göz önüne alındığında öneminin büyüklüğü daha da artmakta ve gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır.

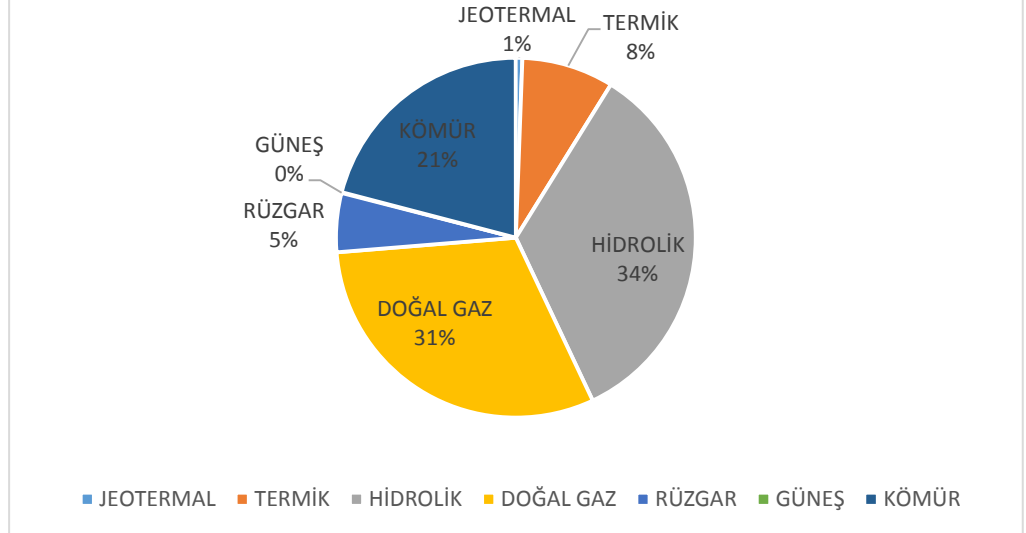
DÜNYADA ENERJİ KAYNAKLARININ TÜKETİM MİKTARI



Kaynak: BP Energy Outlook to 2035

Şekil 1.1. Dünyada Enerji Kaynaklarının Tüketim Payları.

TÜRKİYE'DE ENERJİ TÜKETİM PAYDALARI



Kaynak: ETKB

Şekil 1.2. Türkiye'de Enerji Kaynaklarının Tüketim Payları.

1.1 Yenilenebilir Enerji Çeşitleri

Yenilenebilir enerji olarak ;

- Güneş enerjisi,
- Rüzgâr enerjisi,
- Hidrolik (hidroelektrik) enerjisi,
- Jeotermal enerjisi,
- Biyokütle enerjisi (biyoyakıt enerjisi de dahil),
- Hidrojen enerjisi,
- Dalga ve gelgit enerjisi kullanılmaktadır.

1.2 Güneş Enerjisi

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında güneş enerjisi adından da anlaşılabilir gibi güneş kaynaklı bir enerji çeşididir. Güneş enerjisi ile güneş ışınları kullanılarak ısı veya elektrik üretimi elde edilebilir.

Güneş enerjisinin kaynağı güneş yüzeyinde bulunan helyumun hidrojene dönüşmesi ile oluşan füzyon reaksiyonlarıdır. Bu enerjinin şiddeti dünya atmosferi dışarısında yaklaşık 1370 W/m^2 değerinde iken, dünyanın atmosferinin etkisi ile azalarak yeryüzünde $0-1100 \text{ W/m}^2$ değerleri arasında değişim göstermektedir. (Kılıç, 2015)

Güneş ışıkları yarı iletken güneş hücreleri yardımı ile elektrik enerjisi veya solar termal kolektörler yardımı ile su ısıtmasında kullanılmaktadır. Güneş enerji sistemleri ile şebekeden bağımsız yani off grid küçük sistemlerin yanında büyük çaplı şebekeye bağlı elektrik santralleri kurulumu da yapılmaktadır. Diğer bir yöntem olarak da güneş ısısı yardımı ile su buharından elektrik üretilmesi yöntemi de uygulanmaktadır. İlerleyen bölümlerde elektrik

üretimi için kullanılan güneş enerji sistemlerinin daha detaylı incelemesi yapılacaktır. (Kelly, 1998)

Güneş enerjisi kullanımının başlıca avantajlarını sıralarsak;

- Yenilenebilir ve güneş kaynaklı olduğu için sınırsızdır.
- Ülkeler birbirinden bağımsız olarak kendi üretimlerini yapabilirler. Dolayısı ile ülkeler için dışa bağımlı bir enerji türü değildir.
- Doğal kaynak olduğundan çevreye herhangi bir zararı bulunmamaktadır.
- Güneşe bağımlı olduğundan güneşin olduğu her yerde uygulanabilir.
- Güneş enerji sistemlerinin birçoğu komplike yapıda olmadığından bireysel olarak kolaylıkla kurulumu yapılabilir.
- Şebeke elektriğinin ulaşamadığı kırsal bölgeler için uygun bir kaynaktır.

Güneş enerjisinin dezavantajlarını incelemek olursak aşağıda bulunan maddeleri sıralayabiliriz;

- Güneş enerjisi güneş ışığının alınabildiği sürece üretim sağlar. Gün içinde ve mevsimsel olarak üretim değişim gösterir.
- Yatırım için ilk maliyeti yüksektir. Sistemin kurulu olduğu bölgeye bağlı olarak geri dönüşüm süreleri değişmektedir.
- Paneller yansıma yaptığından kuş türleri için zararlı olabilir. Tercihen kuş sürülerinin göç yollarına kurulum yapılmamalıdır.



Şekil 1.3. Güneş Enerjisi Sıcak Su Proje Şeması.



Şekil 1.4. Güneş Su Isıtıcı Panel Örneği.

Güneş Enerjisinden elektrik üretimi tezin ikinci bölümünde detaylı olarak anlatılacaktır.

1.2.1 Rüzgâr Enerjisi

Rüzgâr enerjinin kaynağına bakıldığında da güneş karşımıza çıkar. Güneş ışınlarının yeryüzünü eşit oranda ısıtmamasından dolayı sıcaklık farkları oluşur. Sıcaklık farklılıklarının tetiklediği basınç farklılıklarının sonucunda oluşan hava akımlarına ise rüzgâr denir.

Rüzgâr enerjisinde kinetik enerji elektrik enerjisine dönüştürülmektedir. Yaygın olarak kullanılan 3 adet rüzgâr türbin çeşidi vardır. Bunlar;

- Dikey eksenli rüzgâr türbini,
- Yatay eksenli rüzgâr türbini,
- Eğik eksenli rüzgâr türbini,

Dikey eksenli rüzgâr türbinleri, kanatları düşey olan bu türbinler rüzgâra dik ve düşeydir. Bu sayede rüzgârı her yönden alabilir. Verim olarak %35 oranında çalışmaktadır. Çapı 5 cm olan bir düşey türbinden 0,5 kW güç elde edilmektedir. Düşük rüzgâr hızı ve küçük miktar su pompalamak için kullanılırlar.

Yatay eksenli rüzgâr türbinleri, rüzgâr yönüne göre kanatları dik ve dönme eksenleri paralel olarak tasarlanmıştır. Verimleri ise %45 oranındadır.

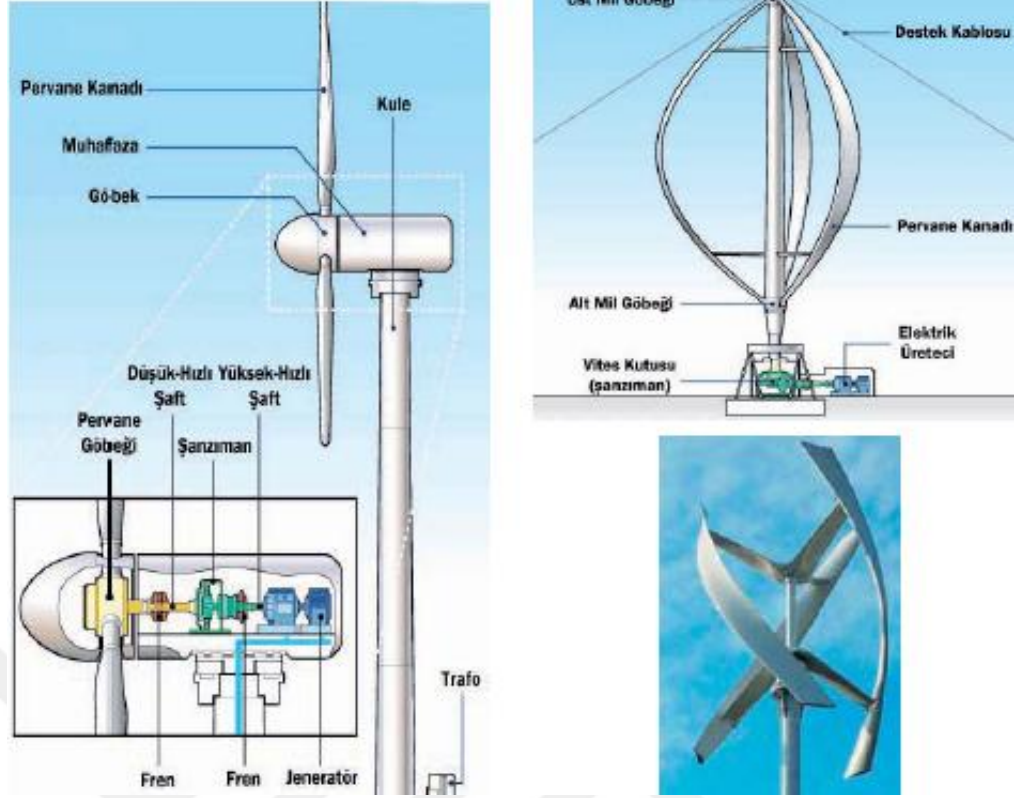
Eğik eksenli rüzgâr türbinleri, kanatları ve dönme eksenleri arasında belirli açı bulunur. (Nursay, Çınar)

Rüzgâr türbinlerinin avantajları;

- Yenilenebilir enerji kaynağı olarak dünyanın yaklaşık %95'inde rüzgârın olduğu düşünülür ise verimli kullanım alanları yaygındır.
- Güneş enerjisinde olduğu gibi rüzgâr enerjisinde de dışa bağımlılık söz konusu değildir. Ülkeler bağımsız kendi üretimlerini yapabilirler.
- Yaygınlığı gün geçtikçe arttığı için kuruşum maliyetleri de düşmektedir.
- Sabit üretim değerleri elde edilemese de güneş enerjisinden farklı olarak gece üretimi de bulunmaktadır.

Rüzgâr türbinleri dezavantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Şehir içlerinde ve vadilerde kullanımı verimli değildir.
- Dönerken çıkardıkları sesler, gürültü kirliliğine yol açar.
- Göçmen kuş güzergahlarına kurulumu yapılır ise kanatların dönmesinden dolayı toplu ölümlere yol açabilir.
- Rüzgâr türbinlerinin birbirlerinin dönme hızını etkilememesi için çoklu kurulumlarda belirli mesafe aralıklarla kurulumu gerekmektedir. Bu da alan açısından tasarrufun yapılamamasına yol açmaktadır.

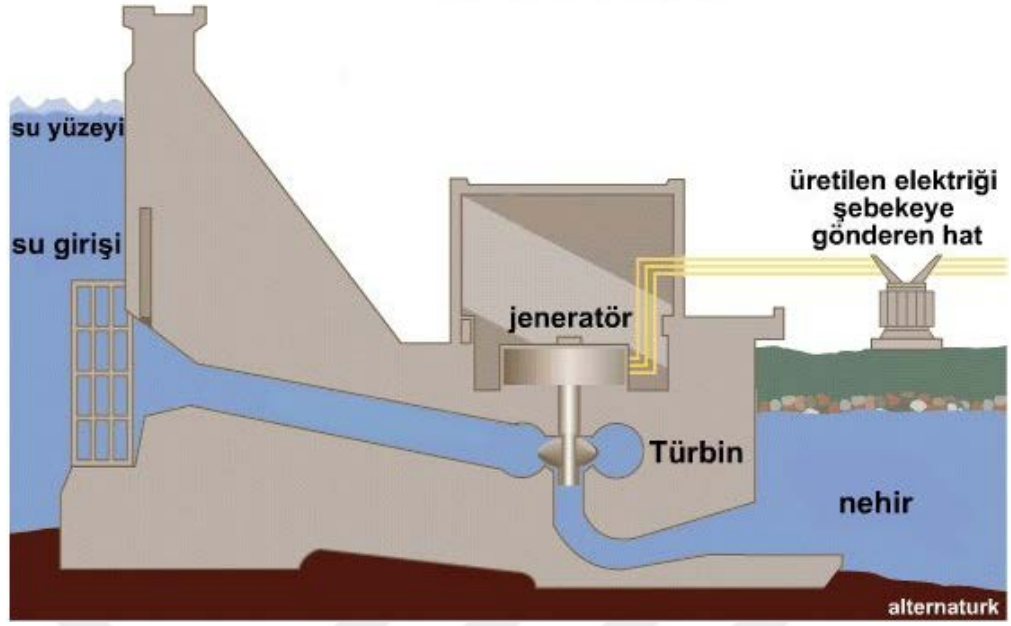


Şekil 1.5. Rüzgâr Türbin Şeması.

1.2.2 Hidrolik (Hidroelektrik) Enerjisi

Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde en yaygın kullanım hidroelektrik enerji santralleridir. Dünya enerji üretiminin %7 si oranında bir miktarı hidroelektrik santrallerinden karşılanmaktadır.

Hidroelektrik enerjisinde suyun akış hızından yararlanılarak elektrik üretimi yapılmaktadır. Yükseklik farkından dolayı oluşan potansiyel enerji önce kinetik enerjiye sonrasında ise suyun çarkları döndürmesinden yararlanılarak jeneratörlerle potansiyel elektrik enerjisine dönüştürülmektedir.



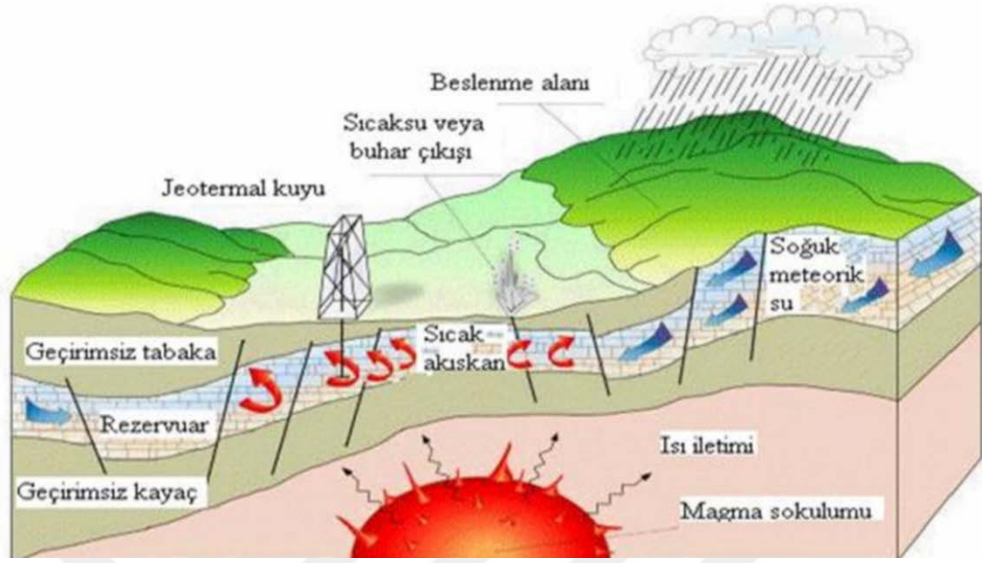
Şekil 1.6. Hidrolik Santral Yapısı

1.2.3 Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji kaynak olarak adından da anlaşılabilceği üzere yer küre derinliklerinde gelen ısıyı kullanır. Kelime anlamına bakacak olursak jeo yer demek termal de ısı demektir. Jeotermal enerjinin; elektrik üretimi, ısı üretimi, sağlık alanlarında hasta tedavileri, alüminyum (bayers yöntemi) üretiminde ve gıda sektörü gibi birçok kullanım alanı bulunmaktadır. Kullanım alanlarının çeşitliliği ve üretiminin maliyet olarak düşüklüğü göz önünde bulundurulduğunda jeotermal enerjinin yenilenebilir enerji kaynakları arasında tercih edilebilirliği gün geçtikçe artmaktadır.

Jeotermal enerji sıcaklıklarına göre genel olarak 3 sınıfa ayrılır. Bunlar;

- Düşük sıcaklık $20^{\circ}\text{C} - 70^{\circ}\text{C}$
- Orta sıcaklık $70^{\circ}\text{C} - 150^{\circ}\text{C}$
- Yüksek sıcaklık $150^{\circ}\text{C} -$

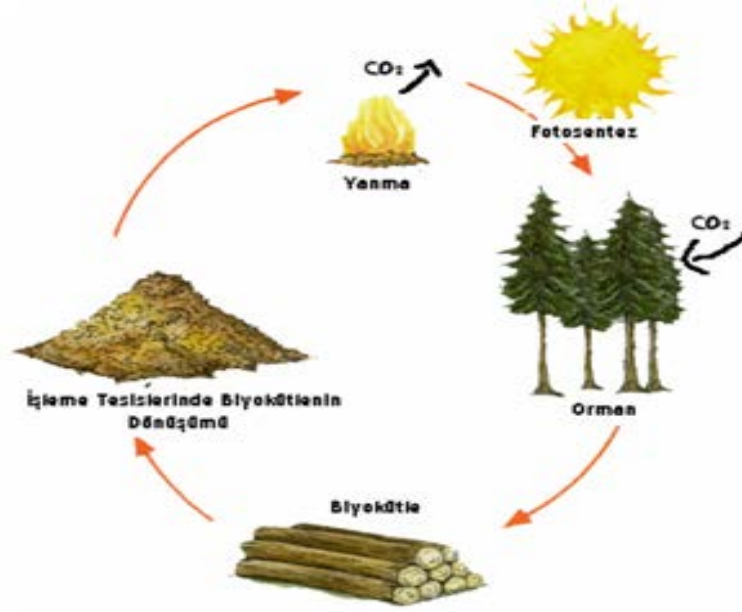


Şekil 1.7. Jeotermal Enerji Oluşumu.

1.2.4 Biyokütle Enerjisi

Doğada bulunan aynı veya farklı türlere ait canlı organizmaların zamanla sahip oldukları kütleyle biyokütle denir. Biyokütlenin yakılması veya çeşitli işlemlerden geçirilmesi sonucunda elde edilen enerjiye ise biyoenerji denir. Organik karbon olarak da adlandırılan biyokütle, fosil yakıtların enerji içeren hali olarak da nitelendirilebilir.

Fosil yakıtlar içerik bakımından biyokütle ile ilk aşamada aynı olmasına rağmen milyonlarca yıl toprak altında oksijensiz ortamda kalmasından dolayı değişime uğrarlar ve yanma esnasında atmosfere zararlı gazlar üretirler. Fakat değişime uğramamış biyokütle yakıldığında CO_2 salınımı olur ve bu salınım fotosentez yardımıyla tekrardan döngüye devam eder.



Şekil 1.8. Biyokütle Enerji Dönüşümleri.

Yaygın olarak kullanılan biyokütle kaynakları aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Bitkisel biyokütle kaynakları (Şeker nişasta içerikli bitkiler, elyaflı bitkiler, yağlı bitkiler, tarımsal bitki artıkları vb.)
- Hayvansal biyokütle kaynakları (büyük ve küçük baş hayvan dışkıları, mezbaha artıkları vb.)
- Endüstriyel ve şehir atıkları, organik çöpler vb.

1.2.5 Hidrojen Enerjisi

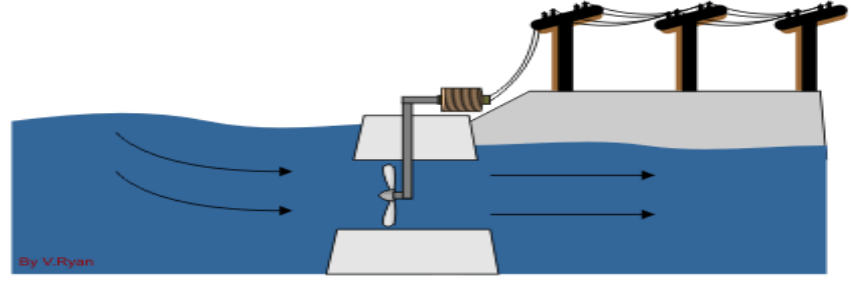
Hidrojeni yakıt olarak kullanan bu enerji türü, yenilenebilir enerji ve yenilenemez enerji kaynakları arasında en verimli olanıdır. Hidrojenden enerji elde edilmesi esnasında ise sadece su buharı ortaya çıkmaktadır. Çevreye zarar veren sera etkisini artırıcı herhangi bir gaz ortaya çıkmamaktadır. Fakat hidrojen doğal ortamda saf halde bulunmayıp bileşik halinde olduğundan yakıt olarak kullanılabilmesi için öncelikle ayrıştırılması gerekmektedir. Ayrıştırılan hidrojen depolanır ve kullanıma hazır hale getirilir.



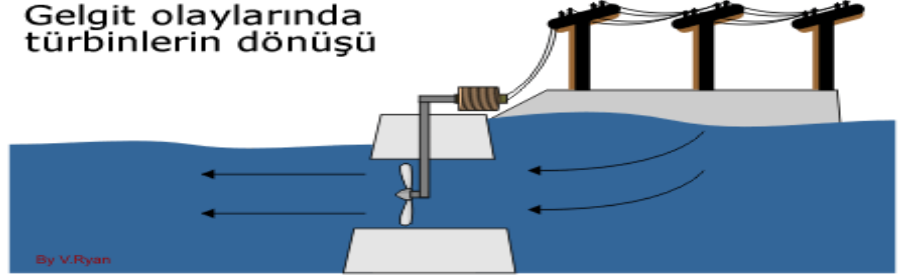
Şekil 1.9. Hidrojen enerjisi dönüşüm şeması.

1.2.6 Dalga Enerjisi

Yeni kullanılmaya başlayan enerji çeşitlerinden biri olan dalga enerjisi, deniz ve okyanuslarda bulunan dalga ve gelgitlerin hareketinden yararlanılarak elde edilir. Suyun içinde bulunan tribünlerin dalga ve gelgitlerle hareket etmesi sonucunda elektrik üretimi sağlanır. Dünyanın %70 inin su olduğu düşünülürse ilerleyen yıllarda kullanımının yaygınlaşması beklenilmektedir.



Gelgit olaylarında
türbinlerin dönüşü



Şekil 1.10. Dalga Enerjisi Oluşum Şeması.

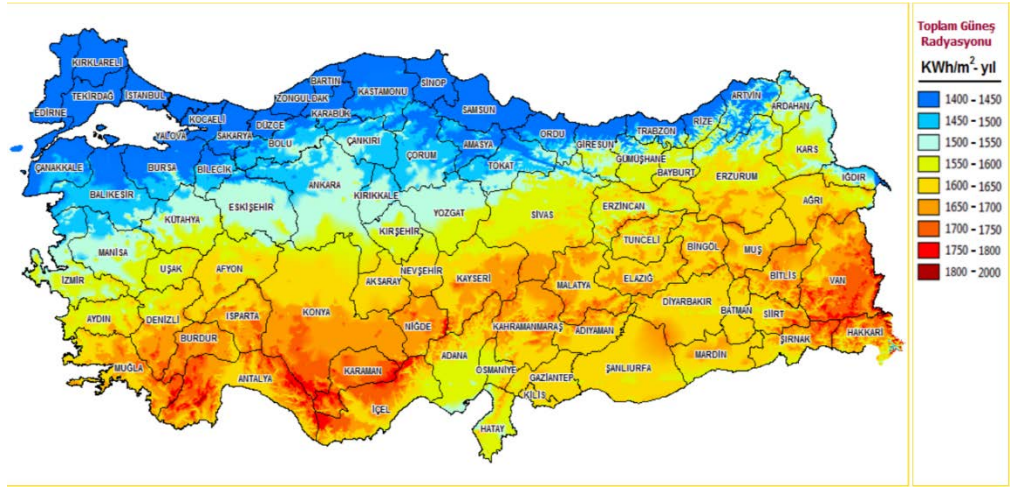
2. GÜNEŞ ENERJİ SİSTEMLERİ

İnsanlar güneş enerjisini dünyada kullanmaya M.Ö. 400 (Sokrat) yıllarında evlerin pencerelerini güney cephelerine inşa etmeye başlamıştır. M.Ö. 250 yılında ise Arşimet içbükey aynalar yardımı ile güneş ışınlarını yansıtarak Sirakuza'yı kuşatan gemileri yakmıştır. Galilei'nin mercekleri bulması ile ise güneş enerjisi kullanımının yönünü değiştirmeye başlamıştır. A.E. Becquerel 1839 yılında yaptığı çalışma ile bazı madde yüzeylerinde ışığın elektrik akımı oluşturabileceğini ifade ederek tarihte fotovoltaik etkiyi ilk açıklayan bilim adamı olmuştur. 1883 Yılına gelindiğinde ise Charles Fritts selenyum ve altın kullanarak güneş ışığından elektrik üreten ilk solar hücreyi yapmıştır. 1921 yılına gelindiğinde ise Albert Einstein tarafından fotoelektrik etki kanununun buluşuyla modern anlamda güneş enerji sistemlerinin tam olarak temelleri atılmış oldu. (Ekolojist, 2017)

Güneş enerjisinden birinci bölümde kısaca bahsedilmişti. Bu bölümünde ise güneş enerjisinden elektrik üretimi ve kurulan santral çeşitleriyle ilgili bilgi verilecektir.

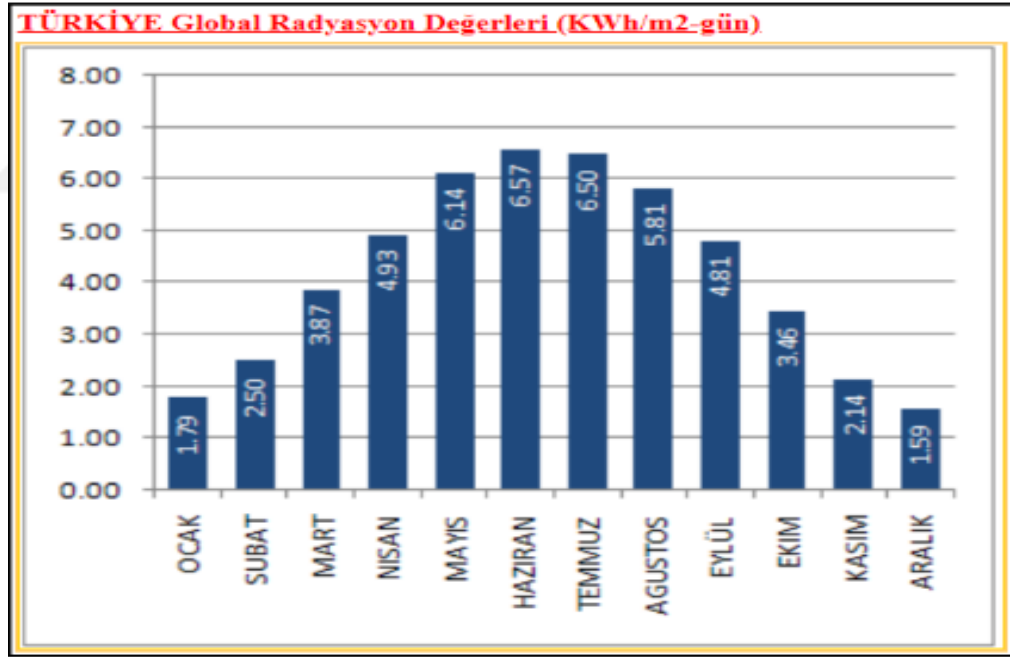
Güneş enerjisinden elektrik üretmek için karmaşık yapıda sistemlere gerek duymaması ve büyük çevre kirliliklerine yol açmaması dolayısı ile günümüzde yaygın tercih edilebilir bir kaynak halinde gelmiştir.

Sistemde güneş pilleri, güneş enerjisini direkt panel çıkışında elektrik enerjisine çevirebilen yapılardır. Güneş pillerinden oluşan sistemler yapısal olarak, ihtiyaç miktarınca fotovoltaik modüller, depolama ihtiyacına bağlı aküler ve modül kontrol cihazları ve DC/AC eviricilerden oluşmaktadır. (Quaschnig, V. 2005)



Kaynak: YEGM

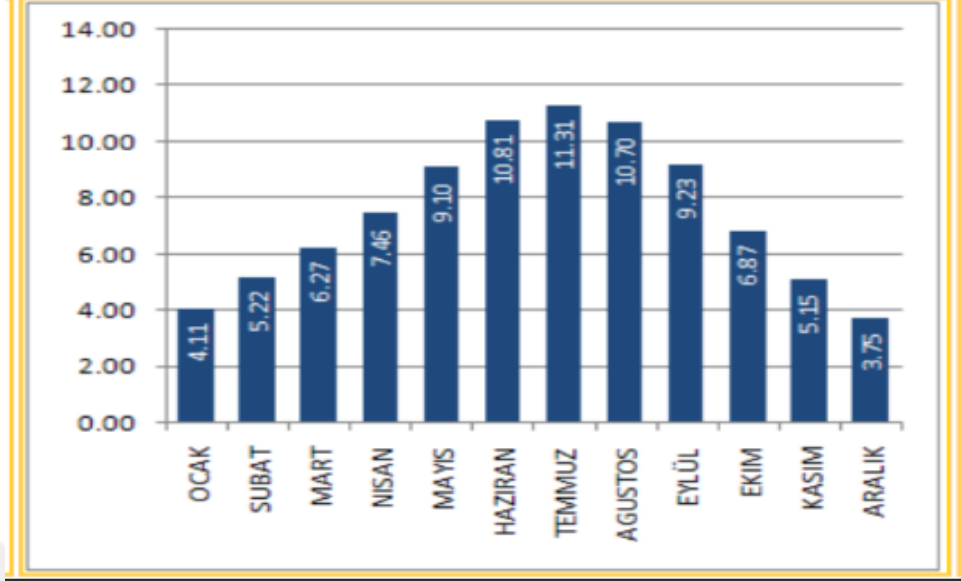
Şekil 2.1. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası.



Kaynak: YEGM

Şekil 2.2. Türkiye Global Radyasyon Değerleri.

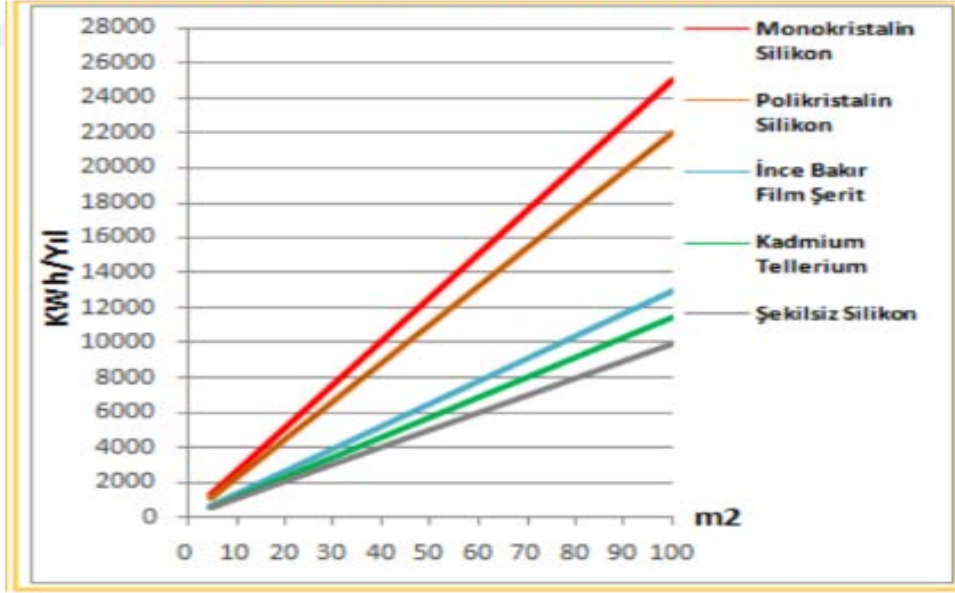
TÜRKİYE Güneşlenme Süreleri (Saat)



Kaynak: YEGM

Şekil 2.3. Türkiye Güneşlenme Süreleri.

TÜRKİYE PV Tipi-Alan-Üretilebilecek Enerji (KWh-Yıl)



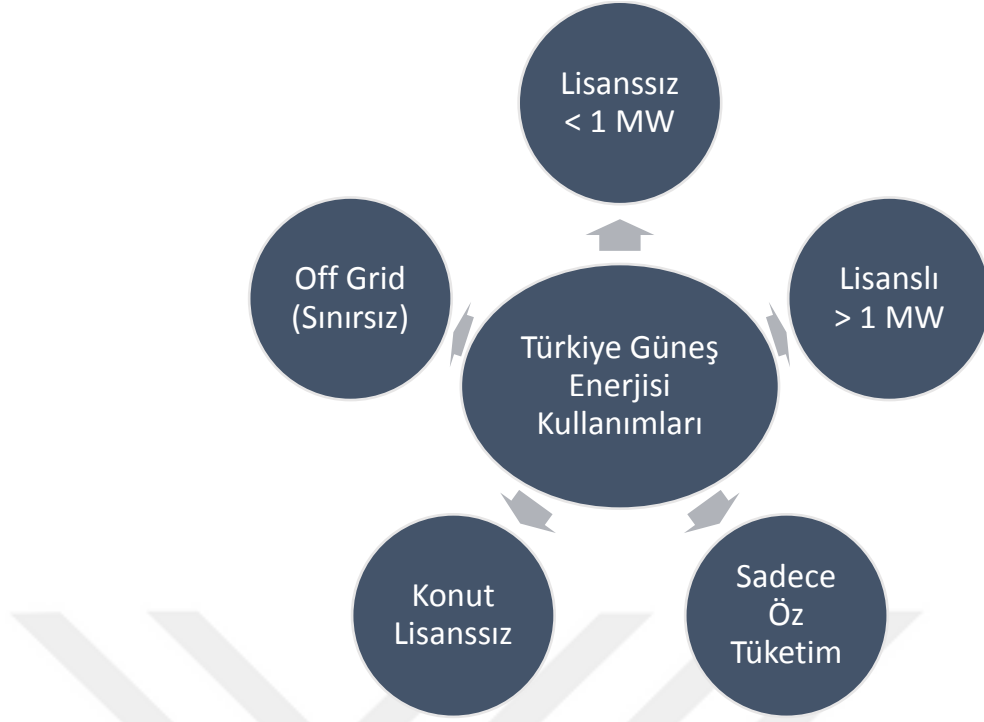
Kaynak: YEGM

Şekil 2.4. Türkiye Panel Tipi ve Üretililecek Enerji Miktarı.

Türkiye Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü tarafından 2018 yılı içerisinde hazırlanmış olan güneş enerjisi potansiyel atlası verilerine göre, ilk bakışta Türkiye haritasında 3 ana renk üzerinden inceleme yapılabilir. Bu verilere göre en düşük radyasyon değerleri Karadeniz, İç Anadolu ve Ege Bölgelerinin kuzey kesimlerinde 1400-1500 KWh/m²-yıl olarak verilmiştir. En Yüksek radyasyon değerleri ise Batı Akdeniz, Doğu Anadolu ve Ege Bölgelerinin güney kesimlerinde 1650-2000 KWh/m²-yıl olarak belirtilmiştir.

Türkiye’de yılda ortalama güneşlenme süresi günlük 7.51 saat, ortalama radyasyon miktarı ise 4.18 KWh/m²-gün’dür. Temmuz ayı ise tüm bu veriler ışığında güneş enerjisi üretiminde en verimli aydır.

Türkiye’de son yıllarda yapılan çalışmalar ve yenilenebilir enerjiye verilen devlet desteği ile birlikte 2017 yılı sonunda toplam kurulu güneş enerji santralleri gücü 3.421 MW’tır. Bu santrallerin 2.647 MW’tı geçici kabulü yapıp devreye girmiş, 774 MW’lık kısmını ise geçici kabul tutanağı imzalanmış santraller oluşturmaktadır. Lisanssız güneş enerji santrallerinden TEDAŞ’a proje başvurusu yapılan projelerin toplam gücü 6 MW , kabul edilen projelerin toplam gücü ise yaklaşık 4.5 MW’dır. (Gündergi, 2018).



Kaynak: GENSED

Şekil 2.5. Türkiye'de Güneş Enerji Pazarı.

2.1 Güneş Enerjisi Sistem Bileşenleri

Güneş enerji sistemleri genel bileşenlerini aşağıdaki gibi sıralayabiliriz;

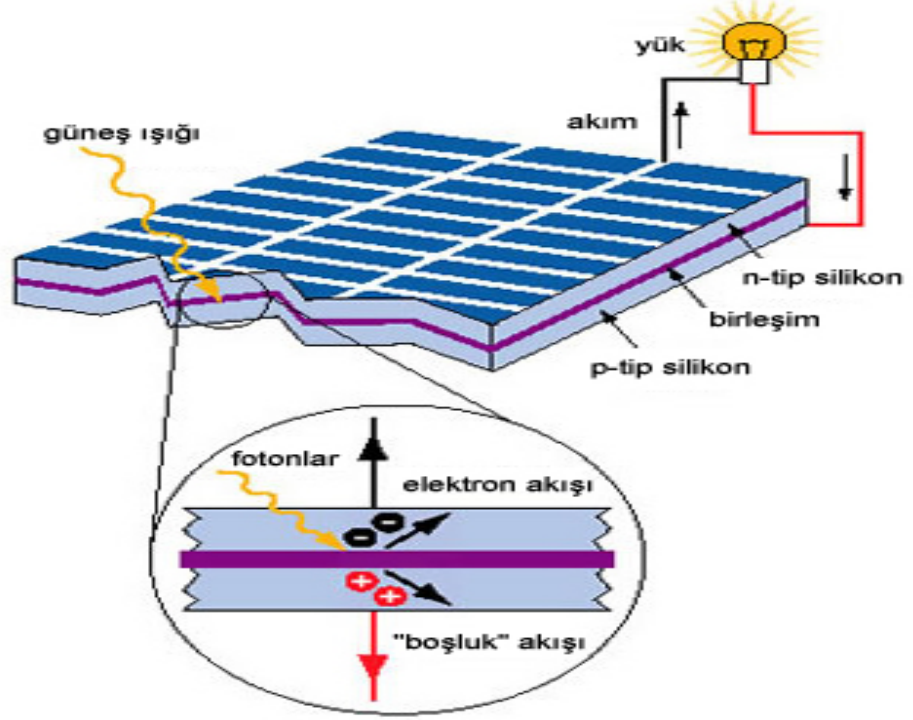
- Güneş (pv) paneller
- İnverter
- Panel taşıyıcı sistem
- BOS (balance of system)

2.1.1 Güneş (PV) Paneller

Güneş panelleri üzerlerine gelen güneş ışınlarını elektrik enerjisine çeviren yarı iletkenlerdir. Yüzeylerine gelen güneş ışınlarını panel yapısına bağlı olarak %5 - %20 verim arasında elektrik enerjisine dönüştürürler.

Elektrik üretimi güneş panel yüzeyine düşen ışınımın emilme oranına bağlı

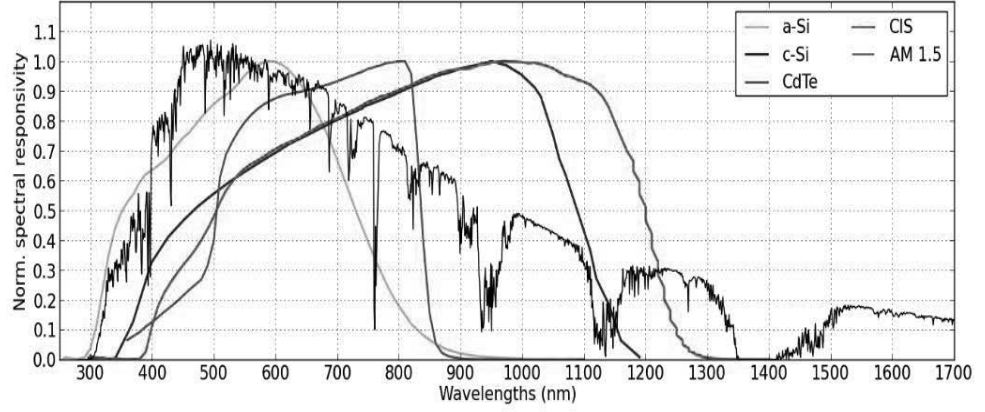
olarak artış gösterir. Emilme oranını arttırmak ve geri yansımayı önlemek amacı ile güneş panelleri katmanlar halinde oluşturulmuştur.



Şekil 2.6. Güneş Paneli Yapısı.

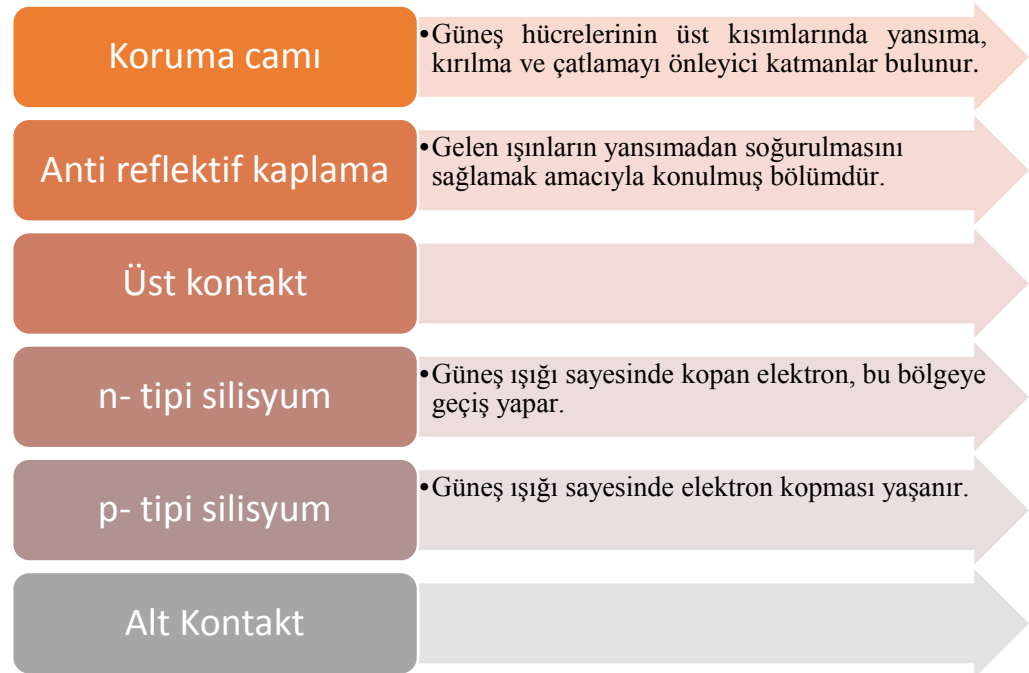
Panellerin elektrik üretme prensipleri; fotoelektrik prensibine göre çalışan panellerde fotonlarca kopartılan elektronlar harekete geçerek doğru akımı oluşturur.

Yarı iletken maddeler içerisinde güneş panellerinde kullanılanlara örnek olarak silisyum, galyum arsenit, kadmiyum tellür verilebilir. Yarı iletkenleri güneş panellerinde kullanmak için n ve p tipi katkılama aşamalarından geçirmek gerekmektedir.



Şekil 2.7. Güneş Panel Malzemelerinin Işınım Tepkileri.

P ve n katkılanması yapıldıktan sonra panel yüzeyine gelen fotonlar sayesinde n tipinden p tipine doğru elektron akışı olur ve yük dengesi sağlanana kadar devam eder. Taraflar arasında elektron azlığı veya fazlalık durumları her iki tarafta da elektriksel alan oluşturur. Yarı iletken madde tarafından emilen fotonlar her iki tarafta da toplanarak, güneş ışığına maruz kalan kısım ve gelen ışık yoğunluğuyla orantılı elektrik akımı oluşur. (Kınay, 2008)



Şekil 2.8. Güneş Pili Katmanları.

Güneş panel çeşitleri;

- Monokristal güneş panelleri
- Polikristal güneş panelleri
- İnce film güneş panelleri
- Amorf silisyum güneş panelleri
- Kadmiyum tellür ince film güneş panelleri
- Bakır indiyum diselenid güneş panelleri

2.1.1.1 Monokristal Güneş Panelleri

Yapımında tek kristalli silisyum kullanılan güneş panel çeşididir. Kimyasal ve termal reaksiyonlardan geçirilerek oluşturulan saf sıvı silisyuma tek kristalli silisyum parçası batırılır. Çekirdek sıvıdan soğumuş silisyum çekirdeğin üzerinde katmanlaşmış halde bulunur. Katmanlaşmış kısımlar kesilir ve pil şeklini alır.

Panel verimini arttırmak amacı ile hücreler tek yöne bakacak şekilde sıralanır. Yapımında malzeme kaybı fazladır. Tek kristalli pillerin verimleri yaklaşık %15 -%24 arasında değişmekte olup güneş panelleri arasında verimi en yüksek olanıdır. Sıcak iklimlerde verimleri artmaktadır. (İsmael, 2012)

2.1.1.2 Polikristal Güneş Panelleri

Polikristal güneş panelleri toplanmış silisyum kristallerini soğutma yöntemi kullanılır. Üretimindeki kolaylık ve maliyet düşüklüğü sebebiyle güneş enerji sistemlerinde en yaygın kullanımı olan panel çeşididir. Verimleri % 15 civarındadır.

2.1.1.3 İnce Film Güneş Panelleri

Emilim oranı yüksek maddelerden yapılan güneş panel çeşidinin verimleri %7 civarındadır. Bu verim kapladığı alan ve üretim oranına bakılınca oldukça düşük kalmaktadır. Diğer panel çeşitlerine göre daha ince yapılı ve montaj bakımından en kolaydır. Genel olarak dekoratif olarak kullanılır. (Uyar, 2016)

2.1.1.4 Amorf Silisyum Güneş Panelleri

Silisyum kristalinin iletkenliği saflığıyla doğru orantılıdır. Kristalin saflığını arttırmak maliyetli olduğundan, bu sorunu çözmek için amorf yapıda güneş pilleri üretilmiştir. Amorflar geniş yüzeyli, kolay üretilebilir ve maliyetleri de oldukça düşüktür. Amorfların atomları arasında uzun mesafelerde düzensizlik bulunmaktadır. (Canbolat, 2015)

2.1.1.5 Kadmiyum Tellür İnce Fim Güneş Panelleri

Kadmiyum elementi ve tellür elementi kullanılarak üretilen kadmiyum tellür (CdTe) güneş pilleri, geniş yüzeyli ve güneş ışınlarını soğurma oranı da yüksektir. Uzun kullanımda verim seviyesi henüz istenilen seviyede değildir. (Oktik 2001).

2.1.1.6 Bakır İndiyum Diseleneid Güneş Panelleri

Ham maddesi olarak bakır, indiyum ve selenyumdan kullanılan bakır indiyum diseleneid güneş pilleri, verimlilik açısından incelendiğinde %18'lerde gözlemlenmiş fakat kullanımı boyunca verimi düşmekte ve %10 sınırını aşmamaktadır. (Oktik 2001).

2.1.2 İnverter

Güneş panelleri DC (doğru akım) üretmektedirler. Doğru akımın AC akıma dönüştürmek için inverter kullanılır. İnverterler genellikle şebekeden bağımsız sistemlerde 12V - 48V arası kullanılırken şebekeye bağımlı sistemlerde 110V – üzeri olarak kullanılır. (Pearsall ve Hill 2001).

İnverter DC gerilimi, istenilen genlik ve rekansta simetrik bir AC gerilime çevirir. İnverter kazancını hesaplamak için AC gerilimi DC gerilime böleriz. İnverter kazancı: Çıkıştaki ac gerilimin girişteki dc gerilimine oranı olarak tarif edilebilir.

İnverterleri 2 çeşitte inceleyebiliriz. Bunlar;

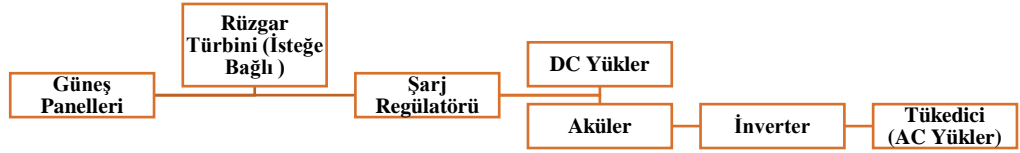
- Akım beslemeli inverterler
- Gerilim beslemeli inverterler (Gülgün, 2009, s. 271).

2.2 Şebekeden Bağımsız Eysel İhtiyaca Yönelik Sistemler

Şebekeden bağımsız evsel ihtiyaca yönelik sistemler genellikle, şebeke hattının olmadığı veya çekilmesinin gerek maddi gerek coğrafi koşullar yönünden elverişli olmadığı ya da şebekeden alınan elektrikte sık sık kesilmelerin olduğu yerlerde yerlerde kullanılmaktadır. Bu doğrultuda baz istasyonları, yerleşim yerlerine uzak kırsal kesimler, yaylalar, dağ evleri, karayolları, tarımsal alanlarda sulama sistemleri vb. offgrid sistemlerin başlıca kullanım alanlarıdır.

Sistemin temel bileşenleri güneş pilleri, panel taşıyıcı sitem, şarj kontrol cihazı, inverter ve sistem uyumlu akülerdir. Şebekeden bağımsız sistemlerde

güneş panelleriyle birlikte rüzgar türbinleri de kullanılarak hibrit sistemlerde elde edilebilir.



Şekil 2.9. Şebekeden Bağımsız Sistemler.

Sistemde temel bileşenleri kullanım miktarı hesaplanırken öncelikle tüketicinin günlük ihtiyacı olan ortalama elektrik güç miktarı hesaplanır. Sistem verimliliği de günlük ihtiyaç hesaplanırken dikkate alınmalıdır. Paneller ve akülerin verimliliği %80 (η_{pv} , $\eta_{akü}$), inverterin verimliliği (η_{in}) ise %90 üzerinden hesaplanırsa sistem verimliliği (η_{sistem}) denlem1 de belirtildiği gibi %58 hesaplanır. Denklem 2 ile toplam üretilmesi gereken güç hesabı yapılır.

Günlük üretilmesi gereken enerji miktarını, bir panelin gücü ve bölgenin güneşlenme süresinin çarpımına bölündüğünde toplam kurlumu yapılması gereken panel sayısına ulaşılmış olur (denklem 3). Kullanılması gereken akü gücünü ise denklem 4 ile hesaplanabilir. (Alkan, Öztürk, Zavrak, Tosun, Avcı, 2014)

$$\eta_{sistem} = \eta_{akü} \cdot \eta_{pv} \cdot \eta_{in} = 0.8 \times 0.8 \times 0.9 = 0.57 \quad (1)$$

$$Tüketim Enerji = Üretilen Enerji \times Sistem Verimi \quad (2)$$

$$Panel\ Sayısı = \frac{Günlük\ Ortalama\ Üretilmesi\ Gereken\ Enerji\ Miktarı}{Bir\ Güneş\ Panel\ Gücü \times Bölgenin\ Güneşlenme\ Süresi} \quad (3)$$

$$Kullanılan\ Akü\ Miktarı = \frac{Günlük\ Kullanılan\ Ortalama\ Enerji\ Miktarı}{Akünün\ Boşalma\ Faktörü} \times Güneşsiz\ Geçen\ Gün\ Sayısı \quad (4)$$

Sistem gereksinimleri hesaplandıktan sonraki aşama kurulumdur. Kurulum aşamasında çatı veya açık alan seçimi yapılabilir. Alanda rüzgar şiddeti yüksek ise rüzgar türbini de kurularak sistem maliyeti düşürülebilir.

2.3 Şebekeye Bağlı Güneş Enerji Sistemleri

Güneş panelleri tarafından üretilen elektriğin, evsel ihtiyaçları karşılamak için şebekeye çift taraflı sayaçlar yardımı ile bağlanmış veya çoğunlukla ticaret amacı ile kurulan üretilen elektriğin direkt inverterler yardımı ile AC ye dönüştürülerek şebekeye verilmesi ile oluşan sistemlere şebekeye bağlı (ongrid) sistemler denir.

Evsel ongrid sistemlerde üretim tüketimi karşıladıktan sonra enerji fazlası şebekeye verilebildiği gibi güneşlenme olmadığı durumlarda ise şebekeden elektrik desteği alınabilir.



Şekil 2.10. Şebekeye Bağlı Güneş Santralleri.



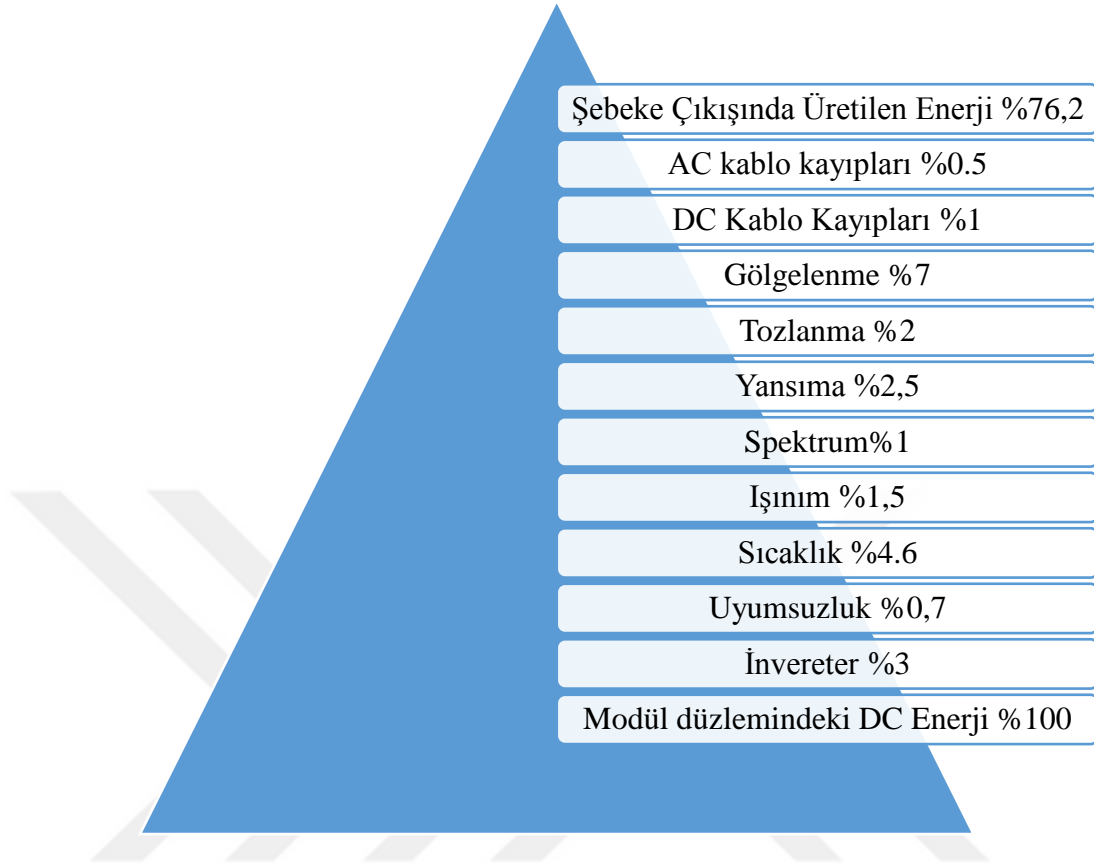
Şekil 2.11. Şebekeye Bağlı Eysel İhtiyaca Yönelik Sistemler.

2.4 Şebekeye Bağlı Güneş Enerji Sistemlerinde Verim Analizi

Güneş enerji sistemlerinde verimliliği etkileyen faktörler aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Güneş panellerinin yerleşimi
- Sıcaklık
- Kabloleme
- Uyumsuzluk faktörü
- Arazi ve gölgelenme

2.5 Şebekeye Bağlı Sistemlerde Oluşan Kayıplar



Kaynak: Deniz, 2013

Şekil 2.12. Güneş Enerji Sistemlerinde Oluşan Kayıplar.

2.5.1 Panel Yerleşim Kayıpları

Güneş panellerinin yerleştirilme şekline bağlı olarak gelen ışınımın yaptığı açıya göre gün içerisinde üretiminde belirli enerji kayıpları olabilir. Bir diğer kayıp ise günlük ve yıllık ışınım kaynaklı kayıplardır. Güneş ışınımını gün ve yıl içerisinde belirli aylarda artış gösterirken bazı aylarda ise düşüşe geçer.

Paneller günlük ve yıllık ölçümler hesaplanarak en doğru şekilde yerleştirilmeli veya gün içerisinde verimlerini hesaplayan güneş takip sistemleri kullanılmalıdır. Ancak güneş takip sistemlerinin kullanımı verim

açısından artış sağladığı gibi ilk kurulum maliyeti açısından da artışa neden olur.

2.5.2 Yansımaya Kayıpları

Günel panelleri üzerine düşen güneş ışınımı yansımaya, iletim ve emilme hareketlerini gerçekleştirebilir. Enerjinin üretilmesi için gereken optik hareket ise emilmedir. Emilme hareketinde panel yüzeyine gelen ışınım hücreler tarafından emilerek elektrik enerjisine dönüştürülür. Panel yüzeyine düşen ışınımın hepsi hücre tarafından emilmez bir kısmı geri yansımaya yapar. Oluşan kayıplar yansımaya kayıpları olarak adlandırılır.

2.5.3 Gölgeleme Kayıpları

Gölgeleme kayıpları panellerin üretimlerinde gölgeleme kaynaklı oluşan farklılıklara verilen genel isimdir. Gölgeleme kayıpları güneş enerji sistemlerinde en sık karşılaşılan ve sistem üretiminde en büyük kayıp oranına sahip sistem kayıp sorunudur. Gölgeleme kayıplarını, panel dizilim ve güneş konuş gölgelemeleri olarak iki başlık altında inceleyebiliriz.

Panellerin diziliminde yapılan konumlandırma hatasında sonucunda gün içerisinde paneller birbiri üzerinde gölgelemeye yol açarak sistem üretim kayıpları oluşturulabilir. Bu sebeple panellerin yerleşim mesafesi iyi hesaplanmalı ve en doğru konumlandırma yapılmalıdır.

Gün doğumunda veya güneşin gün içerisindeki hareketinden dolayı oluşan, panellerin kurulum yapıldığı bölgede bulunan ağaç, dağ vb. çevresel etmenlerin yaptığı gölgelemeler enerji kayıplarına neden olabilir. Bu nedenle panel kurulumu yapılacak bölge gerekli performans testlerinden geçirilerek seçilmelidir.

2.5.4 Tozlanma veya Karlanma Kayıpları

Güneş enerji santrallerinde güneş panellerinin tozlanma veya karlanması sonucunda panel yüzeylerinde yeterli ışınım emiliminin sağlanamamasından dolayı enerji kayıpları gözlenir. Kayıpların azaltılması için belirli aralıklarda panellerin temizlenmesi gerekir. Fakat bu da maliyet artışına neden olur.

2.5.5 Sistemsel Kayıplar

Sistemsel kayıplara aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Kablo kayıpları,
- Panel katalog özelliklerindeki sapmalar,
- Işınım kayıpları,
- Uyumsuzluk kayıpları,
- Sıcaklık kayıpları.

Güneş enerji sistemleri şebekeye kurulu güçlerine bağlı olarak farklı gerilimlerle bağlanırlar. 11 kW'a kadar olan sistemler AG, 11 kW'tan büyük ise teknik incelemelerle AG veya YG ile şebeke bağlantısı yapılır. Kurulu gücü 1 MW'ın altında bulunan sistemler lisanssızdır ve şebekeye çift yönlü sayaçlarla bağlanır.

Şebekeye paralel çalışan sistemlerin harmonik akımları ile güç faktörü belirli eşik değerinin altında olmalı ve şebekeye DC vermemelidir. Küçük güçlü fotovoltaik sistemlerin şebekeye bağlanması için kullanılan eviricilerin filtre devreleri içermesi ve üç fazlı olmasıyla toplam harmonik bozulmaları çok düşük seviyede kalmaktadır.

Lisanssız güneş sistemleri ile ilgili yönetmeliğe göre şebeke kaybı veya kısa devre arızası oluşması durumunda şebeke bağlantısının kesilmesi zorunludur. Yönetmeliğe göre yapılan sistemlerde güç adasını doğru algılayan inverterler kullanılırken şebeke kaybı sonrasında şebeke bağlantısı kesilmesi bütün yerel yüklerin enerjisiz kalmasına neden olmaktadır.

Enerji depolama bölümleri olsa bile yerel yükler beslenememekte ve kritik yüklerin olması durumunda da maddi kayıplar oluşabilmektedir. Sorunu çözmek için şebeke bağlantısı inverterler üzerinden yapılmamalıdır. Güneş enerji sistemlerinde şebekeye bağlıyken ortaya çıkan sorunlardan biri de gerilimin belirlenen sınırların dışına çıkmasıdır.

Güneş enerji sistemlerinde kullanılan inverterler genellikle güç adasının algılanması için A/Y gerilim ile A/Y frekans tabanlı algoritmaları kullanmakta olduğundan, yük değişiminin düşük miktarda şebeke kaybı durumlarını algılayamamaktadır. Bu durum AG tarafında can ve mal güvenliği açısından tehlike oluşturmaktadır. (Kandemir Ç. Bayrak M.)

3. KURULU GÜNEŞ SANRALİ VERİ ANALİZİ

3.1 İBB Hidayet Türkoğlu Spor Kompleksi Üstü Güneş Santrali

İstanbul Bayrampaşa da bulunan İBB Hidayet Türkoğlu Spor Kompleksi tavanına yapılan yaklaşık 1000 m² çatı alanı kaplayan güneş santral kurulumu 2016 yılının aralık ayında tamamlanmış olup halen faaliyettedir. Santral şebekeye bağlı olarak kullanılmaktadır. Sistem üretim gücü spor kompleksinin enerji ihtiyacının %10 'unu karşılamaktadır.

Güneş Santralinin yapımında 260 W'lık 650 adet polikristal güneş paneli kullanılmıştır. Kurulu DC gücü 165 kWp , AC kurulu güç değeri ise 200 kWe 'dir. Sistemde evirici olarak gücü 8 kW olan 25 adet evirici kullanılmıştır.

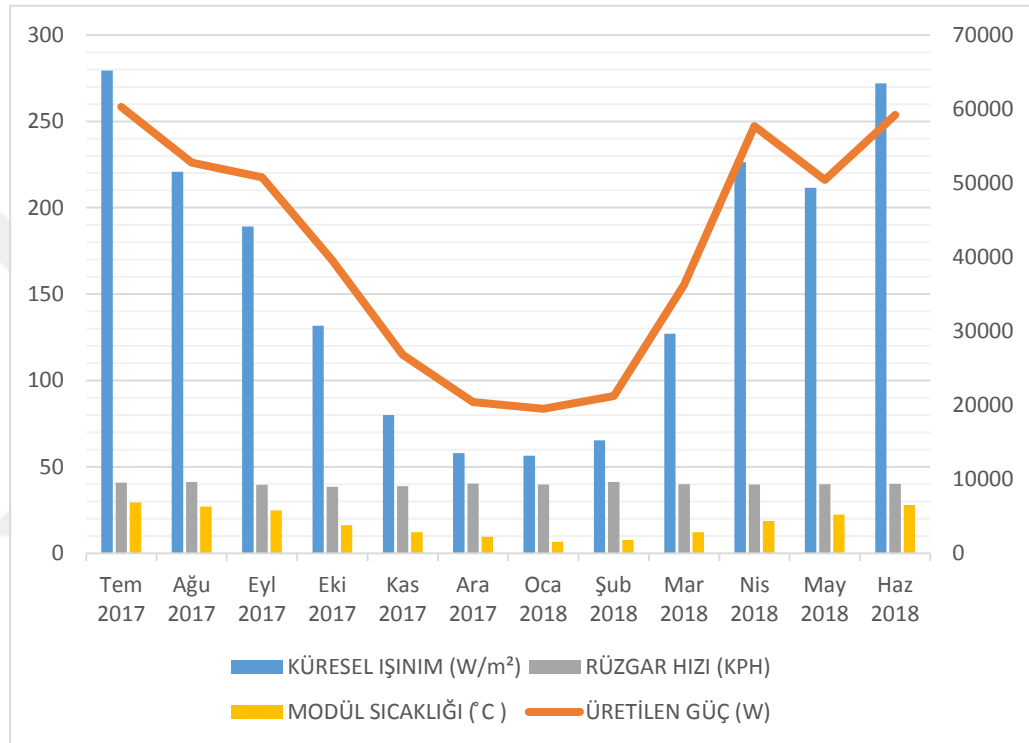


Şekil 3.1.İBB Hidayet Türkoğlu Spor Kompleksi Çatı Şebekeye Bağlı Güneş Enerji Santrali.

Tezin bu bölümünde Hidayet Türkoğlu Spor Kompleksi güneş enerji santralinin üretim gücünün; metrekareye düşen güneş ışınım değerleri, rüzgar hızı ve güneş modül sıcaklığı verileri ile grafiklerle değerlendirilmesi yapılacaktır.

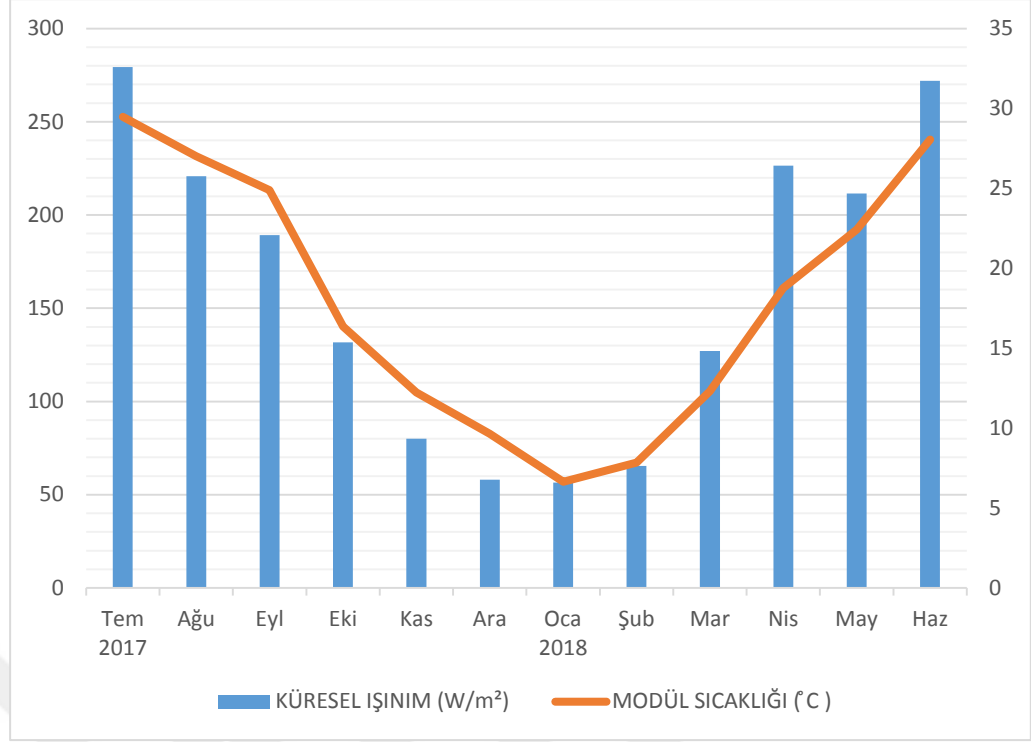
3.1.1 2017 ve 2018 Yıllarına Ait Mevsimlik Ortalama Veri Analizi

Hidayet Türkoğlu Spor Kompleksi Güneş Enerji Santrali 2017-2018 tarihleri arasında sistemden ölçülen rüzgar hız, küresel ışınım, modül sıcaklığı ve üretim güç verileri aylık, günlük ve saatlik olarak ölçülmüş olup; parametre değerlerinin birbiri ile olan ilişkileri grafikler yardımı ile açıklanacaktır.



Şekil 3.2. Aylık Ortalama Sistem Verileri.

Santralin üretim gücünün parametreler doğrultusunda 2017 ve 2018 yılları arasındaki aylık değişimleri yukarıda bulunan grafikte verilmiştir. Yüzeysel olarak inceleyecek olursak üretim değerleri kış aylarında en düşük seviyede iken yaz aylarında ise sistem en yüksek verime ulaşmaktadır.

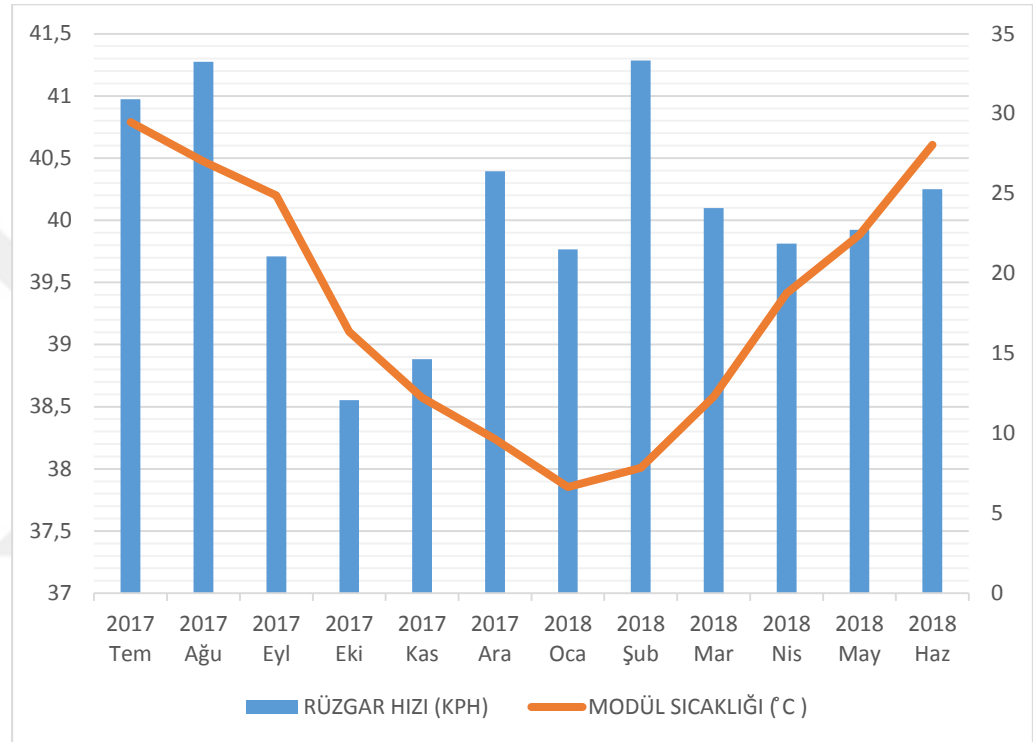


Şekil 3.3. Aylara Göre Sıcaklık ve Işınım İlişkisi.

Grafikte Temmuz 2017 ve Haziran 2018 tarihleri arasında santralde ölçülen ortalama modül sıcaklığı ve toplam küresel ışınım değerleri gösterilmektedir. Grafikte de gözlemlenebildiği gibi modül sıcaklığı ve global ışınım değerleri arasında doğru orantılı bir ilişki bulunmaktadır. Ortalama modül sıcaklığının yüksek olduğu aylarda global ışınım değerleri de yüksek, düşük olduğu aylarda ise aynı şekilde global ışınım değerleri de düşüktür.

Grafikte parametreler incelendiğinde kış aylarında en düşük değerler ölçülürken yaz aylarında ise en yüksek değerler gözlenmektedir. Sonbahar aylarında değerler düşüşe geçmekte, ilkbahar aylarında ise tekrar yükselmektedir. Ancak ortalama değerler incelendiğinde sonbahar aylarının ortalama modül sıcaklık değeri 17,81 °C iken ilkbahar aylarında da mevsimsel olarak 17,82 °C ile mevsimsel olarak modül sıcaklık ortalamaları birbirine %99 oranında benzerlik göstermektedir.

Küresel ışınım değeri 279,29 W/m² ile temmuz ayında en yüksek noktasında iken modül sıcaklığı da 29,47°C ile yıl içindeki en yüksek değerine ulaşmaktadır. En düşük değerler ise iki parametrede ocak ayında gözlenmektedir. Ocak ayında toplam küresel ışınım değeri 56,52 iken ortalama modül sıcaklığı ise 6,64°C 'dir. İlkbahar ve sonbahar aylarında global ışınım ve modül sıcaklık değerleri birbirine oldukça yakın değerler almıştır.

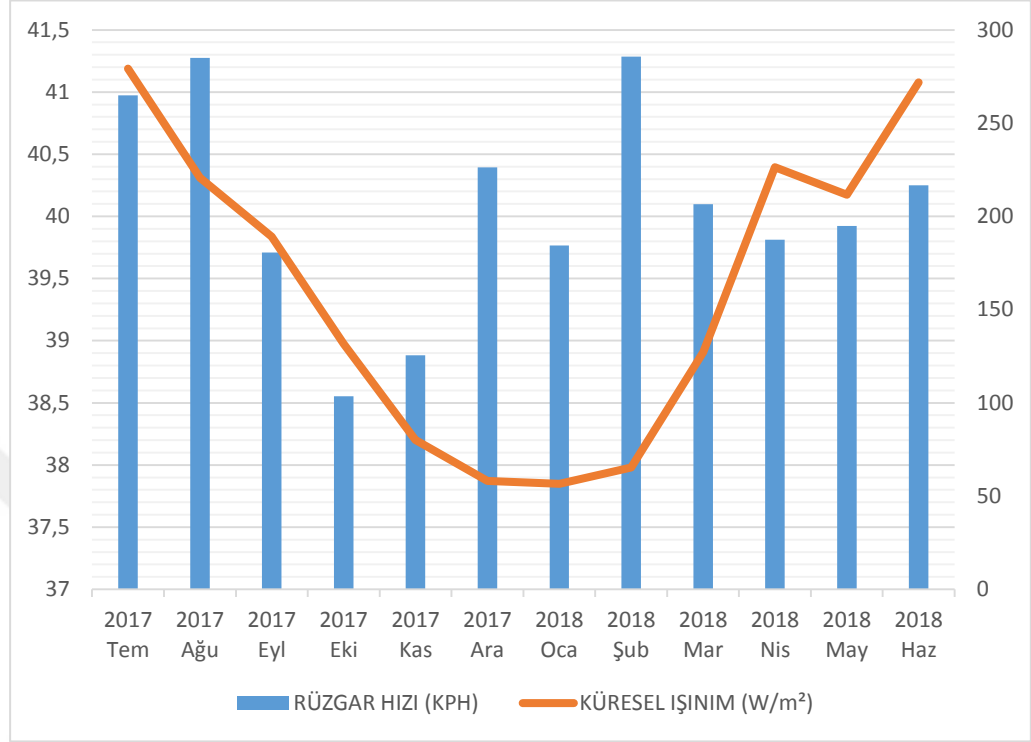


Şekil 3.4.Aylara Göre Sıcaklık ve Rüzgar Hız İlişkisi.

Grafikte 2017 ve 2018 yılları arasında santralde gözlenen aylara göre ortalama modül sıcaklığı ve rüzgar hızı değerleri verilmiştir. Grafikte de görüldüğü gibi modül sıcaklığı ve rüzgar hızı arasında aylık ortalama değerlere bakıldığında global ışıma ve modül sıcaklığı arasındaki ilişki gibi bir çıkarımda bulunulamamaktadır. İlerleyen bölümlerde günlük ve saatlik değerler incelendiğinde daha detaylı bir sonuca ulaşılabilir.

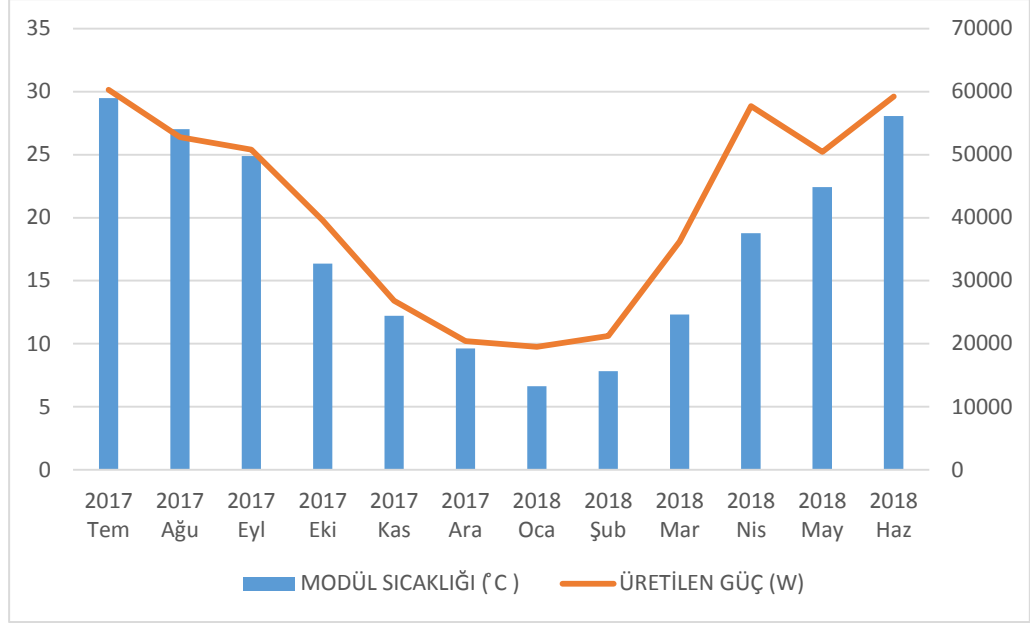
Genel olarak bakıldığında ortalama rüzgar hızı aylık ortalama olarak 38,55 kph – 41,29 kph arasında değerler almaktadır. Ekim ayı rüzgar hızının en

düşük ortalamaya sahip olduğu ay, şubat ise en yüksek ortalamaya sahip olduğu aydır.



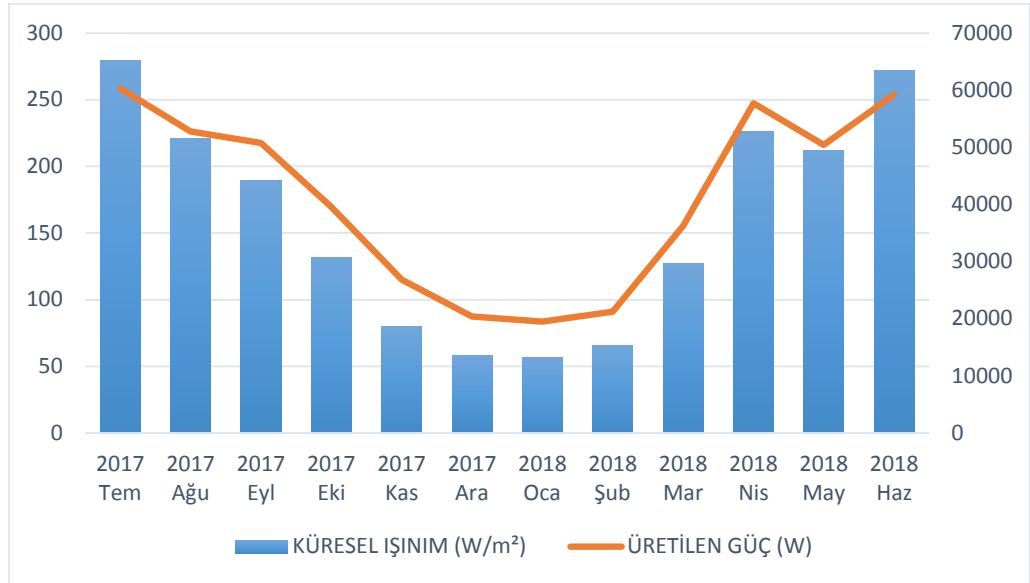
Şekil 3.5. Aylara Göre Global Işınım ve Rüzgar Hız İlişkisi.

Aylara göre ortalama rüzgar hızı ile toplam küresel ışınım değerleri grafiğine bakıldığında da rüzgar hızının ortalama modül sıcaklığı değerleri ile olan ilişkisine benzer bir ilişki gözlenmektedir. Rüzgar hızına bağlı belirli bir artış veya azalma saptanamamaktadır.



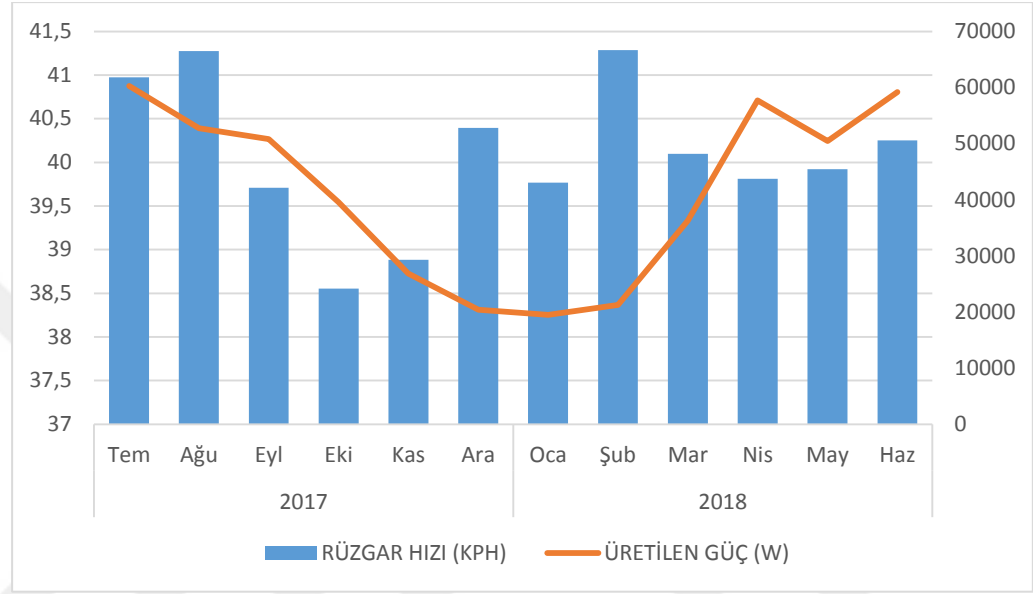
Şekil 3.6. Aylara Göre Güç ve Modül Sıcaklığı İlişkisi.

Aylara göre üretim güç değerlerine ve ortalama modül sıcaklık değerlerine bakıldığında genel olarak doğru orantılı bir ilişki gözlenmektedir. İstisnai olarak Nisan ayında modül sıcaklık değeri 18.76 °C iken Mayıs ayında ortalama 22,42 °C'ye yükselmiş ancak üretim gücünde düşme olmuştur. Bu nedenle daha detaylı olarak günlük ve saatlik üretim verilerine bakılmalıdır.



Şekil 3.7. Aylara Göre Güç ve Küresel Işınım İlişkisi.

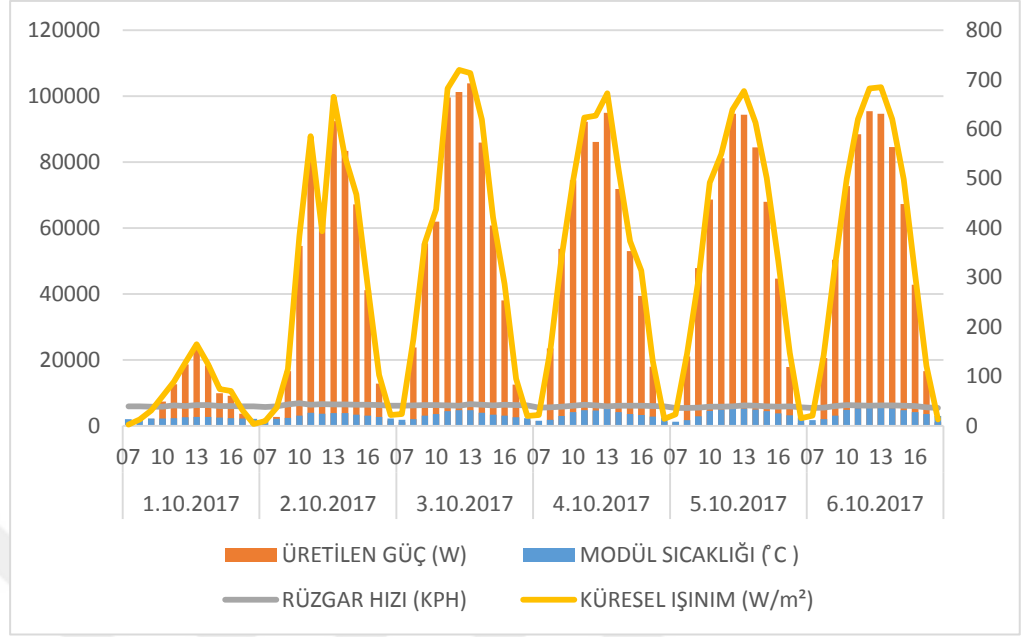
Küresel ışınım değerleri ve üretim değerleri arasında olan grafiğe bakıldığında değerlerde aynı aylarda artış ve düşüş gözlenmiştir. Modül sıcaklığı ile olan grafikte rastlanan farklı değişimlerin olmaması üretim gücünün aylık veriler bazında genel olarak küresel ışınım miktarına bağlı değişim gösterdiği söylenebilir.



Şekil 3.8. Aylara Göre Rüzgar Hızı ve Üretilen Güç İlişkisi.

Grafikte de gözlenebildiği gibi aylık ortalama bazında değerlendirmelerde rüzgar hızının güneş enerji santralinin üretim gücüne etkisi görülmemektedir. Ancak rüzgar hızı anlık değişim gösterdiği için günlük ve saatlik veriler de grafiksel açıdan incelenerek daha detaylı bir inceleme yapılacaktır.

3.1.2 1-6 Ekim 2017 Tarihleri Arası Haftalık Sistem Veri İncelemesi



Şekil 3.9. 1-6 Ekim 2017 Tarihleri Arası Yapılan Santral Ölçümleri.

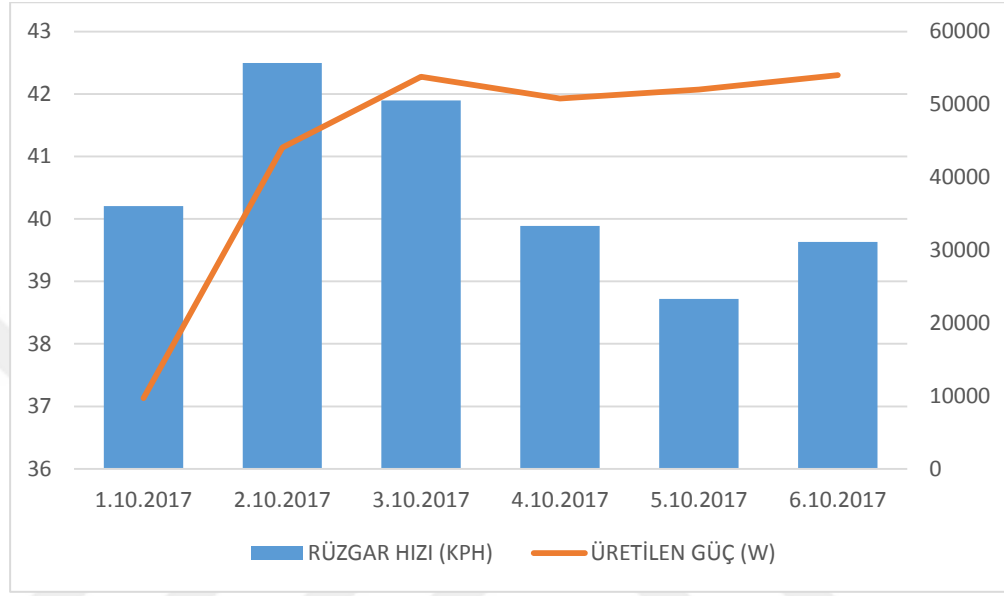
Hidayet Türkoğlu Spor Kompleksi şebekeye bağlı çatı güneş santrali DC üretim gücü verileri ile modül sıcaklığı, rüzgar hızı ve küresel ışınım değerlerinin kış aylarındaki veri analizini yapabilmek için örneklem olarak Ekim 2017 ayının ilk haftasından alınan 280 farklı veri kullanılmıştır.

Grafikte 1-7 Ekim tarihleri arasında üretim gücü ve parametre ölçümleri verilmiştir. Grafik incelendiğinde Ekim ayının ilk 6 gününde sistemin üretime başlamasından son bulmasına kadar geçen sürede her 15 dk da anlık ölçümler alınmıştır.

Hafta geneline bakıldığında sistemin üretime 07:00 ve 09:00 saatleri arasında başladığı gözlenmektedir. Üretim saat 11:00 ve 14:00 saatleri arasında en yüksek noktasına ulaşmakta olup, genel itibari ile 17:00 da son bulmaktadır. Buradan hareketle kış aylarında üretim saatlerinin 07:00 ve 17:00 saatleri arasındaki 10 saatlik dilimden oluştuğu varsayımında bulunulabilir. Detaylı

olarak incelemek için üretimin 3 Ekim tarihi üzerinden parametrelerle grafikler alınacaktır.

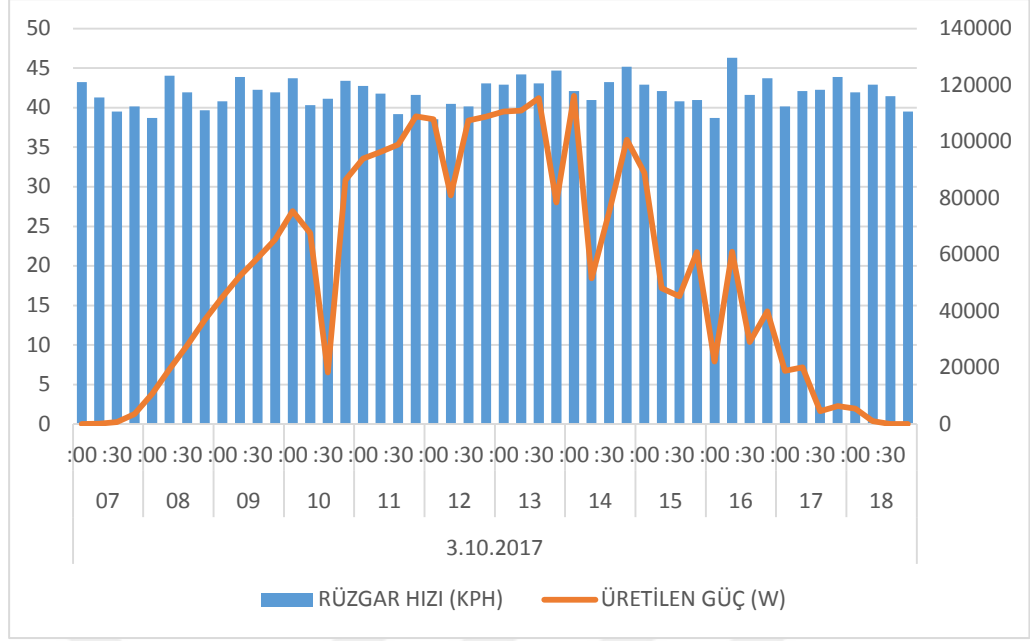
3.1.2.1 1-6 Ekim 2017 Rüzgar Hızı ve Santral Üretim Değerleri



Şekil 3.10. 1-6 Ekim 2017 Tarihleri Arasında Rüzgar Hızı ve Üretim Gücü.

1 ve 6 Ekim 2017 tarihleri arasında yapılan her 15 dk da bir anlık olarak alınan 280 farklı veri ile üretim gücü ve rüzgar hızının gün bazında ortalamaları alınarak yukarıdaki grafik hazırlanmıştır.

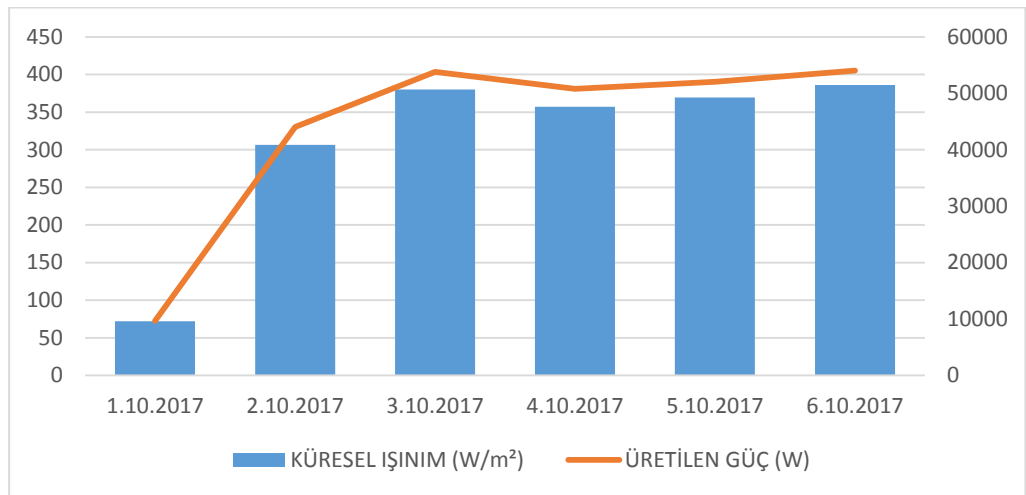
Grafiğe göre rüzgar hız ortalaması 1-3 Ekim tarihleri arasında artış gösterirken, anlık üretim gücü ortalaması önce artan sonra azalan bir seyir izlemektedir. Rüzgar hızı 4 Ekim tarihinde azalmış kalan günlerde ise artışını sürdürmüştür. Üretim ise 4 ve 5 Ekim tarihinde azalmış ve 5 inde tekrardan artış göstermiştir.



Şekil 3.11. 3 Ekim Tarihi Rüzgar Hızı ve Üretim Gücü İlişkisi.

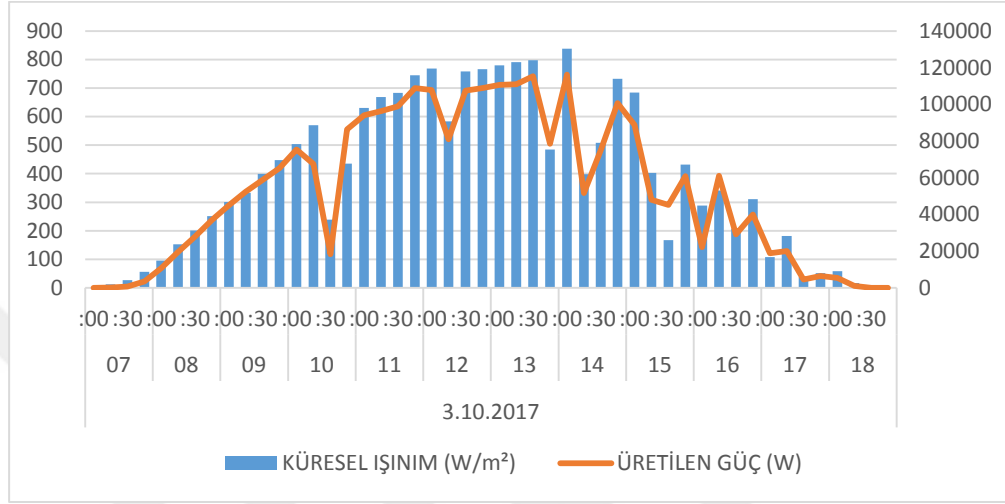
3 Ekim tarihinde yapılan ölçümler günlük bazda yarım saat aralıklarla yukarıdaki grafiğe dökülmüştür. Grafikte rüzgar hızı ve üretim gücünün gün içerisindeki değişimleri gözlenebilmektedir.

3.1.2.2 1-6 Ekim 2017 Küresel Işınım ve Santral Üretim Değerleri



Şekil 3.12. 1-6 Ekim 2017 Küresel Işınım ve Santral Üretimi.

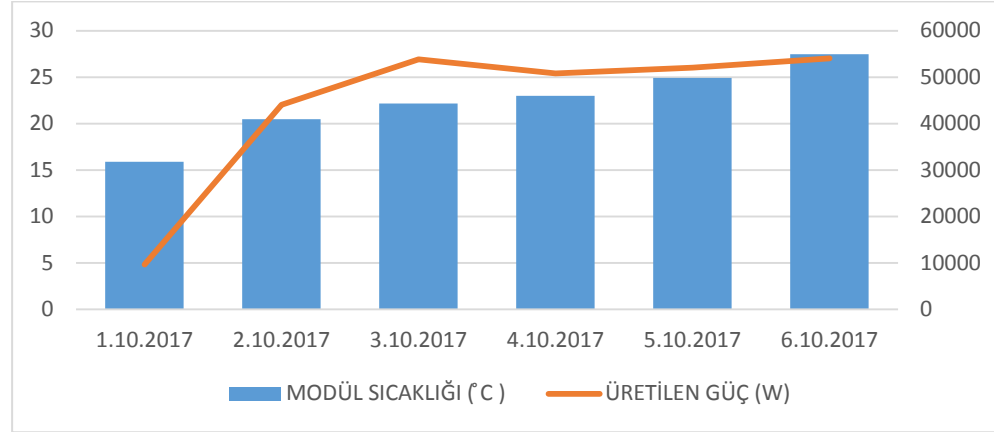
1-7 Ekim 2017 tarihleri arasında yapılan ölçümler sonucunda günlük ortalama küresel ışınım ve santral üretim değerleri arasındaki ilişkiyi gösterebilmek açısından yukarıdaki grafik oluşturulmuştur. Bu grafikte bulunan değerlere bakıldığında küresel ışınımın artan azalan davranışları ile aynı doğrultuda üretim gücünün de arttığı söylenebilir.



Şekil 3.13. 3 Ekim 2017 Tarihi Küresel Işınım ve Üretim Gücü İlişkisi.

3 Ekim tarihinde yapılan incelemede ışınım değerlerinin yükselmeye başladığı 7:15 itibari ile santralin de üretime başladığı gözlenmektedir. Saat 10:30 da gerçekleşen ışınımdaki %58 oranındaki ani düşüş üretime de yansımış üretimde % 72 oranında düşüş gözlemlenmiştir.

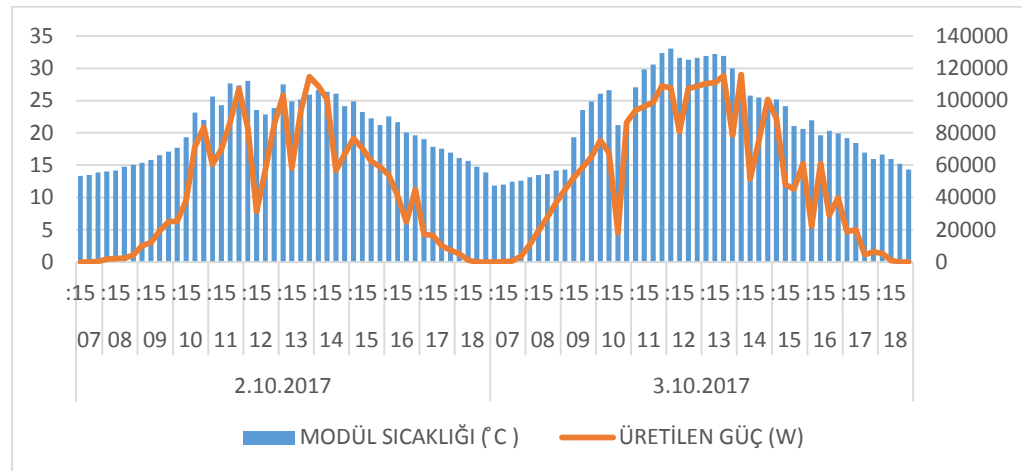
3.1.2.3 1-6 Nisan Ekim 2017 Panel Sıcaklığı ve Santral Üretim Değerleri



Şekil 3.14. 1-6 Ekim 2017 Modül Sıcaklığı ve Santral Üretimi.

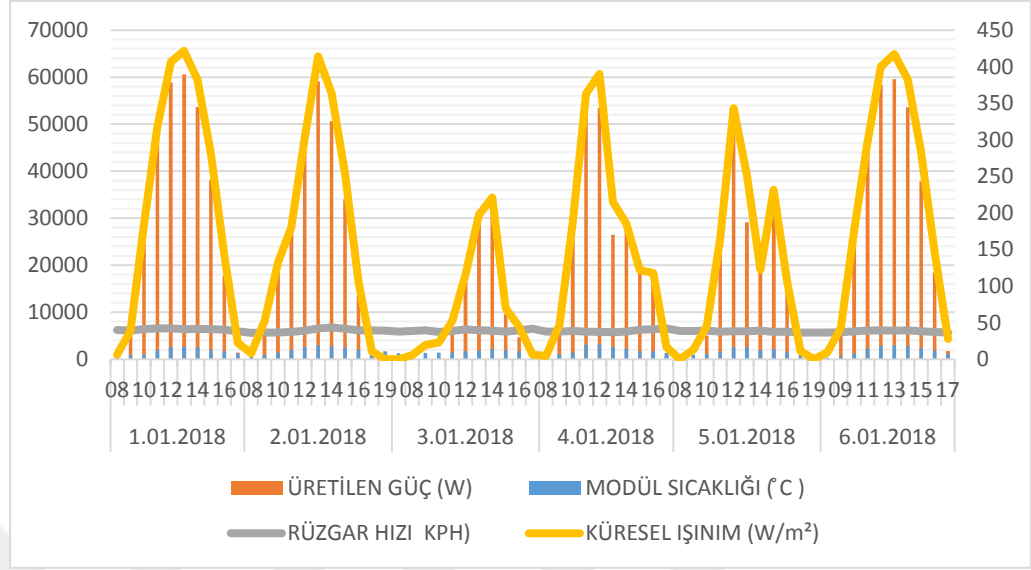
Ekim ayında alınan bir haftalık verilere bakılarak panel sıcaklığı ve üretim değerleri arasında artış ve azalmalar yönünden paralellik olduğu gözlenmektedir. Fakat belirli bir oranda iki değer birbirini üzerinde etkisi olduğu söylenemez.

Aşağıdaki grafikte 2-3 Ekim arasındaki değişimler daha detaylı biçimde incelendiğinde yakın panel sıcaklıklarında iki günde de farklı üretim değerleri alındığı gözlenmektedir.



Şekil 3.15. 2-3 Ekim 2017 Tarihli Modül Sıcaklığı ve Santral Üretimi.

3.1.3 1-6 Ocak 2018 Tarihleri Arası Haftalık Sistem Veri İncelemesi

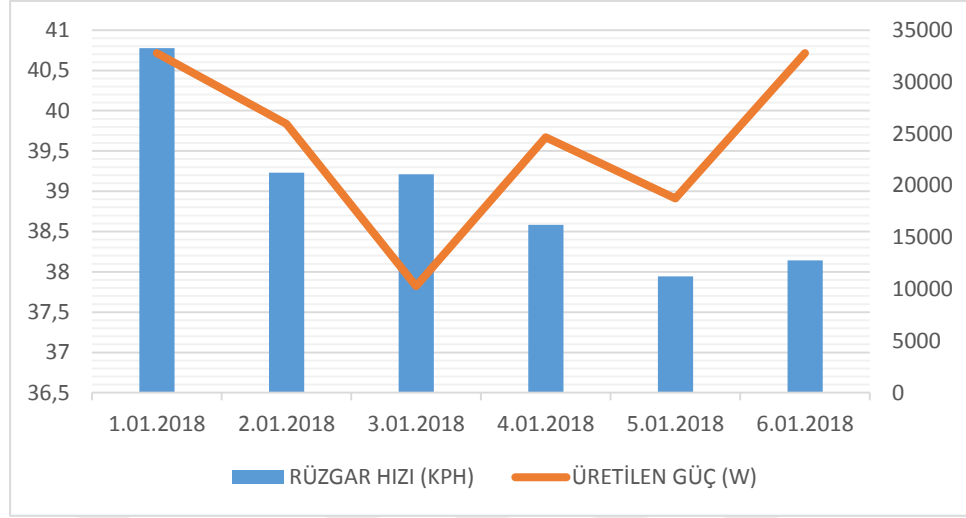


Şekil 3.16. 1-6 Ocak Tarihleri Arası Yapılan Santral Ölçümleri.

Hidayet Türkoğlu Spor Kompleksi şebekeye bağlı çatı güneş santrali DC üretim güç verileri ile modül sıcaklığı, rüzgar hızı ve küresel ışınım değerlerinin kış aylarındaki veri analizini yapabilmek için örneklem olarak ocak ayının ilk hafta verileri kullanılmıştır. Grafikte 1-6 Ocak tarihleri arasında üretim gücü ve parametre ölçümleri verilmiştir. Grafik incelendiğinde ocak ayının ilk 6 gününde sistemin üretime başlamasından son bulmasına kadar geçen sürede her 15 dk da anlık ölçümler alınmıştır.

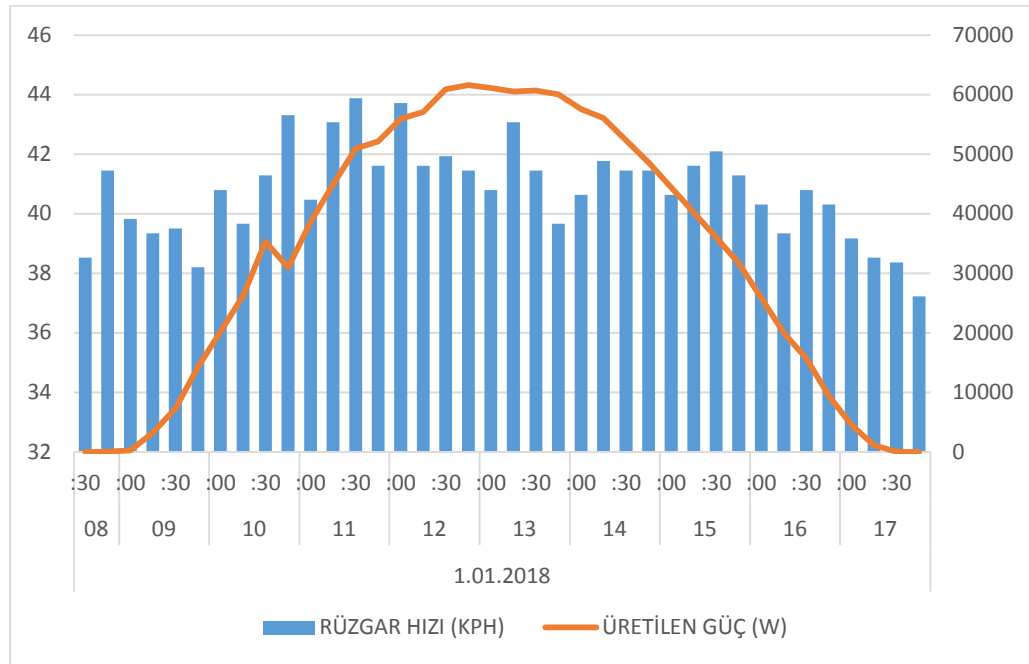
Hafta geneline bakıldığında sistemin üretime 08:00 ve 09:00 saatleri arasında başladığı gözlenmektedir. Üretim saat 12:00 ve 13:00 saatleri arasında en yüksek noktaya ulaşmakta olup, genel itibari ile 17:00 da son bulmaktadır. Buradan hareketle kış aylarında üretim saatlerinin 08:00 ve 17:00 saatleri arasındaki 9 saatlik dilimden oluştuğu varsayımında bulunulabilir. Detaylı olarak incelemek için üretimin 1 Ocak tarihi üzerinden parametrelerle grafikler alınacaktır.

3.1.3.1 1-6 Ocak 2018 Rüzgar Hızı ve Santral Üretim Değerleri



Şekil 3.17. 1-6 Ocak tarihleri Arasında Rüzgar Hızı ve Üretim Gücü.

1 ve 6 Ocak 2018 tarihleri arasında yapılan her 15 dk da bir anlık olarak alınan üretim gücü ve rüzgar hızının gün bazında ortalamaları alınarak yukarıdaki grafik hazırlanmıştır. Rüzgar hızı ve santral üretimi arasında bir ilişki olmadığı tekrardan bu ölçüm ile de desteklenmiştir.

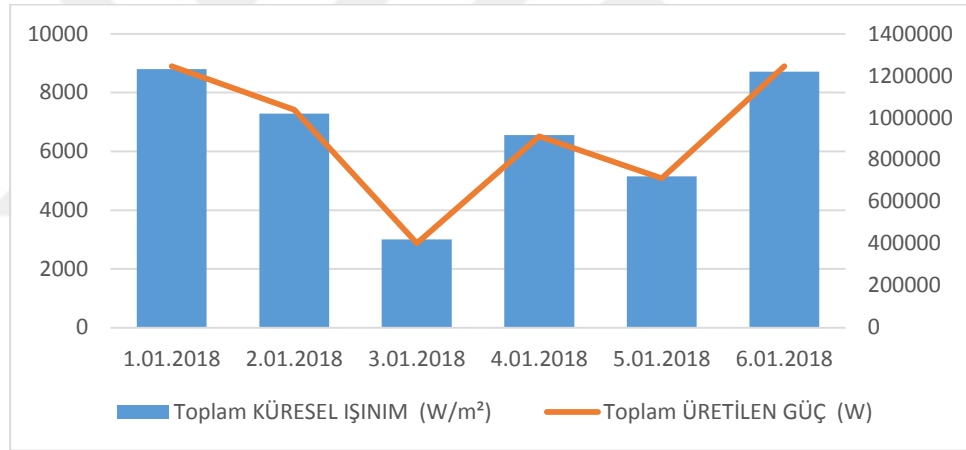


Şekil 3.18. 1 Ocak Tarihi Rüzgar Hızı ve Üretim Gücü İlişkisi

Örnek olarak 1 Ocak tarihinde 8:30 ve 12:30 saatleri arasında yapılan incelemede rüzgar hızı ve sistem üretim verileri grafiksel olarak orantılı bir tavır sergilememektedir. Saat 12:45 ve 17:45 arasında yapılan ölçümlerde de sabah öğlen saatleri arasında yapılan ölçümlerde olduğu gibi rüzgar hızı ile üretim gücü arasında orantılı bir ilişkiye rastlanmamıştır.

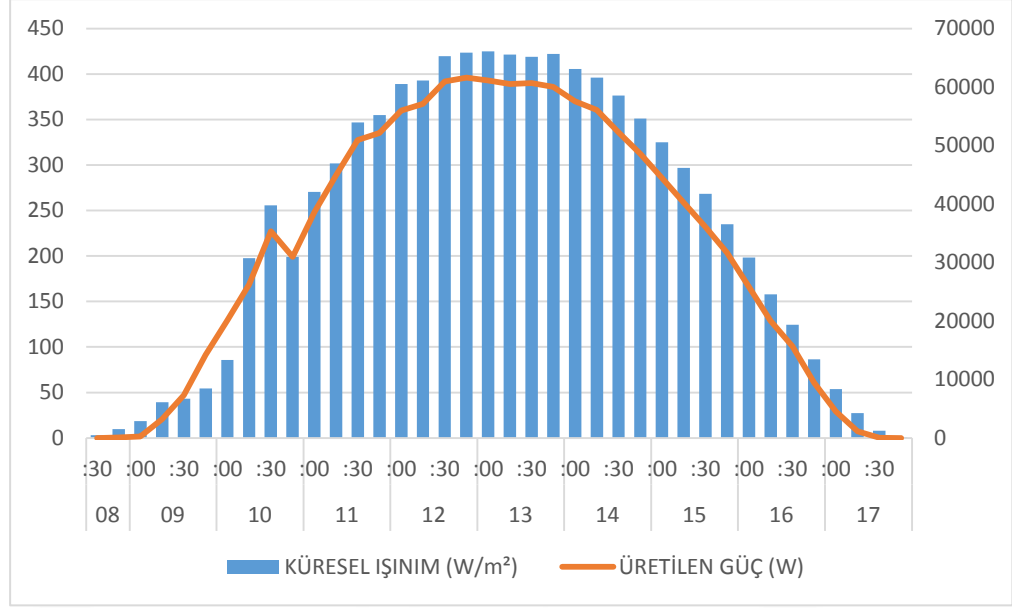
Sonuç olarak aylık ortalama ve günlük verilere bakılacak olur ise tezin bu aşamasında rüzgar hızı ve santral üretim gücü arasında kış ayları için bir bağ kurulamamıştır.

3.1.3.2 1-6 Ocak 2018 Küresel Işınım ve Santral Üretim Değerleri



Şekil 3.19. 1-6 Ocak Küresel Işınım ve Santral Üretim.

1-6 Ocak 2018 tarihleri arasında yapılan ölçümler sonucunda oluşturulan grafikte günlük ortalama küresel ışınım ve santral üretim değerleri verilmiştir. Bu grafikte bulunan değerlere bakıldığında küresel ışınımının artan azalan davranışları ile aynı doğrultuda üretim gücünün de arttığı söylenebilir.

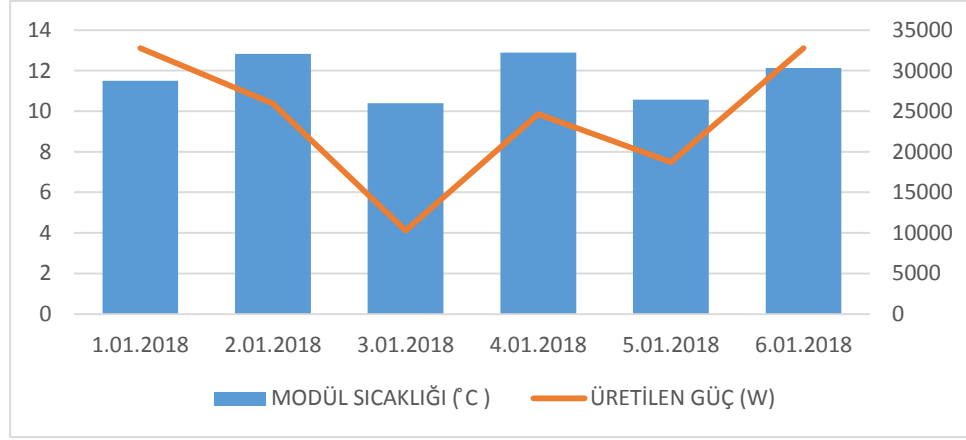


Şekil 3.20. 1 Ocak Tarihi Küresel Işınım ve Üretim Gücü İlişkisi.

1 Ocak tarihinde sabah saatleri için yapılan ölçümlerde saat 9:15 itibari ile küresel ışınım değerleri ile sistem üretim değerleri grafiksel olarak orantılı bir tavır sergilemektedir. Saat 10:45 de meydana gelen ışınım değerlerindeki %22,17 oranındaki azalma üretim değerlerinde %12,3 bir düşüş olarak gözlenmiştir. Saat 8:45 de küresel ışınım değerleri ölçülürken santral üretiminin olmamasını da göz önüne alırsak üretimin sadece ışınımına bağlı olmadığı sonucuna ulaşabiliriz.

1 Ocak tarihinde 12:45 ile 17:45 arasında yapılan ölçümler sonucunda da bir önceki grafikte de açıkça görüldüğü gibi ışınım ve üretim orantılı değerler vermektedir.

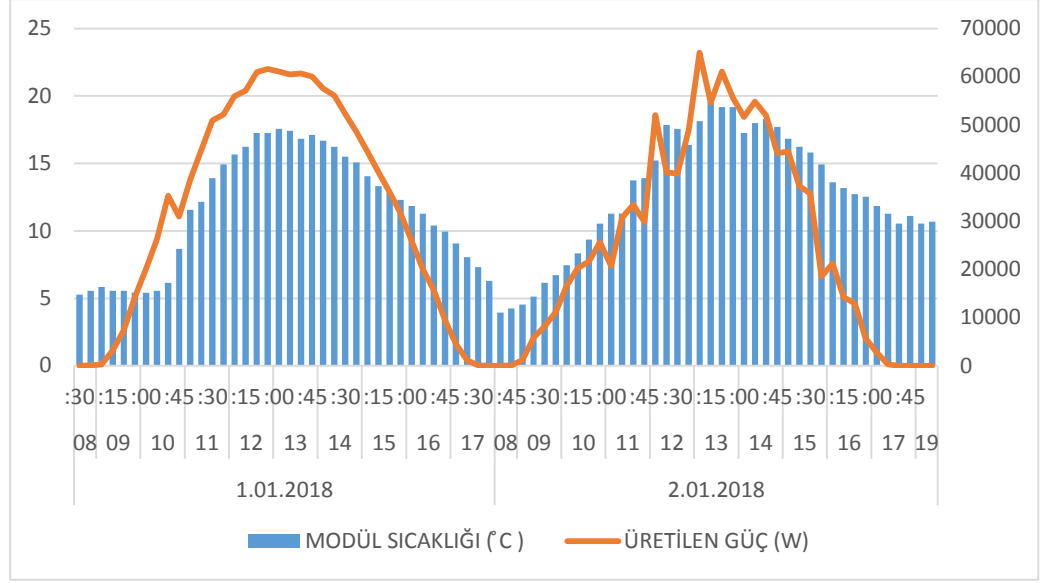
3.1.3.3 1-6 Ocak 2018 Panel Sıcaklığı ve Santral Üretim Değerleri



Şekil 3.21.1-6 Ocak Modül Sıcaklığı ve Santral Üretimi

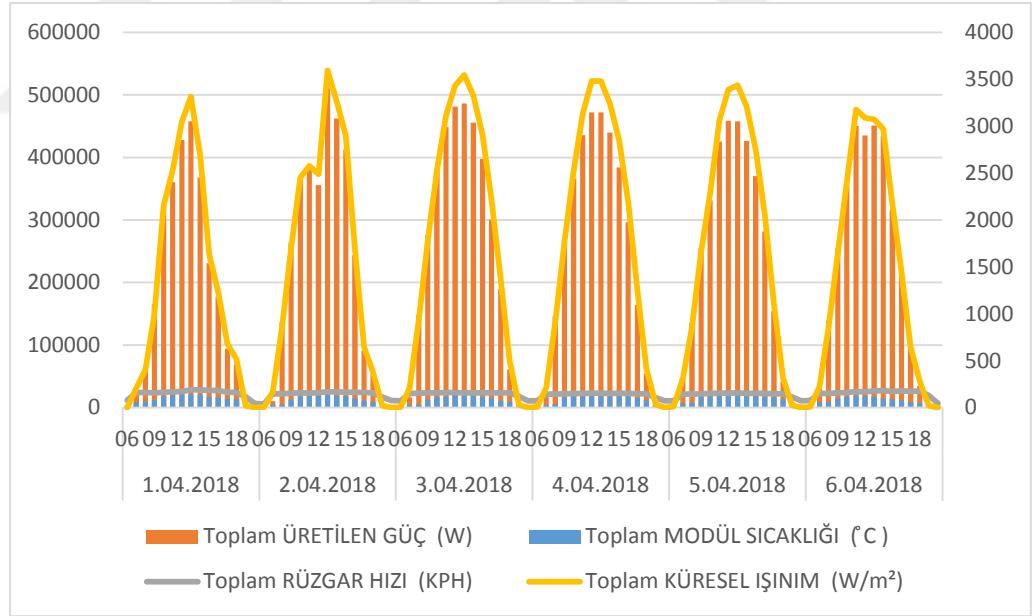
1-6 Ocak 2018 tarihleri arasında yapılan panel sıcaklığı ve üretim değerleri arasındaki grafikte günler arasındaki değişimlere bakıldığında panel sıcaklığı ile santral üretim değişikliklerinin benzerlik gösterdiği fakat 1-2 ocak arasındaki değişimlerdeki farklılıkların daha detaylı bir grafikte incelenmesi gerektiği sonucuna ulaşılabilir.

1-2 Ocak 2018 Tarihlerinde 78 adet anlık ölçüm verisi değerlendirilerek oluşturulan aşağıdaki grafikte modül sıcaklıklarının 2 günde de benzer tavır sergilediklerini fakat üretim değerlerinde değişimler olduğu gözlenmektedir. Buradan hareketle yüzeysel ortalamalarda panel sıcaklıkları ve üretim arasında bir bağlantı bulunmakta fakat anlık veriler incelendiğinde panel sıcaklıkları ani değişimlerde bulunmadığından üretim değerlerini etkilememektedir.



Şekil 3.22. 1-2 Ocak 2018 Modül Sıcaklığı ve Santral Üretimi.

3.1.4 1-6 Nisan 2018 Tarihleri Arası Haftalık Sistem Veri İncelemesi



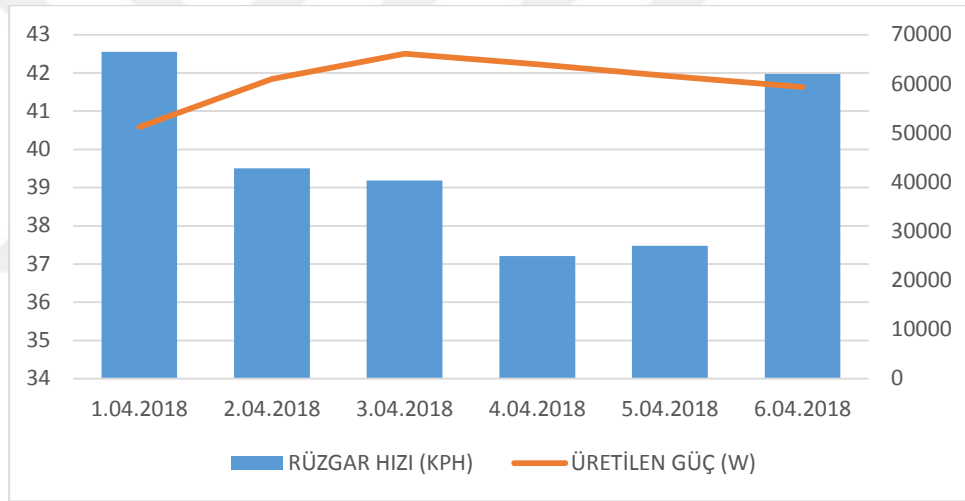
Şekil 3.23.1-6 Nisan Tarihleri Arası Yapılan Santral Ölçümleri.

Hidayet Türkoğlu Spor Kompleksi şebekeye bağlı çatı güneş santrali DC üretim güç verileri ile modül sıcaklığı, rüzgar hızı ve küresel ışınım değerlerinin ilkbahar aylarındaki veri analizini yapabilmek için örneklem olarak nisan ayının ilk hafta verileri kullanılmıştır. Grafikte 1-6 Nisan 2018

tarihleri arasında sistemin saatlik üretim gücü ve parametre ölçümleri verilmiştir.

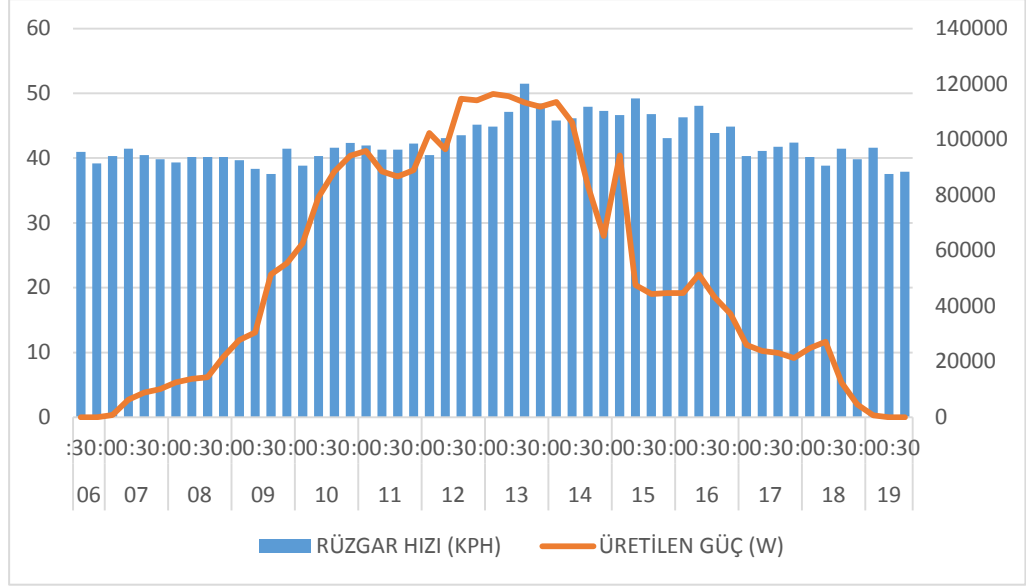
Hafta genelinde inceleme yapıldığında sistemin üretime 06:30 ve 07:00 saatleri arasında başladığı gözlenmektedir. Üretim saat 11:30 ve 15:00 saatleri arasında en yüksek noktalarına ulaşmakta olup, genel itibari ile 17:00 da son bulmaktadır. Buradan hareketle kış aylarında üretim saatlerinin 19:00 ve 19:30 saatleri arasındaki 13 saatlik dilimden oluştuğu varsayımında bulunulabilir.

3.1.4.1 1-6 Nisan 2018 Rüzgar Hızı ve Santral Üretim Değerleri



Şekil 3.24. 1-6 Nisan tarihleri Arasında Rüzgar Hızı ve Üretim Gücü.

1 ve 6 Nisan 2018 tarihleri arasında yapılan her 15 dk da bir anlık olarak alınan üretim gücü ve rüzgar hızının gün bazında ortalamaları alınarak yukarıdaki grafik hazırlanmıştır. Rüzgar hızı ve santral üretimi arasında bir ilişki olmadığı tekrardan bu ölçüm ile de desteklenmiştir.



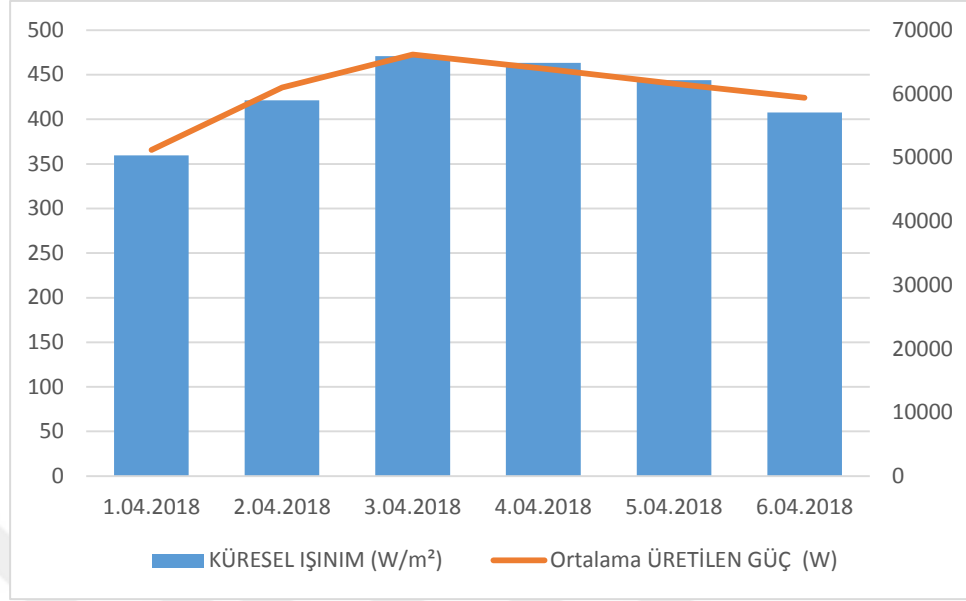
Şekil 3.25. 1 Nisan Tarihi Rüzgar Hızı ve Üretim Gücü İlişkisi.

Örnek olarak 1 Nisan tarihinde 06:30 ve 19:30 saatleri arasında yapılan incelemede rüzgar hızı ve sistem üretim verileri grafiksel olarak bazı noktalarda artan azalan olarak özdeş tavırda olsa da genel tablo itibari le üretimle rüzgar hızı arasında bir bağ gözlemlenememiştir.

Rüzgar hızının yapılan ölçümlerde görüldüğü üzere gün içinde değişken bir tavır sergilemektedir. Buna nazaran üretim gücü değişimler gösterse de saat 13:30'a kadar artış göstermiş olup, 19:30 itibari ile de son bulmuştur.

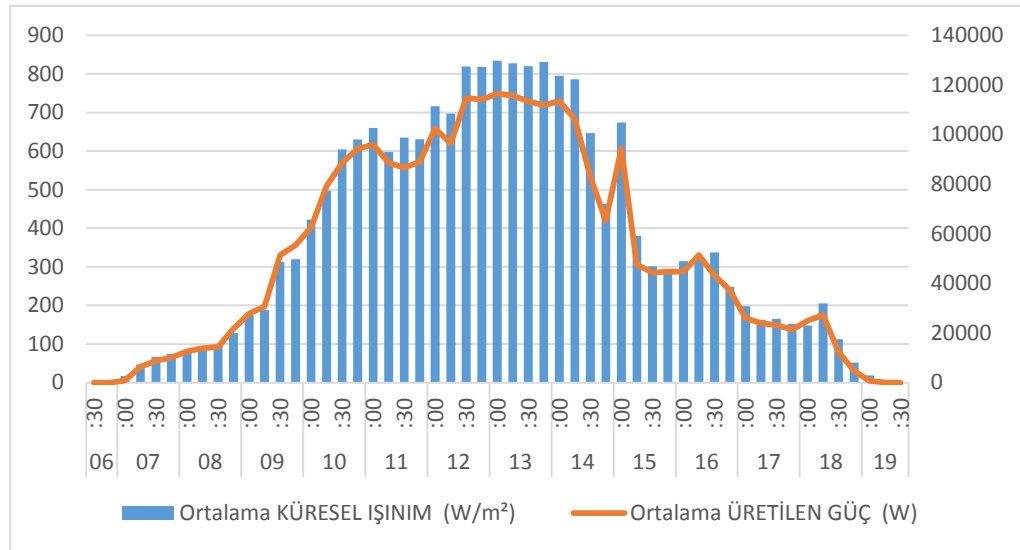
Sonuç olarak aylık ortalama ve günlük verilere bakılacak olur ise tezin bu aşamasında rüzgar hızı ve santral üretim gücü arasında ilkbahar ayları için bir bağ kurulamamıştır.

3.1.4.2 1-6 Nisan 2018 Küresel Işınım ve Santral Üretim Değerleri



Şekil 3.26. 1-6 Nisan 2018 Küresel Işınım ve Santral Üretimi.

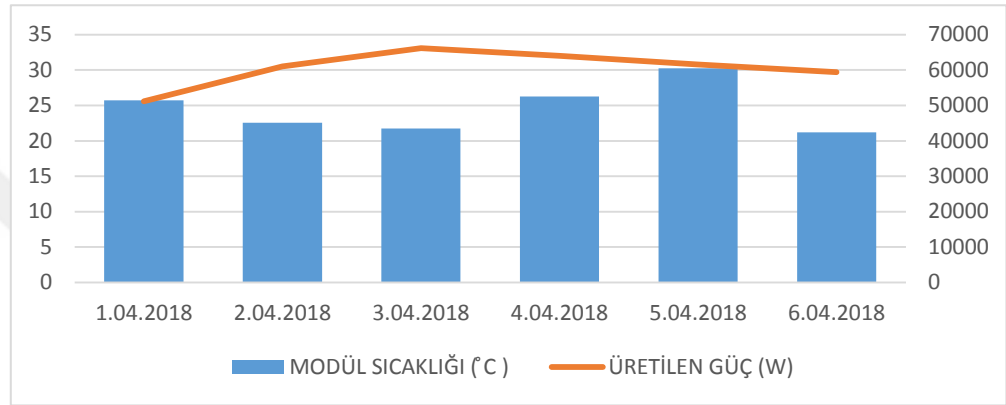
1-6 Nisan 2018 tarihleri arasında yapılan ölçümler sonucunda oluşturulan grafikte günlük ortalama küresel ışınım ve santral üretim değerleri verilmiştir. Bu grafikte bulunan değerlere bakıldığında küresel ışınımın artan azalan davranışları ile aynı doğrultuda üretim gücünün de arttığı söylenebilir. Ancak daha detaylı inceleme için 1 Nisan saatlik verileri üzerinde gidilecektir.



Şekil 3.27. 1 Nisan Tarihi Küresel Işınım ve Üretim Gücü İlişkisi.

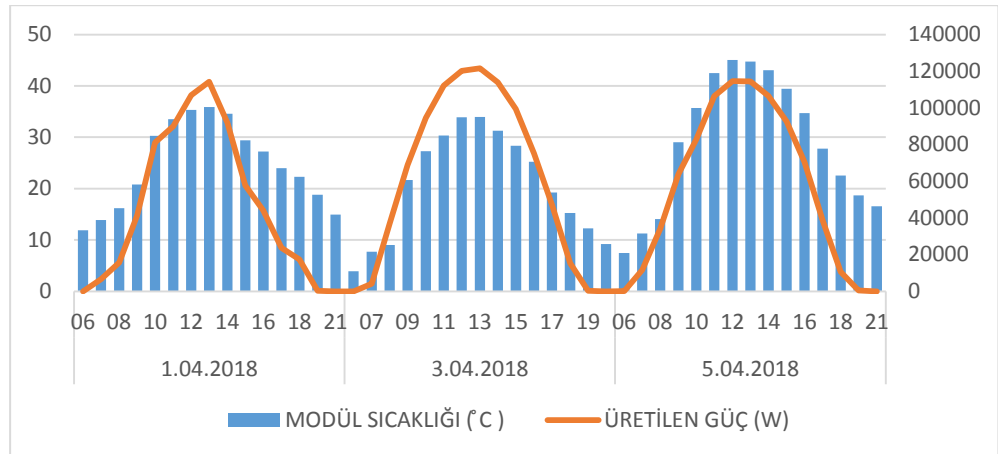
1 Nisan 2018 tarihinde yapılan ölçümlerde küresel ışınım değerlerinin saat 06:45 itibari ile küresel ışınım değerleri ile sistem üretim değerleri grafiksel olarak orantılı bir tavır sergilemektedir. Saat 14:30- 15:00 arasında meydana gelen ışınım değerlerindeki %58 oranındaki azalma üretim değerlerinde %42 oranında bir düşüş olarak gözlenmiştir.

3.1.4.3 1-6 Nisan 2018 Panel Sıcaklığı ve Santral Üretim Değerleri



Şekil 3.28. 1-6 Nisan Modül Sıcaklığı ve Santral Üretimi

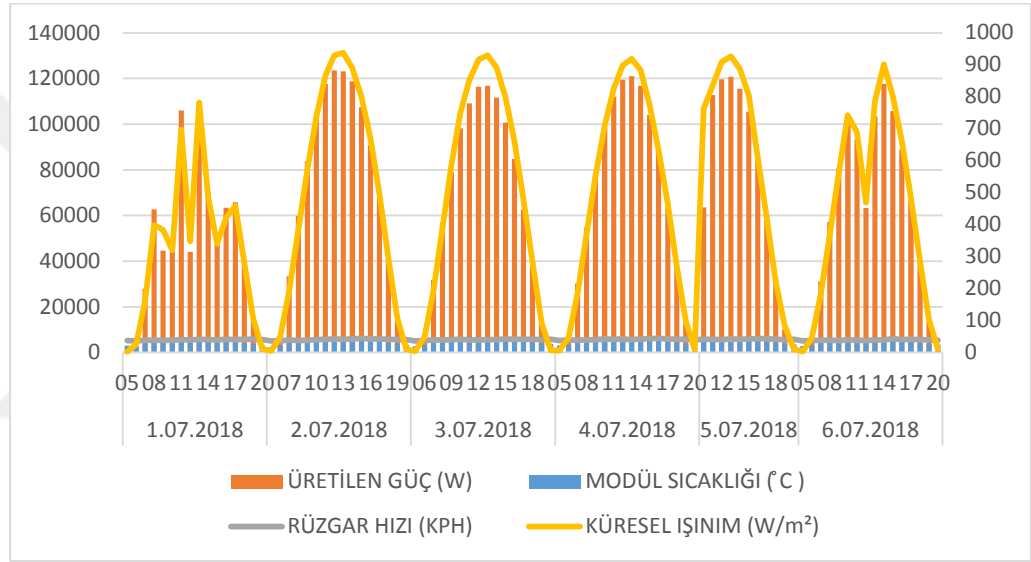
1-6 Nisan tarihleri arasında yapılan ölçümlerden elde edilen yukarıdaki grafikte modül sıcaklığı ile santral üretim değerleri arasında ters orantılı bir ilişki gözlenmiştir. 1, 3 ve 5 Nisan tarihlerinde yapılan ölçümler birbiri ile karşılaştırılarak daha detaylı bir inceleme yapılacaktır.



Şekil 3.29. 1-3-5 Nisan 2018 Modül Sıcaklığı ve Santral Üretimi.

1, 3 ve 5 Nisan 2018 tarihlerinde 164 ayrı zaman verisinde yapılan ölçümler sonucunda oluşturulan yukarıda verilen grafik incelendiğinde üretim değerleri gün içerisinde modül sıcaklık değişimleri ile doğru orantı göstermektedir. Günlük ortalama üretim değerleri ve panel sıcaklıkları alındığında günler arasındaki karşılaştırılmadan dolayı genel grafiklerde ters orantılı bir yapı gözlemlenmiştir.

3.1.5 1-6 Temmuz 2018 Tarihleri Arası Haftalık Sistem Veri İncelemesi



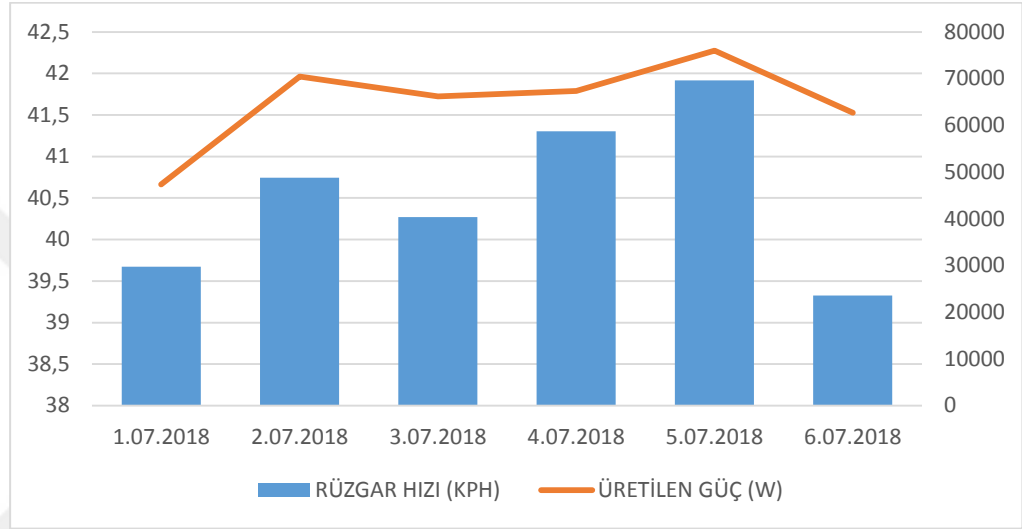
Şekil 3.30. 1-6 Temmuz Tarihleri Arası Yapılan Santral Ölçümleri.

Santral üretim güç verileri ile modül sıcaklığı, rüzgar hızı ve küresel ışınım değerlerinin yaz aylarındaki veri analizini yapabilmek için örneklem olarak Temmuz ayının ilk hafta verileri kullanılmıştır. Grafikte 1-6 Temmuz tarihleri arasında üretim gücü ve parametre ölçümleri verilmiştir. Grafik incelendiğinde Temmuz ayının ilk 6 gününde sistemin üretime başlamasından son bulmasına kadar geçen sürede her 15 dk da anlık ölçümler alınmıştır.

Hafta geneline bakıldığında sistemin üretime 05:00 ve 20:00 saatleri arasında başladığı gözlenmektedir. Üretim saat 10:00 ve 16:00 saatleri arasında yüksek verime ulaşmakta olup, genel itibari ile 20:30 dan sonra üretim verisi

alınmamıştır. Buradan hareketle yaz aylarında üretim saatlerinin 05:00 ve 21:00 saatleri arasındaki 16 saatlik dilimden oluştuğu varsayımında bulunulabilir. Detaylı olarak incelemek için üretimin 1 Temmuz tarihi üzerinden parametrelerle grafikler alınacaktır.

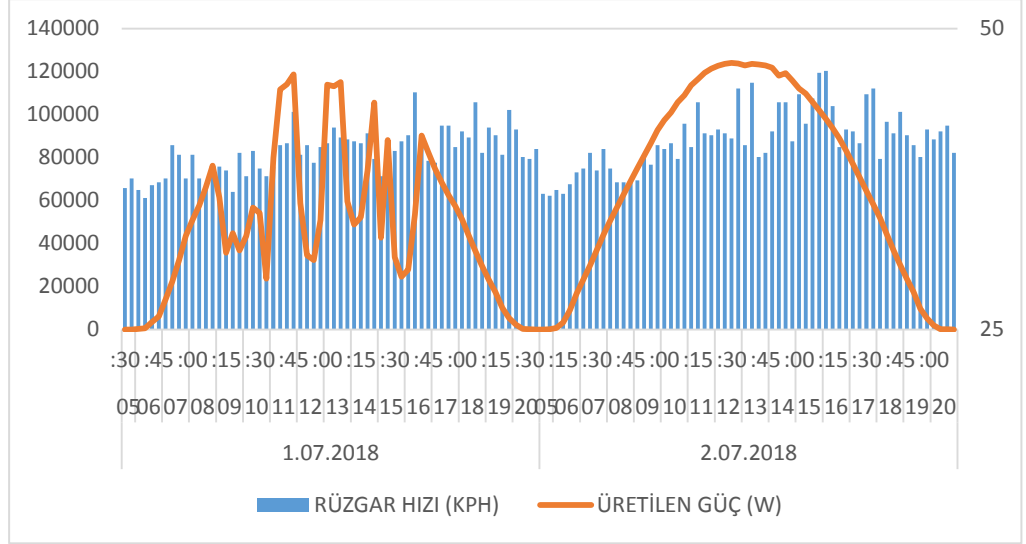
3.1.5.1 1-6 Temmuz 2018 Rüzgar Hızı ve Santral Üretim Değerleri



Şekil 3.31. 1-6 Temmuz tarihleri Arasında Rüzgar Hızı ve Üretim Gücü.

1 ve 6 Temmuz 2018 tarihleri arasında yapılan her 15 dk da gerçekleştirilen 350 farklı anda alınan üretim gücü ve rüzgar hızının gün bazında ortalamaları alınarak yukarıdaki grafik hazırlanmıştır.

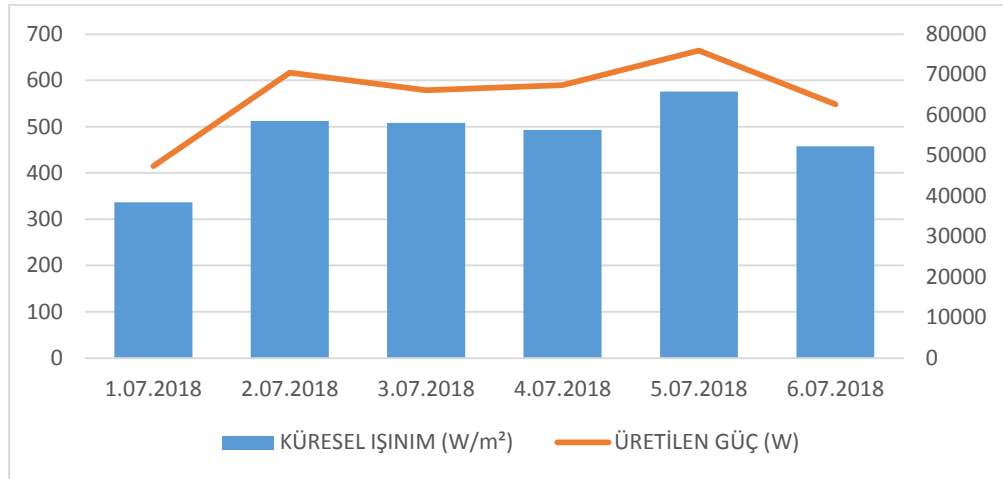
Rüzgar hızı ve santral üretimi arasında günlük ortalama değerlerle oluşturulan grafikte doğru orantılı bir yapı gözlemlenmiş fakat önceki incelemeler sırasında yapılan analizlerde bu şekilde bir sonuca ulaşılmadığından günlük veriler de de inceleme yapılacaktır.



Şekil 3.32. 1 Temmuz 2018 Tarihi Rüzgar Hızı ve Üretim Gücü.

Örnek olarak 1-2 Temmuz 2018 tarihinde yapılan ölçümler alınmıştır. Günlük detaylı ölçümler baz alındığında rüzgar ve üretim gücü arasındaki ilk grafikte elde edilen sonuçlar gözlenmemiştir.

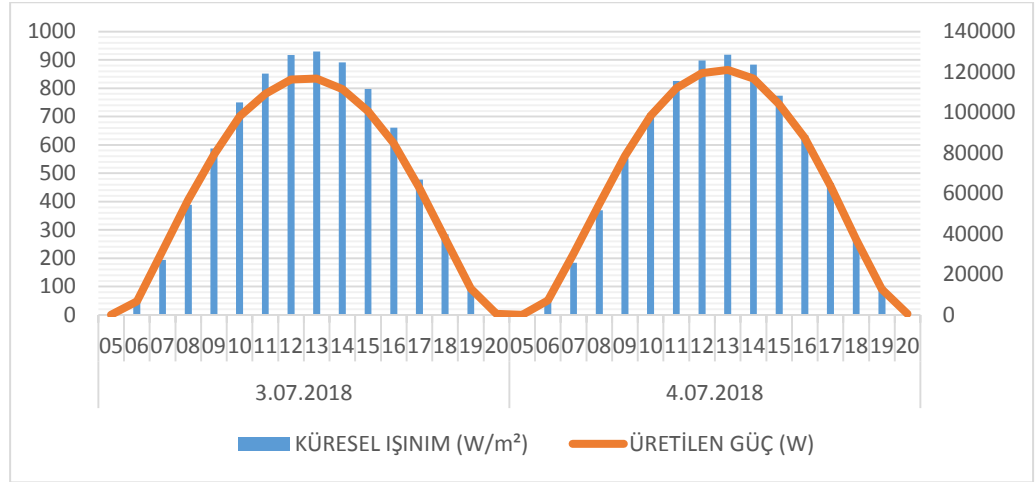
3.1.5.2 1-6 Temmuz 2018 Küresel Işınım ve Santral Üretim Değerleri



Şekil 3.33. 1-6 Temmuz Küresel Işınım ve Santral Üretimi.

1-6 Temmuz 2018 tarihleri arasında yapılan ölçümler sonucunda oluşturulan grafikte günlük ortalama küresel ışınım ve santral üretim değerleri verilmiştir. Bu grafik incelendiğinde 3-4 Temmuz tarihlerindeki küresel ışınım

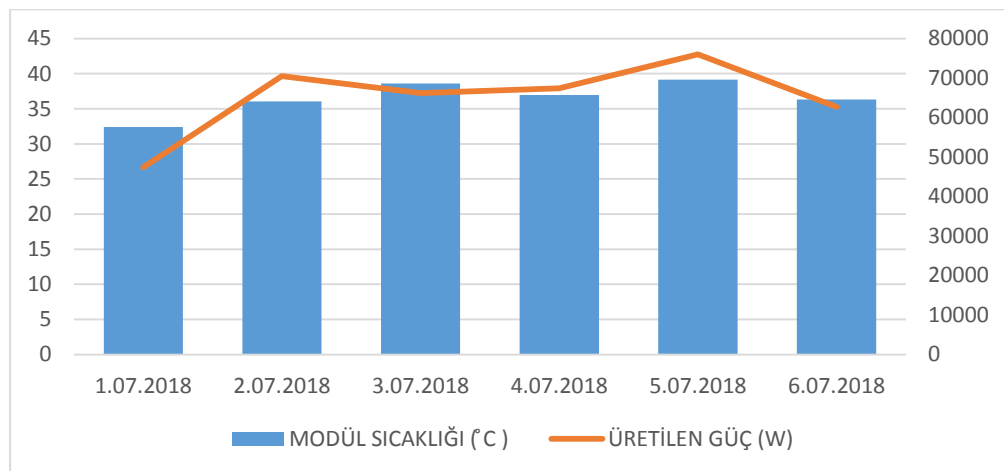
ve üretim gücü değerlerinin orantılı değişim içerisinde olmadığı görülmektedir.



Şekil 3.34. 3-4 Temmuz Tarihi Küresel Işınım ve Üretim Gücü İlişkisi.

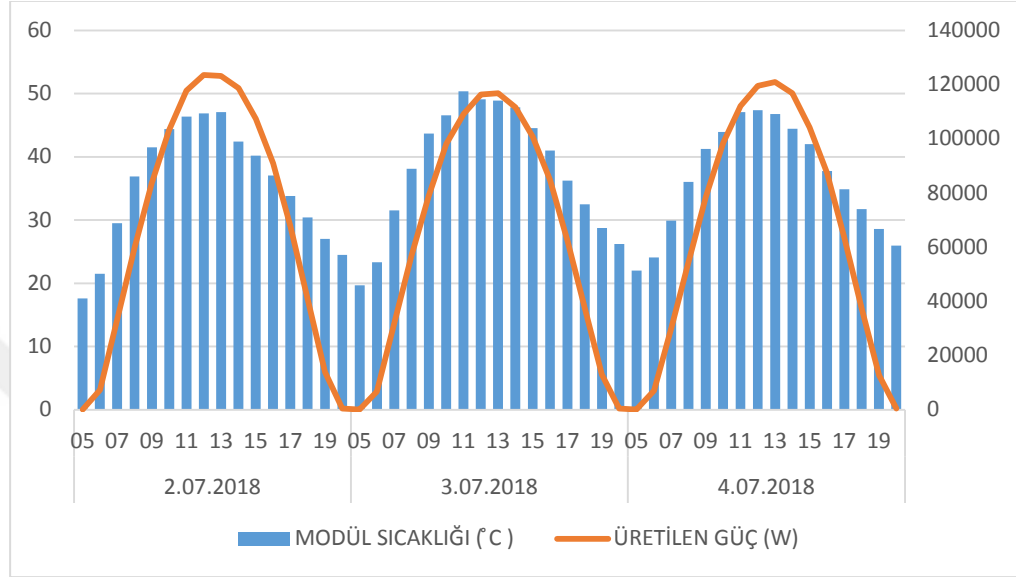
3- 4 Temmuz tarihlerinde yapılan 120 adet anlık ölçümlerle hazırlanan yukarıdaki tablo incelendiğinde grafiksel olarak artış ve azalmalar orantılı olsa da sayısal değerler incelendiğinde 3 temmuzdaki ışınımın 4 temmuz tarihindeki ışınımdan fazla olduğu fakat üretim değerlerinde bu durumun tam tersi gözlemlenmiştir.

3.1.5.3 1-6 Temmuz 2018 Panel Sıcaklığı ve Santral Üretim Değerleri



Şekil 3.35. 1-6 Temmuz Modül Sıcaklığı ve Santral Üretimi.

1-6 Temmuz tarihlerinde yapılan ölçümler günlük ortalamalar halinde grafiksel olarak gösterimi yapıldığında modül sıcaklığı ve santral üretim gücü arasında net bir ilişki gözlenmemiştir. Detaylı inceleme yapılabilmesi için 2, 3 ve Temmuz saatlik verileri karşılaştırılacaktır.



Şekil 3.36. 2-3-4 Temmuz 2018 Modül Sıcaklığı ve Santral Üretimi.

2, 3 ve 4 Temmuz 2018 tarihli 186 adet farklı anda ölçülen veriler incelendiğinde gün içindeki değerlere bakıldığında panel sıcaklıkları arttığında üretiminde artmakta olduğu, azaldığında ise üretimin de azaldığı gözlemlenmiştir. Ancak günler arasında karşılaştırma yapıldığında 2 Temmuz tarihinde panel sıcaklıklarının 3 Temmuz tarihine oranla daha düşük olduğu fakat üretimin daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Bu durumda panellerin belirli sıcaklık aralıklarında daha verimli çalıştığı sonucuna ulaşılabilir.

3.1.6 İBB Hidayet Türkoğlu Spor Kompleksi Çatı GES Elektriksel ve Manyetik Radyasyon Ölçümleri

Tezin bu bölümünde Hidayet Türkoğlu Spor Kompleksi GES ve ev ,iş ortamında maruz kalınan elektriksel ve manyetik radyasyon arasında

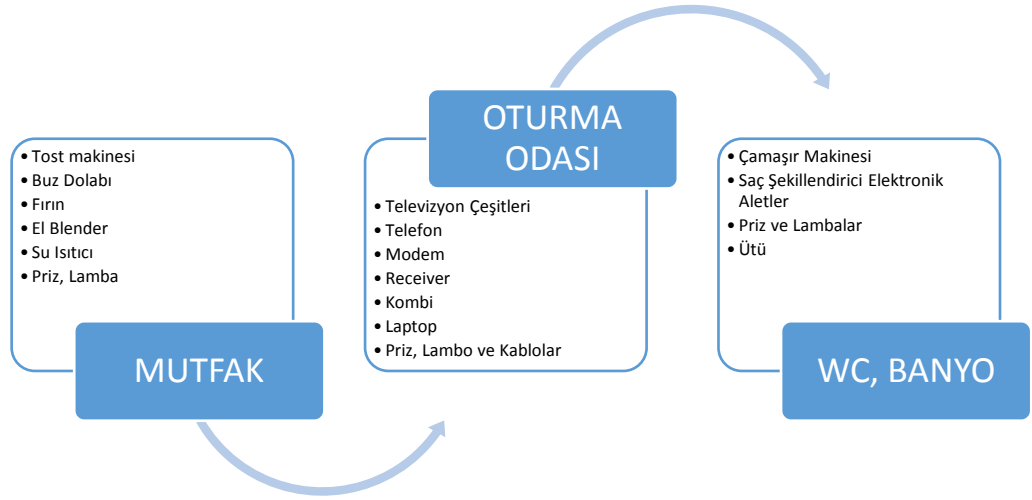
karşılaştırılma yapılacaktır. Bu karşılaştırma yapılırken ölçümlerde kullanılan aletin teknik özellikleri tablo 3.1 de verilmiştir.

Tablo 3.1 Elektromanyetik radyasyon Ölçer Özellikleri

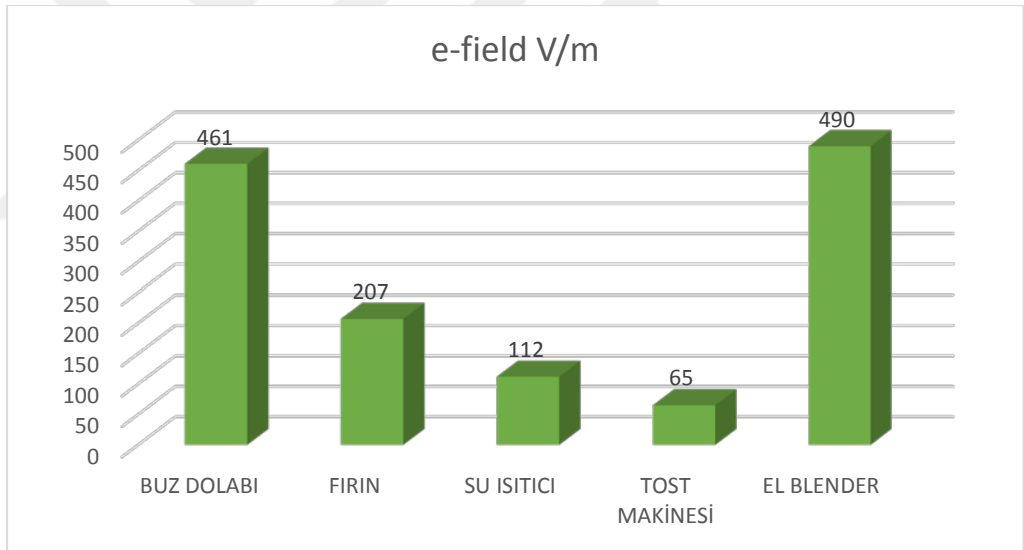
ÖZELLİKLER	AÇIKLAMA
Birim	V/M (elektrik alanı) μ T(manyetik alan)
Doğruluk	Elektrik: 1V/m Manyetik: 0.01 μ T
Aralık	Elektrik: 1-1999V/M, Manyetik: 0.01-19.99 μ T
Alarm Eşiği	Elektrik: 40v/M, Manyetik: 0.4 μ T:
Ekran	3-1/2 LCD ekran
Test bant genişliği	5Hz-3500MHz
Örnekleme Süresi	Yaklaşık. 0.4 saniye
Test Modu	Bimodule Senkron Testi
Aralık göstergesi üzerinde	LCD görüntüler "1"
Çalışma Sıcaklığı	0°C-50°C

3.1.6.1 Ev Ortamında Yapılan Elektriksel ve Manyetik Radyasyon Ölçümleri

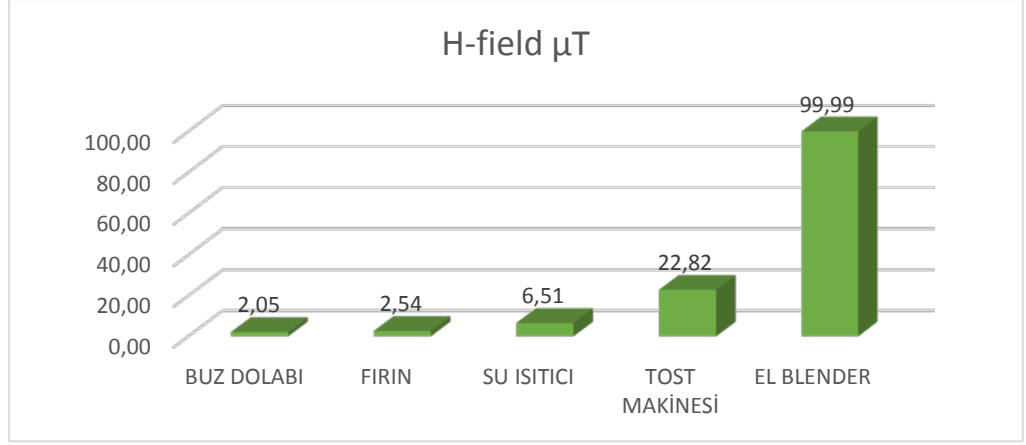
Ev ortamında yapılan radyasyon ölçülerini aşağıdaki tabloda verildiği gibi gruplandırabiliriz.



Şekil 3.37. Evsel Ortamda Yapılan Elektrik ve Manyetik Alan Ölçümleri



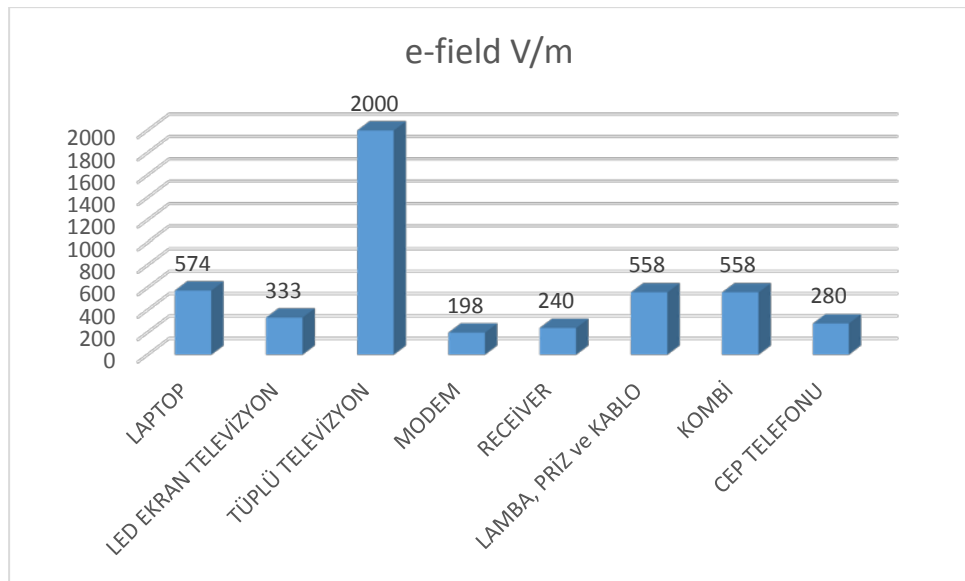
Şekil 3.38. Mutfakta Oluşabilecek Elektriksel Radyasyon.



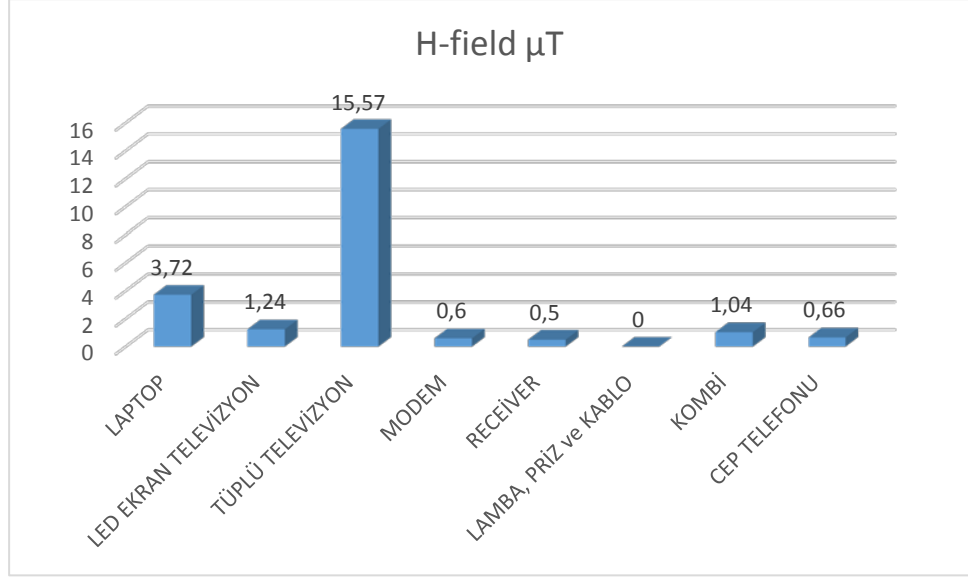
Şekil 3.39. Mutfakta Oluşabilecek Manyetik Radyasyon.

Evsel Alanda yapılan ölçümlerde bir mutfakta oluşabilecek elektriksel radyasyon miktarının en fazla olduğu nokta el blender mutfak aleti ve 490 V/m radyasyon yaymaktadır. En düşük elektriksel radyasyon ise 65 V/m ile tost makinesinde ölçülmüştür.

Manyetik radyasyonun mutfak içerisinde en yüksek manyetik reaksiyona sahip elektronik eşya 99,99 μT ile el blenderdır. En düşük manyetik radyasyon ise buzdolabı üzerinde 2,05 μT olarak ölçülmüştür.



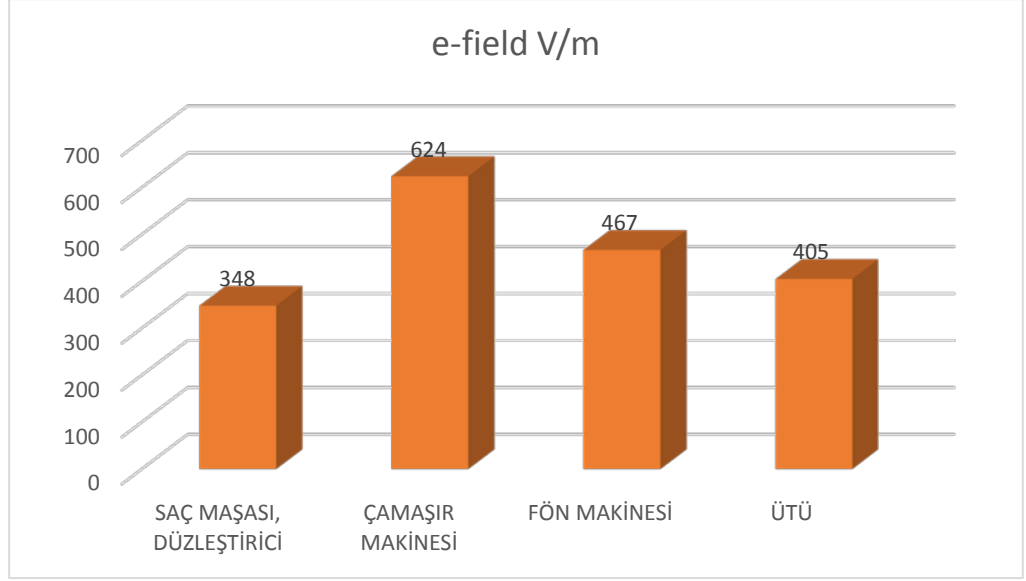
Şekil 3.40. Oturma Odasında Oluşabilecek Elektriksel Radyasyon.



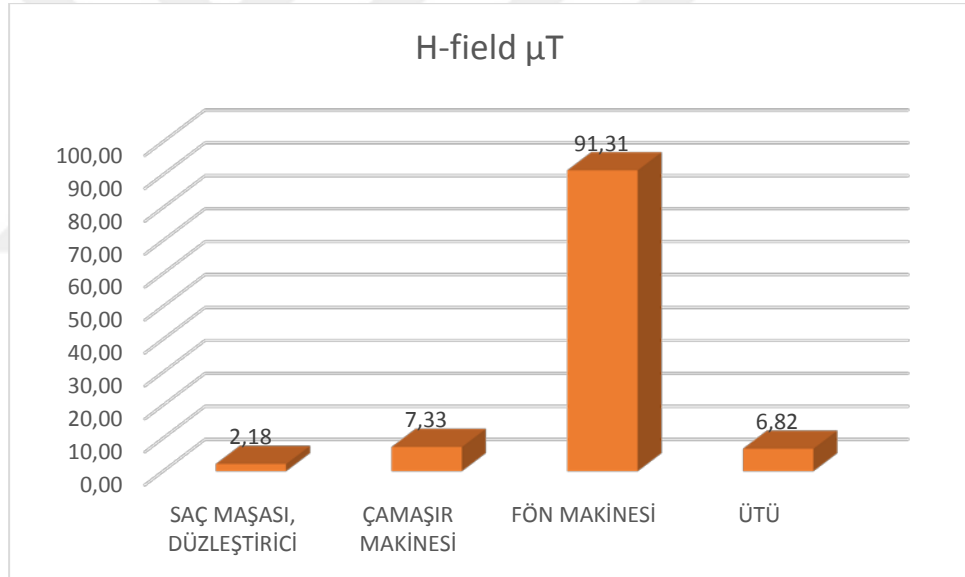
Şekil 3.41. Oturma Odasında Oluşabilecek Manyetik Radyasyon.

Evsel Alanda yapılan ölçümlerde bir oturma odasında oluşabilecek elektriksel radyasyon miktarının en fazla olduğu nokta tüplü televizyonlar üzerinde 2000 V/m olarak gözlemlenmiştir. En düşük elektriksel radyasyon ise 195 V/m ile receiver elektronik eşyasında ölçülmüştür.

Manyetik radyasyonun oturma odası içerisinde en yüksek manyetik reaksiyona sahip elektronik eşya 15,57 μT ile tüplü televizyonlardır. LED ekran televizyonlar 1,24 μT değerinde ölçülmüş olup tüplü televizyonlarla karşılaştırıldığında radyasyon yayma bakımından oldukça düşük bir değere sahiptir. En düşük manyetik radyasyon ise elektriksel radyasyon değerlerinde olduğu gibi receiver üzerinde 0,5 μT olarak ölçülmüştür.



Şekil 3.42. Banyo- WC Oluşabilecek Elektriksel Radyasyon.



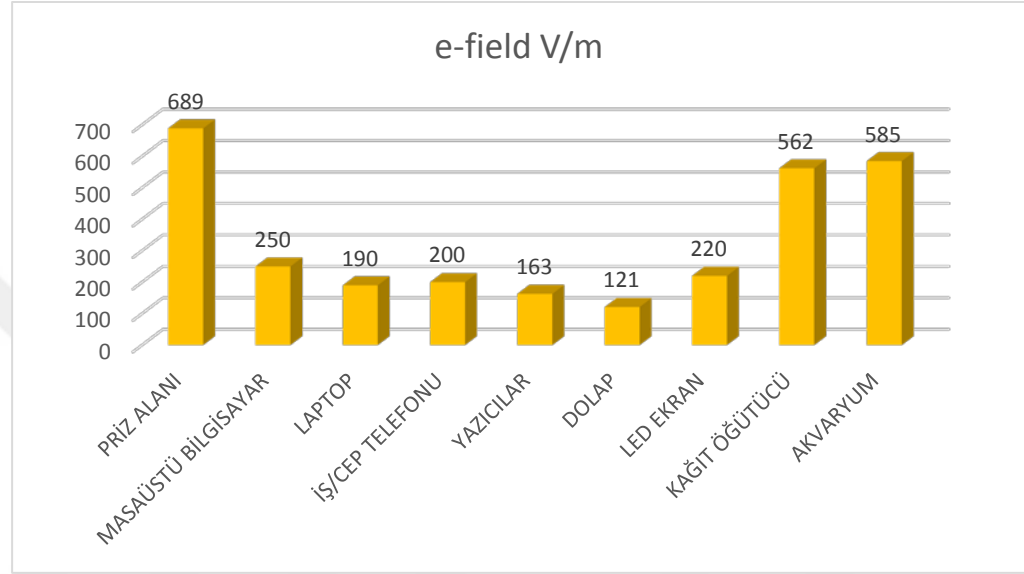
Şekil 3.43. Banyo-WC Oluşabilecek Manyetik Radyasyon.

Evsel Alanda yapılan ölçümlerde bir banyo-wc alanında oluşabilecek elektriksel radyasyon miktarının en fazla olduğu elektronik eşya 624 V/m ile çamaşır makinesidir. En düşük elektriksel radyasyon ise 348 V/m ile saç maşası üzerinde ölçülmüştür.

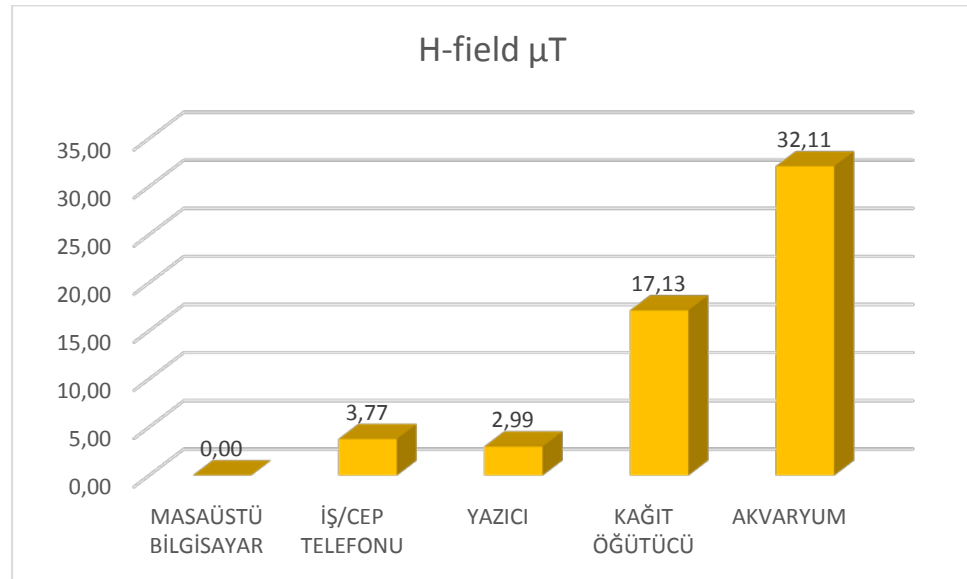
Manyetik radyasyonun banyo-wc içerisinde en yüksek manyetik reaksiyona sahip elektronik eşya 91,31 µT ile fön makinesidir. En düşük

manyetik radyasyon ise elektriksel radyasyon değerlerinde olduğu gibi saç maşası üzerinde 2,18 μ T olarak ölçülmüştür.

3.1.6.2 İş Ortamında Yapılan Elektriksel ve Manyetik Radyasyon Ölçümleri



Şekil 3.44. İş Ortamında Oluşabilecek Elektriksel Radyasyon.

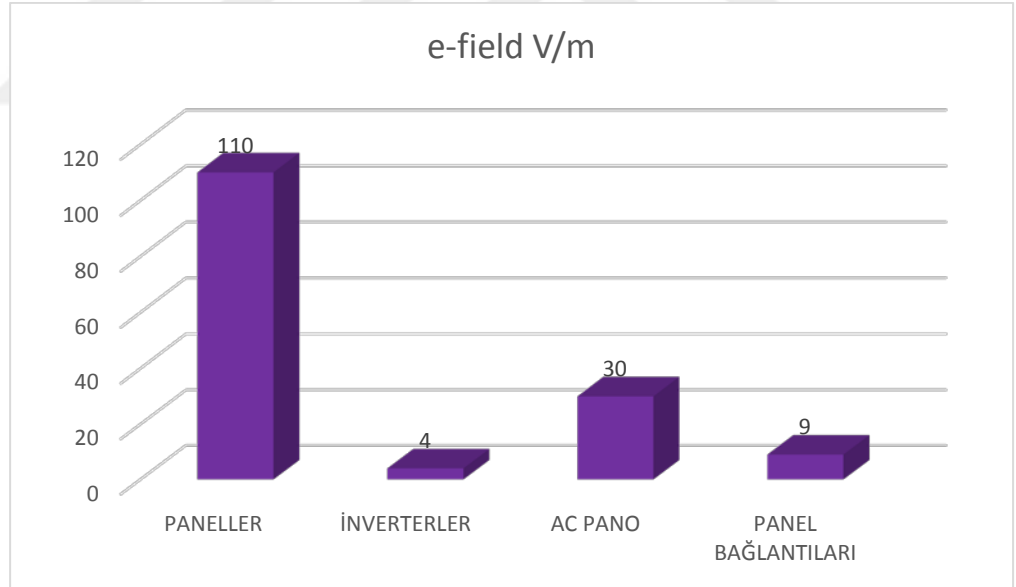


Şekil 3.45. İş Ortamında Oluşabilecek Manyetik Radyasyon.

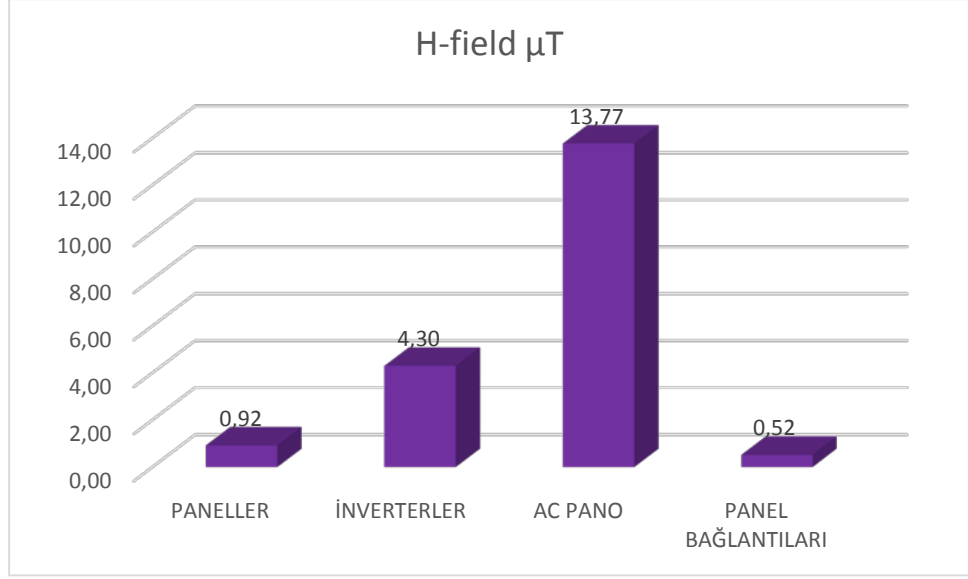
İş ortamında yapılan ölçümlerde oluşabilecek elektriksel radyasyon değerinin en yüksek ölçüldüğü nokta priz alanlarıdır ve 689 V/m miktarında bir değer ölçülmüştür. Akvaryum çevresi ise 689 V/m elektriksel alan ölçüm değeri ile diğer bir yüksek noktadır En düşük değer 121 V/m olarak mini buz dolabında gözlemlenmiştir.

Manyetik radyasyonun iş ortamında ölçülmesi sonucunda akvaryum alanında en yüksek değer olan 32,11 μ T değeri elde edilmiştir. Kağıt öğütücüler ise akvaryumdan sonra 17,13 μ T ile diğer bir yüksek manyetik radyasyona sahip ofis eşyasıdır.

3.1.6.3 İBB Hidayet Türkoğlu Spor Kompleksi Çatı GES Yapılan Elektriksel ve Manyetik Radyasyon Ölçümleri



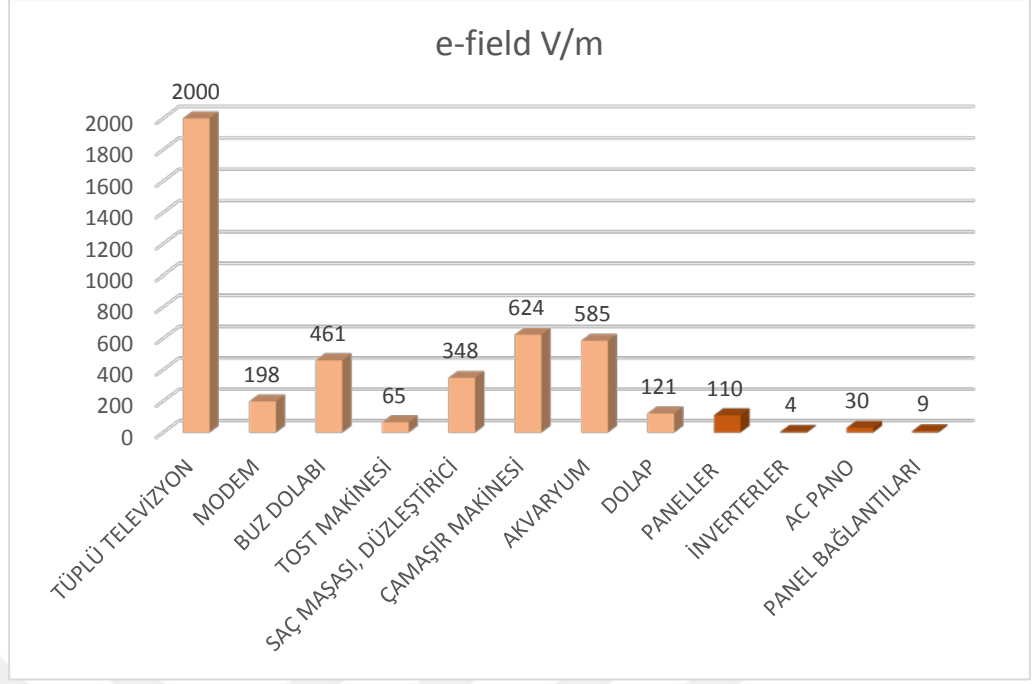
Şekil 3.46. GES Oluşabilecek Elektriksel Radyasyon.



Şekil 3.47. GES Oluşabilecek Manyetik Radyasyon.

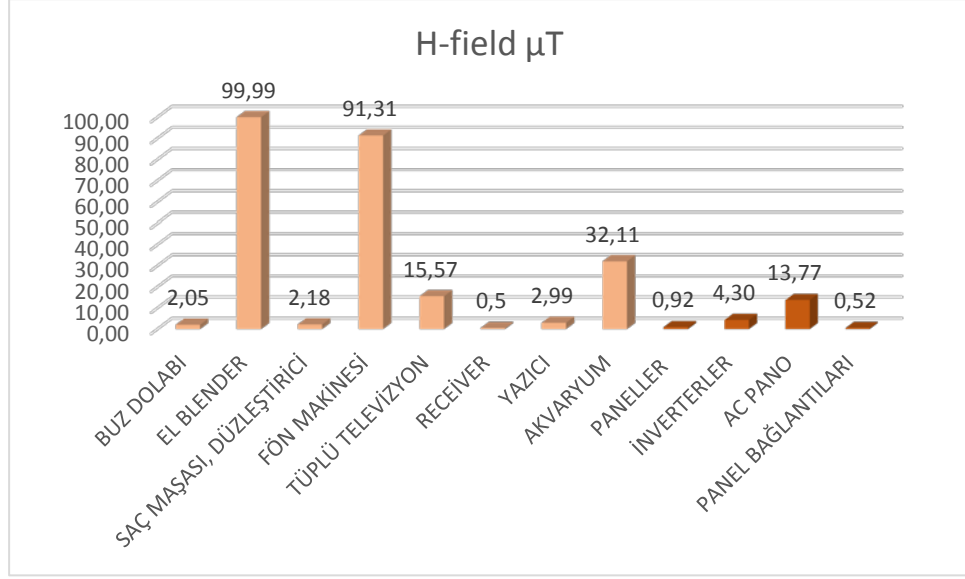
İBB Hidayet Türkoğlu Spor Kompleksi GES 'inde yapılan ölçümlerde en yüksek oluşabilecek elektriksel radyasyon değeri 110 V/m 'dir ve güneş panelleri üzerinden ölçülmüştür.

Manyetik radyasyonun santral alanında yapılan ölçümlerde en yüksek değeri 13,77 μT 'dir ve AC pano alanında ölçülmüştür.



Şekil 3.48. Santral ve Çeşitli Elektronik Aletlerin Elektriksel Radyasyon Yönünden Karşılaştırılması.

Ev, iş ortamında yapılan elektriksel radyasyon ölçümlerinde en yüksek ve en düşük elektriksel radyasyon değerlerine sahip elektronik cihazlar ve santral alanının belirli noktalarında yapılan ölçümler Şekil 3.48 de verilmiştir. Bu grafik değerlendirilecek olursa GES' nde yapılan ölçümlerde en yüksek değere sahip olan solar panel alanı üzerinde ölçülen 110 V/m değerinin, tost makinesi üzerinde ölçülen 65 V/m değeri haricinde bulunan tüm değerlerden daha düşük olduğu saptanmıştır. Bu veriler ile güneş enerjisi santrallerinde bulunan elektriksel radyasyonun günlük yaşantıda elektronik cihazlar tarafından maruz kalınabilecek değerlerin altında olduğu gözlenmiştir.



Şekil 3.49. Santral ve Çeşitli Elektronik Aletlerin Manyetik Radyasyon Yönünden Karşılaştırılması.

Ev, iş ortamında yapılan elektriksel radyasyon ölçümlerinde en yüksek ve en düşük manyetik radyasyon değerlerine sahip elektronik cihazlar ve santral alanının belirli noktalarında yapılan ölçümler Şekil 3.49 da verilmiştir. Bu grafik değerlendirilecek olursa GES’ nde yapılan ölçümlerde en yüksek değere sahip alan AC pano alanı üzerinde ölçülen 13,77 μT ve inverter alanında ölçülen 4,30 μT değerlerinin diğer ortamlarda yapılan ölçümlerin en yüksek ve en düşük değerleri arasında bulunduğu gözlemlenmiştir.

Hidayet Türkoğlu Spor Kompleksi Çatı GES ‘de yapılan ölçümlerde karşılaşılan sonuçlar diğer ortamlara göre oldukça düşük olmakla beraber ölçümün açık alanda yapılması ve santralin her bölgesinden topraklama hatlarının geçiyor oluşu bu değerlerde büyük etki yaratmaktadır.



Şekil 3.50. Hidayet Türkoğlu Spor Kompleksi atı GES



Şekil 3.51. Santral İnverter Bölümü

SONUÇ

Teknolojideki hızlı gelişmelerin sanayide ve endüstride meydana getirdiği çevre kirliliği ve anormal derecedeki enerji ihtiyacı yenilenebilir enerjileri mutlak gerekli kılmaktadır.

Gelişen teknolojiler, yerküreyi küresel bir köy haline getirmiştir. Gerek ekonomik ilişkilerin uluslararası düzeydeki yoğunluğu ile beraber yürüyen çevre kirliliği bölgesel olmaktan çıkıp küresel boyuta taşınmıştır. Bu nedenle, hızla ilerleyen ekonomiğe ayak uydurmaya çalışan ülkemizde, yenilenebilir enerjiye olan ihtiyaca dikkat çekmek amacıyla güneş enerji sistemine bu tez çalışmasına yer verilmiştir. Bunun yanı sıra, teknolojik yeniliklerin, yaşam alanlarında, çalışma bölgelerinde ve endüstriyel ortamlarda yarattığı elektromanyetik kirlilik ile ilgili ölçümler yapılmıştır.

Tez çalışmasında faaliyette olan bir santral olarak İstanbul Büyükşehir Belediyesi Hidayet Türkoğlu Spor Kompleksi Çatı Güneş Enerji Santrali'nden 1 Yıllık gerçek sistem verileri alınarak; şebekeye bağlı (ONGRİD) gerçek sistem verileri, ışınım, sıcaklık, rüzgar hızı verileri ışığında sistemsel çıktılar halinde analiz edilmiştir. Yapılan analiz Ekim 2017 ve Haziran 2018 tarihleri arasında alınan tüm sistemsel verilerin grafiksel boyuta dönüştürülerek yorumlanmasını kapsamaktadır.

Elektromanyetik kirlilik ile ilgili ise ilk olarak yaşam alanlarını kaplayan ve radyasyon özelliği olan cihazların yarattığı elektrik alanlar ve manyetik alanlar ile ilgili ölçümler yapılmıştır. Daha sonra, işyeri ortamında radyasyon etkisi yapan işyeri cihaz ve sistemlerinin elektrik alanları ve manyetik alanları ölçülmüştür. Buna ilave olarak kullanılan bir güneş enerji santrali olarak sistemsel analizi de yapılmış olan İBB Hidayet Türkoğlu Spor Kompleksi Santrali'nde de santralin çeşitli noktalarında ölçümler yapılarak; bu ölçüm senaryoları sonucu elde edilen sistemin elektriksel ve manyetik alanlar

hesaplanmıştır. Ölçülen değerler ışığında çeşitli grafikler çıkartılarak bir radyasyon verileri birbirleri ile karşılaştırılmış ve değerlendirmeler yapılmıştır.

Sonuç olarak bu tez çalışması ile birlikte güneş santrallerinde gerçek sistemlere etki eden faktörlerin saatlik, günlük, haftalık, aylık, mevsimlik ve yıllık incelemesini, santrallerin radyasyon değerlerinin bir insanının bir gün içerisinde maruz kalabileceği radyasyon senaryoları ile karşılaştırılmasını grafiksel olarak ifade ederek analizi yapılmıştır.



KAYNAKÇA

Camacho, F. E., Manuel, B., Rubio, R. F., & Martinez, D. (2012). Control of Solar Energy Systems. New York, USA: Springer-Verlag London Limited.

Karamanav, M. (2007). Güneş Enerjisi Ve Güneş Pilleri, Yüksek Lisans Tezi, Mayıs, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.

Kınay, (2008). Güneş Pilleri (Fotovoltaik Piller) Yenilenebilir Enerji Ders Notları, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Kılıç, F. Ç. 2015. “Güneş Enerjisi, Türkiye’deki Son Durumu ve Üretim Teknolojileri,” Mühendis ve Makina, cilt 56, sayı 671, s. 28-40.

Nida NURBAY, Ali ÇINAR. Rüzgar Türbinlerinin Çeşitleri ve Birbirleriyle Karşılaştırılması, Kocaeli Üniversitesi Makine Eğitimi Bölümü Umuttepe Yerleşkesi, Kocaeli.

(ETKB) “2017 yılı Bütçe Sunumu”, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Strateji Geliştirme Başkanlığı, 8 Aralık 2016.

Arkan I. ISMAEL, (2012). Monokristal Güneş Pili Sistemlerinde Enerji Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü.

Hüseyin C. (2015) “Amorf Silikon P-İ-N Güneş Piliinde Fototaşyıcı Rekombinasyon Kinetiği”, Mersin Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü.

Karagöl, Kavaz, (2017) Dünyada ve Türkiyede Yenilenebilir Enerji, Siyaset, Ekonomi ve Toplum Araştırmaları Vakfı, Analiz Nisan 2017.

Fatih UYAR, (2016) Enerji Beş Temiz Enerji Portalı “Solar Panel Çeşitleri”

Ekolojist, (2017). Tarihsel Süreçte Güneş Enerjisi, Ekolojist.net , 3 Eylül 2017.

Gündergi, (2018). “Ülkemiz Solar Enerji Sektörünün Durum Değerlendirmesi”m Gündergi Yıl:4 Sayı:11 Mart 2018.

Oktik, Ş., 2001, Güneş-Elektrik Dönüşümleri Fotovoltaik Güneş Gözeleri ve Güç Sistemleri, Temiz Enerji Vakfı Yayınları, Ankara.

Pearsall, N.M., Hill, R., 2001, “Photovoltaics modules, system and applications”, Clean Electricity From Photovoltaics, Sydney.

Alkan S., Öztürk A., Zavrak S., Tosun S., Avcı E., (2014) Eleco Elektrik-Elektronik, Bilgisayar ve Biyomedikal Mühendisliği Sempozyumu, 27 – 29 Kasım 2014, Bursa.

Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik, Resmi Gazete, Sayı 28783, Ekim 2013.

Kandemir Ç. Bayrak M. "Fotovoltaik Simler Şebekeye Bağlı Olduğunda Oluşan Sorunlar" Sakarya Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

Gülgün, R. (2009). Güç Elektroniđi. İstanbul, Türkiye: Yıldız Teknik Üniversitesi Basım Yayın Merkezi.

Quaschnig, V. (2005), “Understanding Renewable Energy Systems”,Canada.

Deniz, E. (2013), “ Güneş Enerji Sanrallerinde Kayıplar” III. Elektrik Tesisat Ulusal Kongre ve Sergisi Bildirileri.



EKLER

EK 1 : Özgeçmiş



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

ADI VE SOYADI : Defne OĞUZ
DOĞUM YERİ VE TARİHİ : Antalya 11/06/1992
MEDENİ HALİ : Bekar
E-MAİL : defneou@gmail.com
ADRES (EV) : Tevfikbey Mahallesi Eravutmuş Sokak
No:8 Daire:7 Küçükçekmece/İSTANBUL
ADRES (İŞ) : Halkalı Merkez Mahallesi Turgut Özal
Bulvarı No:10 Küçükçekmece Belediyesi Fen İşleri Müdürlüğü
Küçükçekmece/İSTANBUL
TELEFON : 05546583272

EĞİTİM DURUMU

2016 – 2018 : İstanbul Arel Üniversitesi Fen Bilimleri
Enstitüsü Elektrik-Elektronik Yüksek Lisans
2011 – 2015 : Beykent Üniversitesi Elektronik ve
Haberleşme Mühendisliği Lisans

YABANCI DİL

İngilizce

Almanca

İŞ TECRÜBESİ

2016- : Küçükçekmece Belediyesi Fen İşleri Müdürlüğü