



YENİ NESİL GÜNEŞ PANELLERİNİN ÜLKEMİZDE GERİ ÖDEME SÜRESİNE ETKİSİ

**2022
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ**

Zekeriya ŞAHAN

**Tez Danışmanı
Prof. Dr. İlhan CEYLAN**

**YENİ NESİL GÜNEŞ PANELLERİNİN ÜLKEMİZDE GERİ ÖDEME
SÜRESİNE ETKİSİ**

Zekeriya ŞAHAN

**Tez Danışmanı
Prof. Dr. İlhan CEYLAN**

T.C.

Karabük Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalında

Yüksek Lisans Tezi

Olarak Hazırlanmıştır

KARABÜK

Aralık 2022

Zekeriya ŞAHAN tarafından hazırlanan “YENİ NESİL GÜNEŞ PANELLERİNİN ÜLKEMİZDE GERİ ÖDEME SÜRESİNE ETKİSİ ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. İlhan CEYLAN

.....

Tez Danışmanı, Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından Oy Birliği ile Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 23/12/2022

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Doç. Dr. Ali Etem GÜREL (DÜ)

.....

Üye : Prof. Dr. İlhan CEYLAN (KBÜ)

.....

Üye : Doç. Dr. Alper ERGÜN (KBÜ)

.....

KBÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Doç. Dr. Müslüm KUZU

.....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü



“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Zekeriya ŞAHAN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

YENİ NESİL GÜNEŞ PANELLERİNİN ÜLKEMİZDE GERİ ÖDEME SÜRESİNE ETKİSİ

Zekeriya ŞAHAN

Karabük Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Prof. Dr. İlhan CEYLAN

Aralık 2022, 119 sayfa

Ülkemiz, dünya üzerinde 36° - 42° kuzey enlemleri ile 26° - 45° doğu boylamları arasında yer almakta ve birçok ülkeye göre güneş enerjisi potansiyeli bakımından sonra derece şanslıdır. Bu tez çalışmasında yeni nesil güneş panellerinin ülkemizde geri ödeme süresine olan etkileri incelenmiştir. 2 MWh'lik kurulu güce sahip bir güneş enerjisi santralının farklı şehirlerdeki potansiyelleri incelenmiştir. 20 Haziran 2022 tarihinde yapılan piyasa fiyat araştırmasına göre, 2MWh'lik bir tesisin ortalama maliyeti 1.300.000 \$'dır. 2 MWh'lik kurulu güce sahip bir güneş enerjisi santrali için 4357 adet HulfCut monokristal 545 W güneş paneline ihtiyaç duyulmaktadır. Yapılan analiz neticesinde Karabük'te 5.03 yıl, Konya ili Hadım ilçesinde 4.09 yıl, Hatay'da 4.48 yıl, Van ili Saray ilçesinde 4.17 yıl, Denizli ili Çameli ilçesinde 4.16 yıl, Muğla ili Fethiye ilçesinde 4.15 yıl, Mersin ili Erdemli ilçesinde 4.19 yıl ve Karaman'da 4.15 yıl geri ödeme süresinin olduğu belirlenmiştir. Bu bağlamda seçilen şehirler arasında en iyi değere sahip bölgenin Konya bölgesi olduğu söylenebilir. Ayrıca Van ili Saray

ilçesi, Mersin ili Erdemli ilçesi, Muğla ili Fethiye ilçesi, Denizli ili Çameli ilçesi ve Karaman'da hemen hemen aynı geri ödeme süresi olduğu belirlenmiştir. Fakat bu değerlerin yanı sıra, tozlanma, bakım, yağış miktarı, kar, sıcaklık/soğukluk, devlet destekleri vb. gibi etmenlerinde önemli olduğu göz ardı edilmemelidir.

Anahtar Sözcükler : Güneş paneli, geri ödeme süresi, monokristal güneş paneli.

Bilim Kodu : 92802



ABSTRACT

M. Sc. Thesis

THE EFFECT OF NEW GENERATION SOLAR PANELS ON PAYBACK TIME IN OUR COUNTRY

Zekeriya ŞAHAN

**Karabük University
Institute of Graduate Programs
Department of Enerjy Systems Engineering**

Thesis Advisor:

Prof. Dr. İlhan CEYLAN

December 2022, 119 pages

Our country is located between 36°-42° north latitudes and 26°-45° east longitudes in the world, and according to many countries, it is extremely lucky in terms of solar energy potential. In this thesis, the effects of new generation solar panels on the payback period in our country were examined. In this study, the potentials of a solar power plant with an installed power of 2 MWh in different cities are examined. According to the market price survey conducted on 20 June 2022, the average cost of a 2MWh plant is \$1,795,000. For a solar power plant with an installed capacity of 2 MWh, 7130 monocrystalline 330 W solar panels are needed. As a result of the analysis, 5.03 years in Karabük, 4.09 years in Konya province Hadım district, 4.48 years in Hatay, 4.17 years in Van province Saray district, 4.16 years in Denizli province Çameli district, Muğla province Fethiye district It has been determined that the payback period is 4.15 years, 4.19 years in Erdemli district of Mersin and 4.15 years in Karaman.

In this context, the region with the best value among the selected cities is the Konya region. In addition, it has been determined that almost the same payback period is observed in Saray district of Van province, Erdemli district of Mersin province, Fethiye district of Muğla province, Çameli district of Denizli province and Karaman. However, in addition to these values, it should not be ignored that factors such as pollution, maintenance, amount of precipitation, snow, temperature/coldness, government supports and the like are also important.

Key Word : Solar panel, payback period, monocrystalline solar panel.

Science Code : 92802



TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalışmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren sayın hocam Prof. Dr. İlhan CEYLAN'a ve aynı zamanda tez süresince manevi desteğiyle yanımda olan Yasemin ŞAHAN ve Ilgaz ŞAHAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xvii
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	3
GÜNEŞ ENERJİSİ	3
2.1. ENERJİ KAYNAKLARI	3
2.1.1. Fosil Kaynaklar.....	3
2.1.2. Yenilenebilir Kaynaklar.....	4
2.1.2.1. Dünyada Yenilenebilir Enerji Kaynakları	7
2.1.2.2. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları	9
2.2. GÜNEŞ ENERJİSİNİN TARİHİ	11
2.3. GÜNEŞ ENERJİSİNİN TOPLANMASI VE DEPOLANMASI.....	12
2.4. GÜNEŞ ENERJİSİNİN AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI	13
2.4.1. Güneş Enerjisinin Avantajları.....	13
2.4.2. Güneş Enerjisinin Dezavantajları	14
2.5. TÜRKİYE GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ	15
2.6. YÜZER GÜNEŞ ENERJİ SANTRALLERİ.....	20
2.6.1. Türkiye Yüzer Güneş Enerji Santrali Potansiyeli.....	22

	<u>Sayfa</u>
BÖLÜM 3	25
GÜNEL PANELLERİ	25
3.1. FOTOVOLTAİK HÜCRE	25
3.1.1. Hücresinin Yapısı	27
3.1.2. Çalışma Prensibi	28
3.2.1. Hücre Tiplerine Göre Panel Türleri	29
3.2.1.1. Birinci Nesil Güneş Pilleri	29
3.2.1.2. İkinci Nesil Güneş Pilleri	31
3.2.1.3. Üçüncü Nesil Güneş Pilleri	34
3.3. FOTOVOLTAİK GÜNEŞ PANELLERİNİN GELİŞİMİ	35
3.3.1. Fotovoltaik Güneş Panellerinin Kullanım Alanları	36
3.4. GÜNEŞ ENERJİ SANTRALİ ÇALIŞMA SİSTEMİ	40
3.4.1. Güneş Paneli	42
3.4.2. Şarj regülatörleri	44
3.4.4. Evirici	46
3.5. GÜNEŞ ENERJİSİ PANEL VERİMİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER	47
3.6. GÜNEŞ ENERJİSİ YÖNETMELİKLERİ VE TEŞVİKLERİ	49
 BÖLÜM 4	 52
GÜNEŞ PANELLERİNİN GERİ ÖDEME SÜRELERİ	52
4.1. KARABÜK	55
4.1.1. Karabük'ün Coğrafyası	55
4.1.2. Karabük'ün Meteorolojik Verileri	56
4.1.3. Karabük'ün Güneş Enerjisi Potansiyeli	59
4.1.4. Karabük'te Güneş Enerjisi Tesisi Potansiyelinin Hesaplanması	61
4.2. KONYA	62
4.2.1. Konya'nın Coğrafyası	62
4.2.2. Konya'nın Meteorolojik Verileri	63
4.2.3. Konya'nın Güneş Enerjisi Potansiyeli	65
4.2.4. Konya ili Hadım ilçesinin Güneş Enerjisi Tesisi Potansiyelinin Hesaplanması	67
4.3. HATAY	68
4.3.1. Hatay'ın Coğrafyası	68
4.3.2. Hatay'ın Meteorolojik Verileri	69

	<u>Sayfa</u>
4.3.3. Hatay’ın Güneş Enerjisi Potansiyeli.....	71
4.3.4. Hatay’da Güneş Enerjisi Tesisi Potansiyelinin Hesaplanması	74
4.4. VAN	75
4.4.1. Van’ın Coğrafyası.....	75
4.4.2. Van’ın Meteorolojik Verileri	77
4.4.3. Van’ın Güneş Enerjisi Potansiyeli.....	78
4.4.4. Van İli Saray İlçesinin Güneş Enerjisi Tesisi Potansiyelinin Hesaplanması	81
4.5. DENİZLİ	82
4.5.1. Denizli’nin Coğrafyası.....	82
4.5.2. Denizli’nin Meteorolojik Verileri.....	83
4.5.3. Denizli’nin Güneş Enerjisi Potansiyeli.....	85
4.5.4. Denizli ili Çameli İlçesinin Güneş Enerjisi Tesisi Potansiyelinin Hesaplanması.....	88
4.6. MUĞLA	89
4.6.1. Muğla’nın Coğrafyası.....	90
4.6.2. Muğla’nın Meteorolojik Verileri	90
4.6.3. Muğla’nın Güneş Enerjisi Potansiyeli	92
4.6.4. Muğla ili Fethiye İlçesinin Güneş Enerjisi Tesisi Potansiyelinin Hesaplanması.....	95
4.7. MERSİN.....	96
4.7.1. Mersin’in Coğrafyası.....	96
4.7.2. Mersin’in Meteorolojik Verileri	97
4.7.3. Mersin’in Güneş Enerjisi Potansiyeli	98
4.7.4. Mersin ili Erdemli İlçesinin Güneş Enerjisi Tesisi Potansiyelinin Hesaplanması	101
4.8. KARAMAN	102
4.8.1. Karaman’ın Coğrafyası.....	103
4.8.2. Karaman’ın Meteorolojik Verileri.....	103
4.8.3. Karaman’ın Güneş Enerjisi Potansiyeli.....	105
4.8.4. Karaman Güneş Enerjisi Tesisi Potansiyelinin Hesaplanması	108
BÖLÜM 5	109
SONUÇ	109

KAYNAKLAR 112

ÖZGEÇMİŞ 119



ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Enerji kaynaklarının sınıflandırılması.....	3
Şekil 2.2. 2009-2019 Yenilenebilir enerji kaynakları kurulu gücü	8
Şekil 2.3. Türkiye’de Rüzgâr Enerjisi Santralleri İçin Yıllık Kurulum (MW)	10
Şekil 2.4. Türkiye için fotovoltaik modül tipi / alan / üretilebilecek enerji (kWh – yıl)	18
Şekil 2.5. Güneş enerjisi potansiyel atlası, GEPA.....	19
Şekil 2.6. Yüzer güneş santrali avantajları	21
Şekil 2.7. Yüzer güneş enerji santrali Büyükçekmece gölü	23
Şekil 2.8. Yüzer güneş santrali Azmak 2 Hidroelektrik Santrali	23
Şekil 3.1. Fotovoltaik hücrenin basit yapısı	25
Şekil 3.2. Fotovoltaik hücre.....	26
Şekil 3.3. Geçiş bölgesi	27
Şekil 3.4. Fotovoltaik hücre ve fotovoltaik panel.....	28
Şekil 3.5. Tek kristal güneş paneli.....	30
Şekil 3.6. Tek ve çok kristal güneş panelleri.....	31
Şekil 3.7. Amorf silikon güneş pili yapısı	32
Şekil 3.8. CdTe ve CuInSe2 İnce film hücre yapısı	33
Şekil 3.9. İnce film güneş hücresi	34
Şekil 3.10. Çok eklemlili güneş hücrelerinde seri ve paralel bağlantı	34
Şekil 3.11. İçbükey ısıtıcı sistem görüntüsü.....	36
Şekil 3.12. Fotovoltaik ısıtma sistemi	37
Şekil 3.13. Fotovoltaik soğutma sistemi	37
Şekil 3.14. Fotovoltaik sistem sokak lambası	38
Şekil 3.15. Termal yöntem.....	39
Şekil 3.16. Parabolik termal yöntem	39
Şekil 3.17. Doğrusal fresnel kolektör çalışma prensibi.....	40
Şekil 3.18. Şebekeye bağlı fotovoltaik güneş enerji santrali	41
Şekil 3.19. Şebekeye bağlantısız fotovoltaik güneş enerji santrali	42
Şekil 3.20. Fotovoltaik panel elektrik yapısı.....	43
Şekil 3.21. MPPT güç grafiği.....	45

Şekil 3.22. Kullanım yerlerine ve amaçlarına göre aküler.....	46
Şekil 3.23. Fotovoltaik bir sistemin verimini etkileyen faktörler	48
Şekil 4.1. Karabük'ün fiziki haritası	56
Şekil 4.2. Karabük'te ortalama sıcaklık ve yağış	57
Şekil 4.3. Karabük'te bulutlu, güneşli ve yağışlı günler	58
Şekil 4.4. Karabük güneş enerjisi potansiyeli	59
Şekil 4.5. Karabük aylara göre güneşlenme süreleri (saat).....	60
Şekil 4.6. Karabük'ün aylara göre radyasyon değerleri (KWh/m ² -gün)	60
Şekil 4.7. Karabük PV tipi-alan-üretilebilecek enerji (KWh-Yıl)	61
Şekil 4.8. Konya'nın fiziki haritası	63
Şekil 4.9. Konya'da ortalama sıcaklık ve yağış	63
Şekil 4.10. Konya'da bulutlu, güneşli ve yağışlı günler	64
Şekil 4.11. Konya güneş enerjisi potansiyeli	65
Şekil 4.12. Konya ili Hadım ilçesinin aylara göre güneşlenme süreleri (Saat).....	66
Şekil 4.13. Konya ili Hadım ilçesinin aylara göre radyasyon değerleri (KWh/m ² -gün).....	66
Şekil 4.14. Konya ili Hadım ilçesinin PV tipi-alan-üretilebilecek enerji (KWh-Yıl) 67	
Şekil 4.15. Hatay'ın fiziki haritası	69
Şekil 4.16. Hatay'da ortalama sıcaklık ve yağış	70
Şekil 4.17. Hatay'da bulutlu, güneşli ve yağışlı günler	70
Şekil 4.18. Hatay'ın güneş enerjisi potansiyeli	72
Şekil 4.19. Hatay'ın aylara göre güneşlenme süreleri (saat).....	73
Şekil 4.20. Hatay'ın aylara göre radyasyon değerleri (KWh/m ² -gün).....	73
Şekil 4.21. Hatay'da PV tipi-alan-üretilebilecek enerji (KWh-Yıl)	74
Şekil 4.22. Van'ın fiziki haritası	76
Şekil 4.23. Van'da ortalama sıcaklık ve yağış	77
Şekil 4.24. Van'da bulutlu, güneşli ve yağışlı günler	77
Şekil 4.25. Van'ın güneş enerjisi potansiyeli.....	79
Şekil 4.26. Van ili Saray ilçesinin aylara göre güneşlenme süreleri (Saat)	80
Şekil 4.27. Van ili Saray ilçesinin aylara göre radyasyon değerleri (KWh/m ² -gün) .	80
Şekil 4.28. Van ili Saray ilçesinde PV tipi-alan-üretilebilecek enerji (KWh-Yıl).....	81
Şekil 4.29. Denizli'nin fiziki haritası	83
Şekil 4.30. Denizli'de ortalama sıcaklık ve yağış	84
Şekil 4.31. Denizli'de bulutlu, güneşli ve yağışlı günler	84

Sayfa

Şekil 4.32. Denizli güneş enerjisi potansiyeli	86
Şekil 4.33. Denizli ili Çameli ilçesinin aylara göre güneşlenme süreleri (Saat).....	87
Şekil 4.34. Denizli ili Çameli ilçesinin aylara göre radyasyon değerleri (KWh/m ² -gün).....	87
Şekil 4.35. Denizli ili Çameli ilçesinde PV tipi-alan-üretilebilecek enerji (KWh-Yıl)	88
Şekil 4.36. Muğla'nın fiziki haritası	90
Şekil 4.37. Muğla'da ortalama sıcaklık ve yağış	91
Şekil 4.38. Muğla'da bulutlu, güneşli ve yağışlı günler	91
Şekil 4.39. Muğla güneş enerjisi potansiyeli	92
Şekil 4.40. Muğla ili Fethiye ilçesinin aylara göre güneşlenme süreleri (Saat).....	93
Şekil 4.41. Muğla ili Fethiye ilçesinin aylara göre radyasyon değerleri (KWh/m ² -gün).....	94
Şekil 4.42. Muğla ili Fethiye ilçesinde PV tipi-alan-üretilebilecek enerji (KWh-Yıl)	94
Şekil 4.43. Mersin'in fiziki haritası.....	96
Şekil 4.44. Mersin'de ortalama sıcaklık ve yağış	97
Şekil 4.45. Mersin'de bulutlu, güneşli ve yağışlı günler.....	97
Şekil 4.46. Mersin güneş enerjisi potansiyeli.....	99
Şekil 4.47. Mersin ili Erdemli ilçesinin aylara göre güneşlenme süreleri (Saat).....	99
Şekil 4.48. Mersin ili Erdemli ilçesinin aylara göre radyasyon değerleri (KWh/m ² -gün).....	100
Şekil 4.49. Mersin ili Erdemli ilçesinde PV tipi-alan-üretilebilecek enerji (KWh-Yıl)	101
Şekil 4.50. Karaman'ın fiziki haritası	103
Şekil 4.51. Karaman'da ortalama sıcaklık ve yağış	104
Şekil 4.52. Karaman'da bulutlu, güneşli ve yağışlı günler	104
Şekil 4.53. Karaman güneş enerjisi potansiyeli	105
Şekil 4.54. Karaman'ın aylara göre güneşlenme süreleri (Saat)	106
Şekil 4.55. Karaman'ın aylara göre radyasyon değerleri (KWh/m ² -gün).....	107
Şekil 4.56. Karaman'da PV tipi-alan-üretilebilecek enerji (KWh-Yıl)	107
Şekil 5.1. Bölgelerin yıllık radyasyon miktarları	10710
Şekil 5.2. İllerin geri ödeme süreleri	10710

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1. Türkiye'nin yıllık toplam güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı	15
Çizelge 2.2. Türkiye'de bulunan 10 büyük güneş enerjisi santrali	17
Çizelge 2.3. Türkiye yüzer güneş enerji santrali potansiyeli	22
Çizelge 4.1. Maliyet Analiz Tablosu.....	52
Çizelge 4.2. Panelin mekanik özellikleri.....	53
Çizelge 4.3. Panelin elektriksel karakteristiği.....	53
Çizelge 4.4. 2 MWh'lik santrale ait teknik bilgiler.....	55
Çizelge 4.5. Karabük ilinin 1991-2020 yılları arası meteorolojik verileri	58
Çizelge 4.6. Karabük'te 2 MWh'lik güneş enerjisi tesisi potansiyeli.....	61
Çizelge 4.7. Konya ilinin 1991-2020 yılları arası meteorolojik verileri	64
Çizelge 4.8. Konya ili Hadım ilçesinde 2MWh'lik güneş enerjisi tesisi potansiyeli	68
Çizelge 4.9. Hatay ilinin 1991-2020 yılları arası meteorolojik verileri	71
Çizelge 4.10. Hatay'da 2MWh'lik güneş enerjisi tesisi potansiyeli	75
Çizelge 4.11. Van ilinin 1991-2020 yılları arası meteorolojik verileri	78
Çizelge 4.12. Van ili Saray ilçesinde 2MWh'lik güneş enerjisi tesisi potansiyeli	82
Çizelge 4.13. Denizli ilinin 1991-2020 yılları arası meteorolojik verileri	85
Çizelge 4.14. Denizli ili Çameli ilçesinde 2 MWh'lik güneş enerjisi tesisi potansiyeli	89
Çizelge 4.15. Muğla ilinin 1991-2020 yılları arası meteorolojik verileri	92
Çizelge 4.16. Muğla ili Fethiye ilçesinde 2 MWh'lik güneş enerjisi tesisi potansiyeli	95
Çizelge 4.17. Mersin ilinin 1991-2020 yılları arası meteorolojik verileri	98
Çizelge 4.18. Mersin ili Erdemli ilçesinde 2 MWh'lik güneş enerjisi tesisi potansiyeli	102
Çizelge 4.19. Karaman ilinin 1991-2020 yılları arası meteorolojik verileri	105
Çizelge 4.20. Karaman'da 2 MWh'lik güneş enerjisi tesisi potansiyeli	108

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

\$	: Dolar
%	: Yüzde
GWh	: Gigawatt saat
kWh	: Kilowatt saat
m ²	: Metrekare
MW	: Megawatt

KISALTMALAR

AA	: Alternatif Akım
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
CST	: Yoğunlaştırılmış Termal Güneş Enerjisi Santralleri
DA	: Doğru Akım
ETKB	: Enerji ve Tabii kaynaklar Bakanlığı
GES	: Güneş Enerji Santrali
IRENA	: Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı
YEK	: Yenilenebilir Enerji Kanunu

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Dünyada bilinen fosil enerji rezervleri; çağımızdaki kullanım hızı dikkate alındığında doğalgazda 64 yıl, petrolde 54 yıl, kömürde 112 yıl yetecek düzeydedir. Tüketim açısından 2018'deki veriler dikkate alındığında, dünyadaki toplam birincil enerji kullanımının 13.865 milyon ton petrol eşdeğeri olduğu görülür. Petrol, söz konusu tüketimdeki en büyük paya (%33.6) sahip olan enerji kaynağıdır. Daha sonra ise %27.2 ile kömür ve %23.9 ile doğalgaz gelmektedir (IEA, 2019).

Bahsedilen fosil temelli kaynakları %9.8 ile biyo yakıtlar ve atıklar, %4.9 ile nükleer enerji, %2.5 ile hidrolik ve %1.7 oranı ile de jeotermal, güneş ve rüzgâr gibi yenilenebilir enerji kaynakları izler. Dünyadaki kurulu güce bakıldığında elektrik enerjisinin %41'inin kömür, %21'inin doğalgaz, %16'sının hidroelektrik, %14'lük bölümünün petrol ve %2'sinin ise yenilenebilir enerji santrallerinden üretildiği görülür (Çelik ve Koç, 2020).

Türkiye, gelişmekte olan bir ülkedir ve gelişen teknolojiler ve artan nüfus nedeniyle enerji ihtiyacı artış göstermektedir. Ülkemiz, söz konusu ihtiyacını düşük kaliteli olmasına karşın doğalgaz, petrol, taşkömürü ve linyit gibi fosil kaynaklardan ve hidroelektrik, güneş, rüzgâr, jeotermal ve biyokütle gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlar. İlerleyen teknoloji ve gelişen sanayi ile beraber ülkemiz, enerji gereksinimini karşılayabilmek amacıyla farklı enerji kaynakları arayışına girmiş, yatırımlar ile kurulu gücünü belirgin olarak arttırmayı başarmıştır. 2016'nın son dönemindeki verilere göre ülkemizin toplam kurulu gücü 88569 MW kapasiteye gelmiştir. 2018'deki verilere göre, üretimi yapılan elektrik enerjisi miktarı 303625 GWh düzeyinde olmuştur. Yine 2018 senesi sonu itibarıyla dünyada kurulu fotovoltaik gücü 480.4 GW'a üretilen elektrik enerjisinin toplamı 443.6 TWh düzeyine kadar çıkmıştır (IEA, 2019).

Ülkemiz, dünya üzerinde 36°-42° kuzey enlemleri ile 26°-45° doğu boylamları arasında yer almakta ve birçok ülkeye göre güneş enerjisi potansiyeli bakımından sonra derece şanslıdır. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nce yapılan çalışmalardan hareketle, Elektrik İşleri Etüt İdaresi tarafından yapılan çalışmalar ülkemizde ortalama yıllık toplam güneşlenme süresinin 2640 saat olduğunu gösterir. Ülkemizdeki coğrafi bölgeler incelendiğinde, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinin en uzun güneşlenme süresine sahip olduğu görülür. Ülkemizin üzerine düşen ortalama toplam yıllık güneş enerjisi miktarı da 1303 kWh/m² olarak ölçülmüştür (ETKB, 2017).

Ülkemizin üzerine düşen yıllık bazdaki toplam güneş enerjisinin Akdeniz Bölgesi, Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve Ege Bölgesinin güney bölümlerinde son derece yüksek olduğu bilinmektedir. Ülkemizin kuzey bölümlerine düşen ısınım miktarının düşük olmasından dolayı, Karadeniz Bölgesinin potansiyelinin nispeten düşük olarak ifade edilebilir. Onun haricindeki bölgelere bakıldığında yıllık ortalama güneş enerjisi potansiyelinin en az 1100 kWh/m² olduğu belirtilmektedir (ETKB, 2017). Bu tez çalışmasında yeni nesil güneş panellerinin Türkiye'deki geri ödeme süresine etkisi ele alınmaktadır. Denizli, Muğla, Mersin, Karaman, Hatay, Konya, Karabük ve Van illerinin güneş enerjisi potansiyelleri ve geri ödeme süreleri değerlendirilmiştir.

BÖLÜM 2

GÜNEŞ ENERJİSİ

2.1. ENERJİ KAYNAKLARI

Herhangi bir yöntem kullanmak suretiyle enerji üretmek için kullanılan kaynaklar, enerji kaynakları olarak isimlendirilir. Bunlar kendi içerisinde Fosil ve yenilenebilir olarak iki kategoriye ayrılır (Şekil 1) (Kocakuşak, 2018).

Enerji Kaynakları	
Kullanışlarına Göre (Tükenir)	Dönüştürülebilirliklerine Göre
• A) Fosil Kaynaklar • a) Fosil Kaynaklı • Kömür • Petrol • Doğal gaz • b) Çekirdek Kaynaklı • Uranyum • Toryum • B) Yenilenebilir (Tükenmez) • Hidrofik • Güneş • Biyokütle • Rüzgar • Jeotermal • Dalga, gel-git • Hidrojen	• A) Birincil (Primer) • Kömür • Petrol • Doğal gaz • Nükleer • Biyokütle • Hidrolik • Güneş • Rüzgar • Dalga, gel-git • B) İkincil (Sekonder) • Elektrik, benzin, mazot, motorin • İkincil kömür • Kok, petrokok • Hava gazı • Sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG)

Şekil 2.1. Enerji kaynaklarının sınıflandırılması (Kır, 2022: 6).

2.1.1. Fosil Kaynaklar

Fosil enerji kaynakları, sürekliliği bulunmayan kaynaklardır. Bunların günün birinde tükenebileceği varsayılır. Kaynakların gereksinimlere cevap vermek için sürekli yeni rezervler tespit edilse de, tüm kaynakların günün birinde biteceği gibi bir gerçek vardır. Fosil kaynaklar olarak da ifade edilen fosil kaynaklar, bitki ve hayvan atıklarının çok uzun yıllar toprak altındaki kimyasal dönüşümleri sonucunda oluşmaktadır. Bunların temin edilmesi ve enerjiye dönüştürülmesi sırasında çevreye çok fazla zarar verilir. Fosil enerji kaynaklarından günümüzde yaygın olarak kullanılanlar; petrol, kömür,

doğalgaz ve radyoaktif maddelerden meydana gelen nükleer kaynaklar şeklindedir (Kır, 2022: 7).

Kömür: Fosil yakıtlar arasında bulunur. İnsanlık, fosil kaynaklardan ilk olarak kömürden faydalanmaya başlamıştır. Kömür kullanarak elektrik enerjisi üreten termik santraller yaygındır. Türkiye’de kömür yoğun bir şekilde enerji kaynakları içerisinde kullanılır (İnan, 2001).

Petrol: Kömüre kıyasla çok daha geniş bir kullanım alanına sahip olduğundan, enerji kaynakları içindeki önemi de çok daha yüksektir. Fosil yakıt türlerinden biridir. Gereksinimin çok fazla olması nedeniyle, petrol yoğun olarak çıkarılır ve işlenerek kullanıma sunulur. Petrol rezervleri hızlı bir şekilde azalmaktadır. Dolayısıyla ülkeler petrolün yerine kullanabilecekleri farklı enerji kaynaklarına yönelmekte veya bunun yollarını aramaktadırlar (Sayın, 2006).

Doğalgaz: Genellikle ısınmak için kullanıldığı düşünülse de, bilhassa ülkemizde elektrik enerjisi üretimi için de yoğun şekilde kullanılır (Sayın, 2006).

Nükleer Kaynaklar: Radyoaktif maddeler tepkimeye sokularak elektrik enerjisi elde edilen kaynaklardır. Güvenlikle ilgili ciddi soru işaretleri bulunsa da, enerji verimliliğinin yüksek olması nedeniyle gelişmiş ülkelerde yoğun olarak tercih edilmektedir (İnan, 2001).

2.1.2. Yenilenebilir Kaynaklar

Fosil kaynakların sınırlı rezervlere sahip olması, insan sağlığına ve çevreye zararları ve bilhassa 1973 yılında yaşanan petrol krizi türünden nedenlerden dolayı ülkeler ilgili kaynaklara alternatif olabilecek yenilenebilir ve temiz enerji kaynakları ile alakalı çalışmalar yapmaktadır (Sayın, 2006).

Devamlılığı olan ve doğadan sürekli olarak elde edilen enerji türüdür. Bitmeyen (yenilenebilir) enerji kaynağı olarak da bilinmektedir. Diğer enerji kaynaklarına kıyasla doğadan alınması ve enerjiye dönüştürülmesi esnasında çevreye ve insan

sağlığına zarar vermez. Bu kaynaklar, dışa bağımlılığı azaltarak, eldeki olanaklarla enerji üretilmesi ve bunu gerçekleştirirken de çevre kirliliğine sebep olmaması nedeniyle kullanım alanlarının artmasına neden olmaktadır (Kır, 2022: 7).

Yenilenebilir enerji kaynakları aşağıdaki şekilde sıralanabilir (Kır, 2022: 7);

- Hidroelektrik Enerjisi
- Rüzgâr Enerjisi
- Okyanus (Dalga) Enerjisi
- Biokütle Enerjisi
- Jeotermal Enerji
- Güneş Enerjisi

Hidroelektrik Enerjisi

Hidroelektrik enerji kaynakları, yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde en fazla tercih edilen enerji kaynağı olarak dikkat çeker. Suyun akış gücünün elektrik enerjisine çevrilmesi şeklindedir. Temiz enerji türleri arasında kabul edilir. Su, bir havzada biriktirilir ve akış gücü artırılır. Sular istenen düzeye geldiğinde kapaklar açılır ve su bir kanal içinden geçerek jeneratörlere bağlı olan türbinleri döndürür. Türbinler suyun gücü ile döner ve jeneratöre güç iletilmiş olunur. Bu sayede hareket enerjisinin elektrik enerjisine dönüşümü sağlanır (Sayın, 2006).

Rüzgâr Enerjisi

Rüzgar enerjisi de temiz enerji kaynakları arasında yer alır. Rüzgar enerjisi, çağımızda yaygın şekilde kullanılmaktadır. Danimarka, gerek rüzgar türbini üretme gerekse de kullanma noktasında dünyaya adeta öncülük eder (İnan, 2001).

Yüksek yerlere kurulan rüzgar türbinlerinin kanatları rüzgar tarafından döndürülür. Kanatların döndürdüğü shaft gücü dişli kutusuna iletir. Böylece hareket enerjisi, alternatör ile elektrik enerjisine çevrilir. Rüzgarın çok hızlı olduğu dönemlerde

sistemin zarar görmesine engel olacak ve sabit hızda dönmesini sağlayacak fren sistemi vardır. Bu sayede türbinlerin sabit hızla dönmesi sağlanır (Kocakuşak, 2018).

Rüzgar enerjisi kullanılarak dünyadaki elektrik ihtiyacının %2'si karşılanır. Rüzgar türbini teknolojilerinin çevreye olan olumsuz etkileri, diğer üretim yöntemlerine göre çok daha düşüktür (WWF, 2021).

Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji kaynakları, yenilenebilir enerji kaynaklarından bir diğeridir. Yerküredeki magma tabakasındaki ısı enerjisinden yararlanılır. Buradaki ısı enerjisi suyun ısınmasını sağlar ve bunlar ya kendiliğinden çıkar ya da sondaj çalışmaları ile çıkarılır. Çıkan sıcak su, buhar haline getirilir ve bir kanal aracılığı ile türbinlere iletilerek bunların dönmesini sağlar. Hareket eden türbinler ile bağlı bulundukları jeneratörlerin elektrik üretmesini sağlar. Jeotermal Enerji Santral Yatırımcıları Derneği tarafından yapılan araştırmalara göre Türkiye’de 2017’deki toplam enerjisinin %2.1’lik bölümünün (25 MW’de 1.086 MW’in) bu enerji kaynağından sağlandığı ifade edilmektedir (Kocakuşak, 2018).

Güneş Enerjisi

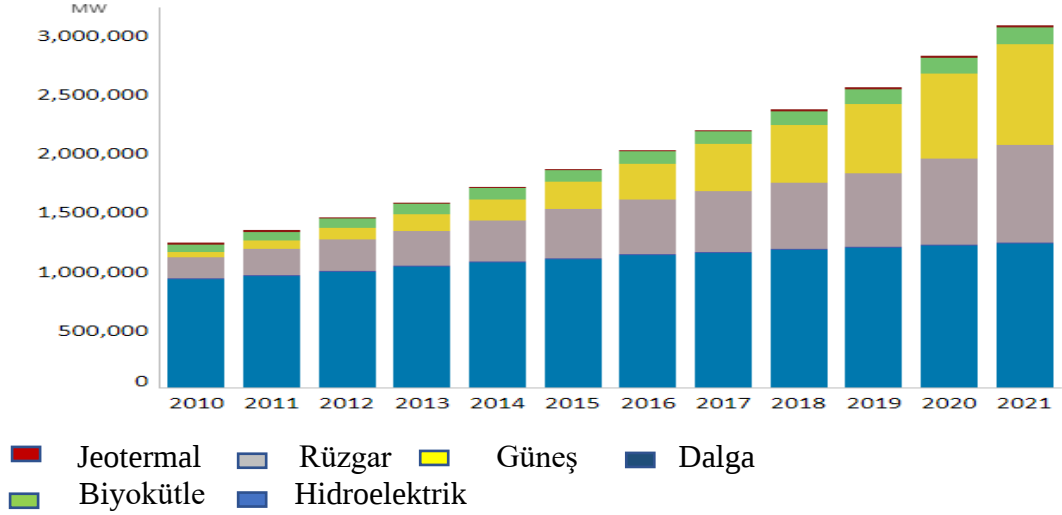
Yenilenebilir enerji kaynakları arasında olan güneş enerjisi, temiz enerji kaynağıdır. Çevreye ve doğaya herhangi bir zararı bulunmaz. Güneşten sağlanabilecek enerji miktarı, insanlığın ihtiyacından çok daha fazladır. Ancak bunun az bir bölümü elektrik enerjisine dönüştürülebilir. Enerji üretimini en fazla sağlayan güneşin bir sanayide üretmiş olduğu enerji seviyesi, insanlığın günümüze kadar kullanmış olduğu toplam enerji miktarından daha fazladır. Dünya güneşten gelen enerjisinin yalnızca milyarda birini alır. İlgili enerji 15 dakika depolanırsa toplam dünya nüfusunun bir yıllık enerji ihtiyacı karşılanabilir (Uçar ve Kokulu, 2018).

Biyokütle Enerjisi

Bir türe ya da farklı türlerden meydana gelen bir topluluğa ait yaşayan organizmaların belli bir zaman diliminde sahip olduğu kütle, biyokütle enerjisi olarak isimlendirilir. Organik karbon olarak da kabul edilen biyokütle materyalleri işlenerek gaz, sıvı ve katı yakıtlara dönüştürülebilir. Böylece biyotanol, biyodizel, pirolitik gaz türünden ana ürünler meydana getirilirken hidrojen, gübre gibi yan ürünler de meydana getirilir. Ülkemizin biyokütle atık potansiyelinin yaklaşık 8.6 milyon ton eşdeğer petrol (MTEP) ve üretilecek biyogaz miktarının 1.5-2 MTEP olduğu varsayılmaktadır (ETKB, 2021).

2.1.2.1. Dünyada Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Fosil yakıtların kullanımı, teknolojiye gelişmelerle azalmaktadır. Gerçekleştirilen araştırmalar, küresel kaynakların kullanımı neticesinde fosil yakıtların önümüzdeki yüzyılda ciddi düzeyde azalacağını söylemektedir. Fosil kaynakların bitmesi ve elde edilen enerjinin üretimi aşamasındaki çevresel etkileri ele alındığında, yenilenebilir enerji kaynakları temiz bir çevre fosil yakıtların tüketimini azaltma noktasında bir denge oluşturur. Dünyadaki ülkeler dışa bağımlılıktan kurtulmak ve azalan maliyetlerden dolayı yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına ekstra önem verdiği bilinmektedir. Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı (IRENA) tarafından açıklanan verilere göre 2000 ile 2019 yılları arasında dünyadaki yenilenebilir enerji kaynaklarının kurulu güçlerinin değişimi, aşağıda bulunan şekilde yer almaktadır. Fotovoltaik hücre kurulu gücü 2007'den itibaren 8.496 MW, üretim kapasitesi 3.372 GWh ile diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına kıyasla çok düşük kalırken, 2019 yılından itibaren kurulu güç 707.494 MW, üretim kapasitesi 549.833 GWh elektrik gücü sunar (İrena, 2021).



Şekil 2.2. 2009-2019 Yenilenebilir enerji kaynakları kurulu gücü (İrena, 2021).

Yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanma bakımından ülkeler arasında rekabet ortamı vardır. ABD ve Çin yaptıkları yatırımlarla 2020’de yaklaşık olarak %4’lük büyüme ile 200 GW düzeyine gelmişlerdir. Yenilenebilir enerji kaynaklarına yakından bakıldığında hidroelektrik ve rüzgâr santralleri üretimin yaklaşık %90’ını karşıladığı görülür. Yenilenebilir enerji alanında fotovoltaik sistemler ele alındığında yüzdesel açıdan sabit olduğu fark edilir. Fakat sistemlerin kullanım alanlarının hangi sisteme uygun olduğu, verim bakımından net bilgi verir. ABD ve Çin ilerleyen yıllarda yenilenebilir kaynaklarını %30 oranında arttırmayı hedeflemektedir (İrena, 2021).

Gerçekleştirilen çalışmalara göre; ABD, Almanya, Japonya ve Çin gibi önemli devletler 2020 Eylül ayı verilerine göre 2020 yılının başında öngörülen üretim ve kurulum tahminlerini aşmışlardır (İEA, 2020).

Uluslararası enerji ajansı olan IEA verilerine göre 2025’te solar ve rüzgar sistemlerin kömür, hidroelektrik, doğalgaz, kurulu güç kapasitelerini geçecektir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından dolayı rüzgar ve fotovoltaik sistemler, 2023’ten itibaren kurulu güç kapasitelerini yükselterek 2025 yılından itibaren 2400 GW kurulu güce ulaşacaktır. Söz konusu öngörülerin dışında Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı (IRENA) tarafından yapılan araştırmada yıllık bazda şebeke ölçeğinde fotovoltaik modül üretim maliyetleri %13 azalarak 0.068 USD/kWh değerine gelmiştir (İEA, 2020).

2.1.2.2. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Ülkemizde 2018 yılında elektrik enerjisi tüketimi, bir önceki yıla göre % 2.2 artarak 303.3 milyar kWh, elektrik enerjisi üretimi ise % 2.2 artarak 303.9 kWh seviyesine yükselmiştir. 2018 yılında Türkiye’de kullanılan elektrik enerjisinin %37.3’ü kömür, %29.8’i doğalgaz, yaklaşık %19.8’i hidrolik, % 6.6’sı rüzgar, % 2.6’sı güneş, % 2.5’i jeotermal ve yaklaşık % 1.4’lük kısmı ise diğer enerji kaynaklarından elde edilmiştir. 2018 yılının sonunda Türkiye’nin yenilenebilir enerji kaynağı yaklaşık olarak 88.6 MW seviyesine çıkmıştır. Bunun enerji kaynaklarına göre dağılımı; %32’si hidrolik, % 25.6’sı doğalgaz, % 21.5’i kömür, % 7.9’luk bölümü rüzgar, % 5.7’lik kısmı güneş, %1.4’ü jeotermal ve %5.9’u ise diğer enerji kaynakları şeklinde sıralanmaktadır (Akış, 2021: 3).

Ülkemiz teknik olarak incelendiğinde hidroelektrik enerji üretimi potansiyelinin % 1.5’lik bölümü Avrupa potansiyelinin ise % 12.6’sı olarak dikkat çeker. Ülkemiz sahip olduğu söz konusu potansiyelle ülkeler içinde Rusya’nın arkasından ikinci sırada yer alır. Ancak ülkemiz ilgili potansiyele karşın potansiyelinin gelişimi açısından istenen düzeyde bulunmamaktadır. Uluslararası Enerji Ajansı’na (IEA) göre 2020 yılı ve sonrasında enerji tüketiminde dünya genelinde hidroelektrik enerjinin payı ve diğer yenilenebilir olanları payı, 2016 yılına kıyasla %53 seviyesinde artış göstereceği varsayılmıştır. Söz konusu varsayım, her güçteki hidroelektrik potansiyelinin etkili olarak kullanılması şeklinde yorumlanmıştır (Türkoğlu Elitaş, 2016: 18).

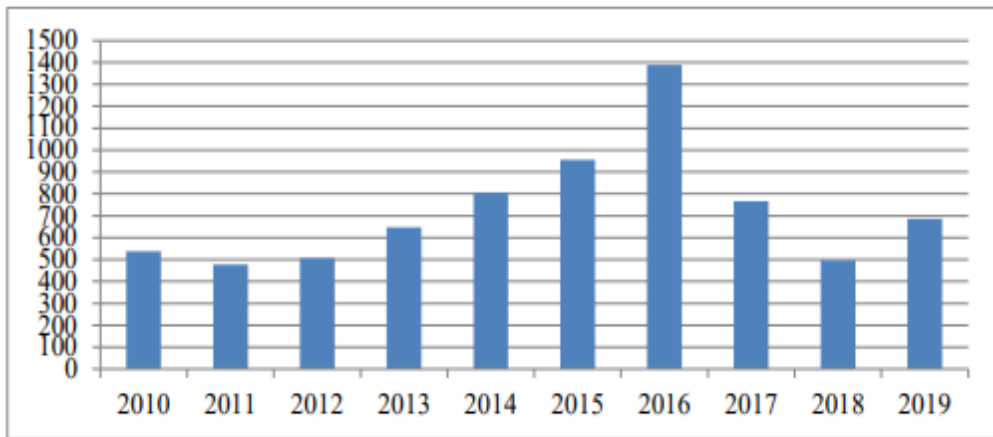
Ülkemizde üretilen hidroelektrik enerjisinin birincil enerji kurulu gücündeki payı % 32.9 iken, tüketimin ise % 3.9’luk bölümüne cevap vermektedir. Ülkemizin toplam yenilenebilir enerji üretimi 2018’de 59.9 milyar kWh, 2019 yılında ise hidroelektrik kaynaklı elektrik enerjisi üretimi 63.452 GWh değerinde gerçekleşmiştir. Hidroelektrik enerji santralleri 2018’de toplam 28.291 MW’lık kurulu güç ile dikkat çekerken, söz konusu rakam 2019’da 28.437 MW olmuştur. Ülkemizdeki toplam hidroelektrik santrallerinin sayısı ise 653’e çıkmıştır (ETKB, 2020).

2020 yılının ağustos ayı sonu itibariyle ülkemizin toplam kurulu gücü 95.890,6 MW iken, kurulu gücün 6667,4 MW’lık bölümü güneş enerji santralleri üzerinden elde

edilmiştir. 2021 yılının temmuz ayında güneş enerjisi kurulu gücü 7324,1 MW seviyesine kadar çıkmıştır. Kurulu gücün 698,5 MW'lık bölümünü lisanslı santraller, 6625,6 MW'lık bölümünü ise lisanssız santraller oluşturur. Bu dönemde güneş enerjisinin toplam kurulu güç içerisindeki oranı % 7.5 seviyesine çıkarken, yenilenebilir enerji kurulu gücündeki oranı ise % 14 olmuştur. Güneş enerjisi kaynaklarında temmuz ayının sonu itibariyle elektrik üretimi yapan santral sayısı 7995 olmuştur. 2021 yılının Eylül ayında güneş enerjisi kurulu gücü 866,9 MW artışla birlikte 7534,3 MW seviyesine kadar çıkmıştır (TEİAŞ, 2021).

Çeşme Germiyan'da ülkemizdeki ilk rüzgar enerjisi santrali kurulmuştur. Bunu yine aynı dönem Çeşme Alaçatı'da kurulan santral izlemiştir. İlk kurulan santralin gücü 1.7 MW iken, Çeşme Alaçatı'ya kurulan santralin gücü ise 7.2 MW düzeyindedir. Bunun yanında Türkiye'deki en büyük rüzgar enerjisi santrali, Balıkesir Şamlı'da yer almaktadır (Koçarlan, 2010: 7).

Aşağıda yer alan şekilde 2010 ile 2019 dönemleri arasında kurulan rüzgar enerjisi santralleri gösterilmiştir. Buradan da anlaşılabileceği gibi ülkemizde geçmişte rüzgar enerjisi konusunda sonra derece düşük düzeydeyken, 2016 yılında çok daha yüksek düzeylere gelmiştir. Bu durumun temelinde ise ülkemizin geçmişte rüzgar enerjisi potansiyelinin farkına varılamaması ve ilgili santrallerin kurulumunda yeterli desteğin sağlanamamasıdır (Özarslan, 2017: 45).



Şekil 2.3. Türkiye’de Rüzgâr Enerjisi Santralleri İçin Yıllık Kurulum (MW) (TÜREB, 2020)

Türkiye’de son 15 yıldaki yenilenebilir enerji sektörü incelendiğinde jeotermal, rüzgar, güneş, hidrolik, biyoenerji kaynaklarından faydalanarak işletmelerdeki santrallerin kurulu gücünde artışlar meydana geldiği fark edilecektir (TEİAŞ, 2022):

- 10.119 santralle yenilenebilir enerji kurulu gücü bir önceki aya kıyasla 160.3 MW artmış ve 53787 MW seviyesine çıkmıştır. Yenilenebilir santrallerin toplamdaki kurulu güç içindeki payı %53.93 olmuştur. Güneş enerji santrallerinin kurulu gücü 8085 MW iken, güneş enerji santral sayısı ise 8566 olmuştur.
- Toplamda 355 rüzgar enerji santralinden toplam 10882 MW kurulu güç elde edilmektedir.
- Jeotermal enerji santral sayısı 63 iken, söz konusu santrallerin kurulu gücü ise 1686 MW olmuştur.
- Biyokütle enerji santral sayısı 380 iken, söz konusu santrallerin kurulu gücü ise 1745 MW seviyesindedir.

2.2. GÜNEŞ ENERJİSİNİN TARİHİ

Güneş enerjisine dair çalışmalar 1839 yılında Alexandre Edmond Becquerel tarafından elektriğin güneş ışığından nasıl üretilebileceğini açıklayan fotovoltaiik etkiyi bulması ile başlamıştır. 1973 yılında dünya genelinde yaşanan petrol krizi, insanların yenilenebilir enerji kaynaklarından daha fazla yararlanmaya başlamasını sağlamıştır. İlgili çalışmalar diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre daha masrafsız olan güneş enerjisine yoğunlaşmıştır. Bilhassa evlerdeki suyun ısıtılmasında güneş enerjisinden faydalanmak için güneş topa ları kullanımı yaygınlaşmıştır (Karamanav, 2007).

Karbondioksit emisyonlarının azaltılması ve küresel ısınma konularının gündeme gelmesiyle beraber yenilenebilir ve temiz enerjiye olan ilgi ciddi anlamda artış göstermiştir. İlgili gelişmelerin neticesinde endüstriye tip enerji üretimi 1984’te Los Angeles’ta Luz Inc. tarafından yapılmıştır. Parabolik aynalı sistemin kurulması ile 354 MW güç üretilmiştir (Karamanav, 2007).

Ülkemizde de güneş enerjisine yönelik kullanımlar ve buluşlar önemli hale gelmiştir. Bağımsız bir enerji kaynağı olmasından dolayı ülkelerin söz konusu enerjiden yararlanmasının artış göstermesi, kendi çıkarları açısından önemlidir. Ülkemizde bu enerji kaynağına yönelik ilk ulusal kongre 1975'te yapılmıştır. Daha önceki dönemlerde güneş enerjisinin alternatif bir enerji kaynağı olarak kabul edilmesi ise 1960 yılında yaşanmıştır. Söz konusu dönemden başlayarak çalışmalar ciddi anlamda artış göstermiş, uzman kişiler ile üniversitelerin bu alandaki faaliyetleri ve bilgi birikimleri artış göstermiştir (Burhan, 2012).

2.3. GÜNEŞ ENERJİSİNİN TOPLANMASI VE DEPOLANMASI

Güneş enerjisinden yararlanabilmek için ilk olarak toplanması gerekir. İlgili toplama işlemi iki farklı şekilde yapılır. Bunlar; güneş ısısından faydalanabilmek için kullanılan güneş ısı kolektörleri ve elektrik üretimi için kullanılan fotovoltaik pillerdir. Bilhassa sıcak su üretiminde kullanılan güneş ısı toplama yönteminin basit ve ucuz olmasına karşın yüksek verimlidir. Isıl özelliğinden faydalanarak güneş radyasyonunu toplamada kullanılan güneş kolektörleri; odaklayıcı ve yoğunlaştırılmalı güneş kolektörü, düz yüzeyli ve yoğunlaştırmaz güneş kolektörü ve güneş havuzları şeklindedir (Akış, 2021).

Yaygın olarak kullanılan kolektör, düz yüzeyli olan ısı güneş kolektörüdür. Bunlar direkt olarak gelen güneş radyasyonuna ek olarak kırılma ve yansımalarla dağılan yaygın güneş radyasyonunu da değerlendirir. Düz yüzeyli olan kolektör 100°C seviyesini aşmayan uygulamalarda tercih edilir. Güneşi takip etmesi gerekli olmayan, güney yönünde ve güneş radyasyonu üzerine dik olarak gelecek şekilde eğik yerleştirilen ilgili kolektörlerin mevsimlik ayarlanması gerekir (Kayapınar, 2019).

Bu kolektörler, güneşli su ısıtıcılarda kullanılır. Bu sayede bir kolektör soğurucu plakta, sırt ısı izolasyonu, dış kasa ve üst saydam (plastik veya cam) örtüden meydana gelir. Güneş radyasyonu, soğurucu plaka üzerinden tutularak hava ya da su gibi bir akışkana transfer edilir. Isıtılacak akışkanın çeşidine kıyasla soğurucu plakada özel kanallar veya boru bulunur (Akış, 2021).

Isıl geçirgenliği ve özgül ısısı yüksek olması gerekli olan soğurucular, plakalı ısı eşanşörlerine benzer. Güneş radyasyonunun çarptığı yüzeyler, yüksek oranda soğurma sağlaması için mat siyahtır ya da özel bir işlemle radyasyon seçici bir tabakaya dönüştürölür. Soğurucu kısmın ön bölümünde çift veya tek saydam örtü, arka kısmında ise sırt ısı izolasyonu vardır. Burada ifade edilen klasik yapılı düz yüzeye sahip kolektörlerin verimleri, sıcaklık farkı ile ilgilidir. Geliştirilmiş düz yüzeyli olan kolektörler ise ısı borusundan oluşur. Bu boru, üretildiği malzemenin ısıl geçirgenliğine bağlı olmadan ısıyı tek yönde geçiren ve yüksek ısı kapasitesi olan bir unsurdur (Kayapunar, 2019).

2.4. GÜNEş ENERJİSİNİN AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI

2.4.1. Güneş Enerjisinin Avantajları

Güneş enerjisinin pozitif etkilerine bakıldığında bölgesel kullanım kolaylığı, atık seviyesinin düşük olması, dışa bağımlı olmaması ve işletme kolaylığı gibi artılarından dolayı son dönemlerde çevresel etkilerin azaltılması politikası bağlamında ciddi bir avantajı vardır (Elibüyök, 2017).

Bölgesel kalkınmasının ilk adımı olarak kullanılmayan uygun bir enerji kaynağı olan güneş, enerjiye gereksinim olan birçok noktada kullanılabilir (Durak, 2016). Temiz, sonsuz ve bol bir enerji kaynağı olarak dikkat çeker. Çevreye karbondioksit , kükürt ve duman gibi zararlı maddeler salmaz.

Hidroelektrik santrallere kıyasla güneş santralleri daha az alan kaplar. Güneş enerjisi santrallerinin kapladıkları alan $0.025 \text{ km}^2/\text{MW}$ iken, bu rakam hidroelektrik santrallerde $1 \text{ km}^2/\text{MW}$ seviyesinde ve bazen de bunun dahi üzerinde olabilmektedir. Söz konusu durum, kaplanan alan bakımından önemli bir tasarruf işareti olarak dikkat çeker (Ertürk vd., 2006).

Güneş enerjisi santrallerinin sessiz şekilde çalışması da önemli bir çevresel avantaj kabul edilir. Bunun yanında güneş panelleri dayanıklı yapısı sayesinde yıpratıcı hava koşullarına dayanabilir. Bu sistemlerin bakım ihtiyaçları fazla değildir. Güneş paneli

üreticileri tarafından güneş panellerine 20-25 yıl garanti verilir. Hareketli parça bulunmamasından dolayı yıpranma olasılığı düşüktür. Sürekli çalışma rejimine sahip olması, 5-10 yıl sonra değişmesi gereken tek parça olmasına neden olur. Evirici haricinde, kabloların da sistemin en yüksek verimde çalışması açısından bakıma ihtiyacı bulunur (Gürbüz, 2018).

2.4.2. Güneş Enerjisinin Dezavantajları

Amerika ve Avrupa kıtalarında araştırmacılarca yapılan çalışmalar neticesinde, güneş panellerinin 300'e yakın deniz canlısı türü için sahte yaşam alanı meydana getirdiği tespit edilmiş ve söz konusu canlıların, panellerin yansıtıcı yüzeylerini su zannederek yumurtalarını o bölgeye bıraktıklarını saptamışlardır. Çalışmada, üremenin olumsuz etkilenmesinin besin zincirinde sorunlara neden olabileceği iddia edilmektedir (Gürbüz, 2018).

Güneş enerji santrallerinin geceleri elektrik üretememesi ve kış mevsiminde verimliliğinin %50 düşmesi de önemli dezavantajlardandır. Panellerinde gölgelemeye neden olabilecek toz, kir ve benzeri çevresel etkilere açık olması, önemli bir sorundur. Güneş enerji santrallerinin dövizle bağlı yatırım maliyeti olması ve bu yüzden yatırım maliyetlerinin yüksekliği de bir diğer dezavantaj olarak dikkat çeker (Ertürk vd., 2006).

Güneş enerji santrallerinde kurulu gücün arttırılması için panellerin kaplayacağı alanın arttırılması gerekir. Büyük alanlara ihtiyaç duyulması, güneş ışınlarının düzenli ve sabit olmaması nedeniyle depolamaya ihtiyaç duyulması ve depolama olanaklarının sınırlı ve maliyetli olması da ciddi dezavantajlar arasındadır.

Güneş kaynaklı elektrik enerjisi üretim sistemleri türlerine ve kuruldukları alana göre canlı hayatını etkiler. Santrallerin kurulduğu alanlarda canlı çeşitliliğinin inşaat nedeniyle azalmasına ve görüntü kirliliği oluşmasına neden olur (Durak, 2016).

Güneş panelleri, pek çok yardımcı ekipmandan meydana gelen yapısından dolayı ayrı maliyetler gerektirir. Bunun yanında ilgili teknolojiler sürekli geliştiğinden dolayı

fiyatlar düşüş eğilimindedir. Yakın gelecekte fiyatların daha da düşeceği tahmin edilmektedir. Bu yüzden ilgili durum yatırımcılarda şüpheyne neden olmaktadır (Gürbüz, 2018).

2.5. TÜRKİYE GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ

Güneşten elektrik üretimi, ışınların fotovoltaiik modüllere gelmesi ve sonrasında oluşan kimyasal ve fiziksel olaylarla meydana gelmektedir. Güneş enerji sistemlerinde bulunan elemanlar verimliliği önemli seviyede etkilerken, bu noktadaki en önemli parçalar fotovoltaiik modüller olarak kabul edilebilir (Khan ve Arsalan, 2016).

Çizelge 2.1. Türkiye'nin yıllık toplam güneş enerjii potansiyelinin bölgelere göre dağılımı.

Bölge	Toplam Güneş Enerjisi (kWh/m ² -yıl)	Güneşlenme Süresi (saat/yıl)
Güneydoğu Anadolu	1460	2993
Akdeniz	1390	2956
Doğu Anadolu	1365	2664
İç Anadolu	1314	2628
Ege	1304	2738
Marmara	1168	2409
Akdeniz	1120	1971

Kaynak: Arslan, 2018

Ülkemizin güneş haritasındaki dağılım, kuzeyden güneye doğru doğal şekilde artar (Arslan, 2018).

Ülkemiz 1.6 mWh/kWp yıllık ulusal ortalama ile güneş enerjii üretim gücü bakımından dünyadaki en yüksek potansiyele sahip ülkeler arasında yer alır. Örneğin; Almanya'da bu değer 1.1 mWh/kWp seviyesindedir. Ancak elektrik tüketiminin önemli bölümünü ithal doğalgaz ve kömürle karşılanan Türkiye'de, bir önceki yıl güneş enerjiisinden elde edilen elektrik, toplam tüketimin yalnızca %2.6'sını oluşturmuştur. 2018'de enerji ithalatını bir önceki yıla göre %15 arttırmış ve bunun

için 48 milyar \$ ödeme yapmıştır. Türk Lirası'nda yaşanan değer kaybı ile enerji dış ticaret açığının kötüleşme riski, ülkemizin güneş enerjisi de dahil olmak üzere yenilenebilir ve yerli pazarını büyütmeyi sürdürmesi bakımından önemli bir nedendir (Flora vd., 2019).

Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) ülkelerinde genel olarak durum incelendiğinde, petrol, gaz ve kömürden meydana gelen fosil yakıtların elektrik üretimindeki oranının 2017'de %56 seviyelerinde olduğu görülür. Benzer koşullar altında ülkemizdeki duruma bakıldığında ise 2018 yılında fosil yakıtlardan elektrik üretiminin toplam üretimdeki paylarının %72.54 düzeyinde olduğu, 2019'da ise ilgili rakamın %57.42 düzeyine kadar indiği belirtilmektedir (Çetin vd., 2019).

Türkiye'nin sahip olduğu güneş enerjisi potansiyelini tam olarak kullanabildiğini söylemek zordur. Türkiye'de, güneş enerjisi doğal potansiyeli düzeyinin 977.000 milyar kilowat/saat (kWh), teknik potansiyelin 6.105 milyar kWh ve ekonomik potansiyelin ise 305 milyar kWh olduğu ifade edilmektedir (Çetin vd., 2019).

Ülkemizin GES ile elektrik üretimi potansiyeli 189 GWh/yıl olup, bu bakımdan İspanya ve Fransa gibi ülkelere göre yaklaşık %30 daha zengindir. Ülkemizin ilgili potansiyelinin yüksek olmasının temelinde konumu ve güneşlenme gün sayısının fazla olması türünden unsurlar vardır (Kömürcü, 2019).

Türkiye, Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı doğrultusunda 2023 için iklimlendirme gereksiniminin en az %15'lik bölümünü yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılama hedefi çerçevesinde güneş enerjisini daha verimli, yenilikçi, etkin ve teknolojik olarak kullanmak zorundadır. 2023 yılı brüt elektrik ihtiyacının 500 bin MW olacağı tahmini ile Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyelini kullanmak koşuluyla 2023 yılında elektrik talebinin tamamını güneş enerjisinden karşılayabilir (Karagöl ve Kavaz, 2017).

Türkiye'de yer alan 10 adet büyük güneş enerji santrali örnek olarak aşağıdaki tabloda gösterilmiştir (Kömürcü, 2019).

Çizelge 2.2. Türkiye’de bulunan 10 büyük güneş enerjisi santrali.

Güneş Enerjisi Santrali	Kurulu Gücü (MW)	Bulunduğu İl
Kayseri OSB	50	Kayseri
Özkoyuncu Madencilik Balıkesir	40	Balıkesir
Konya Karatay Kızören	18	Konya
Derinkuyu	17	Nevşehir
Elazığ Kovancılar	15	Elazığ
Makascı Mühendislik	10	Konya
Kayseri Çiftlik	10	Kayseri
Renoe Acupayam	10	Denizli
Astor Enerji Bozova	8.97	Şanlıurfa
Tekno Enerji Aydın Savcılı	8.92	Aydın

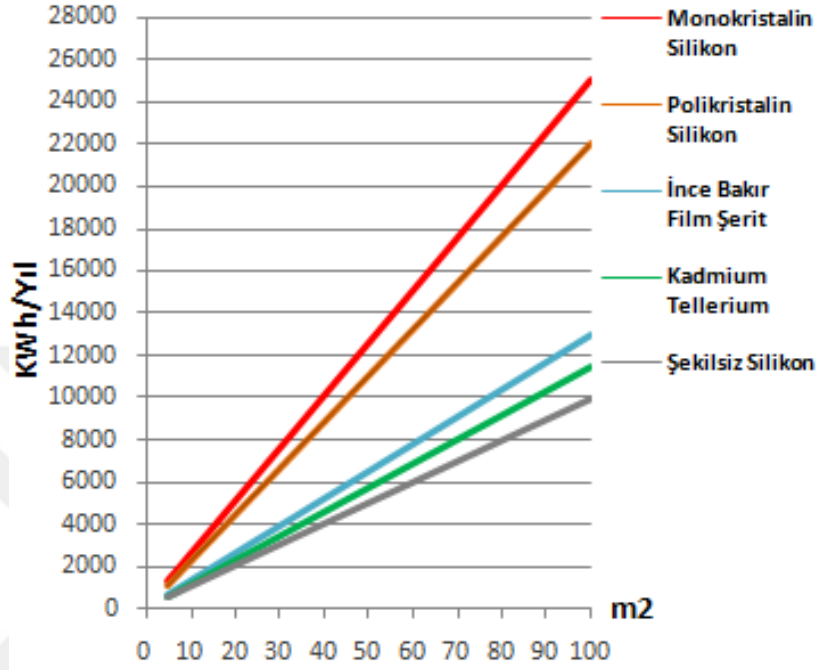
Kaynak: Kömürcü, 2019.

Fotovoltaik modüler malzemelerine (optik yoğunlaştırıcı düzenekler, galyum arsenit piller, kristal silikon piller ve diğerleri) ve verimlerine göre kategorize edilmiştir. Verim noktasındaki sınıflandırmanın yanında her kW enerji açısından gerekli olan modül alanı ile ayrı bir yüzey alanı sınıflandırması yapılmış, söz konusu sınıflandırmada kristal levha bazlı fotovoltaik modüler; tek kristalli için 7 m² ve çok kristalli için ise 8 m² ile en yüksek verimli sınıf olarak dikkat çekmiştir. Üretim gerçekleştirilecek alanda yüzölçümüyle alakalı sınırlılıklar bulunuyorsa arazi maliyeti yüksekse kristal silikon pillerin tercih edilebileceği sonucu çıkar (Çolak, 2010).

100 m² panel alanında bir yılda elde edilecek enerji 25.000 kWh ile 10.000 kWh arasında değerler alır. 1 MWe kurulu güce sahip olan GES için gerekli panellerin toplam alanı en az 10.000 m² iken, buradaki yanlış panel tercihi nedeniyle yıllık 3.000.000 kWh/yıl enerji kaybı yaşanabilmektedir (Eser, 2021: 43).

Malzeme seçiminin ne kadar önemli olduğunu fark ettirmek adına; 10.000 MWe kurulu güç için yaşanabilecek kayıp, basit olarak 30 TWh/yıl veya 30.000.000.000 kWh/yıl şeklinde hesaplanabilmektedir. Bu doğrultuda malzeme tipleri dikkatli bir şekilde incelenmeli, maliyet analizleri ile birlikte teknik analizler de

gerçekleştirilmektedir. Çalışma doğrultusunda değerlendirilmesi planlanan fotovoltaik modül malzemeleri çok kristalli (polikristalin silikon) ve tek kristalli (monokristalin silikon) tipi malzemeler şeklindedir (Eser, 2021: 43).

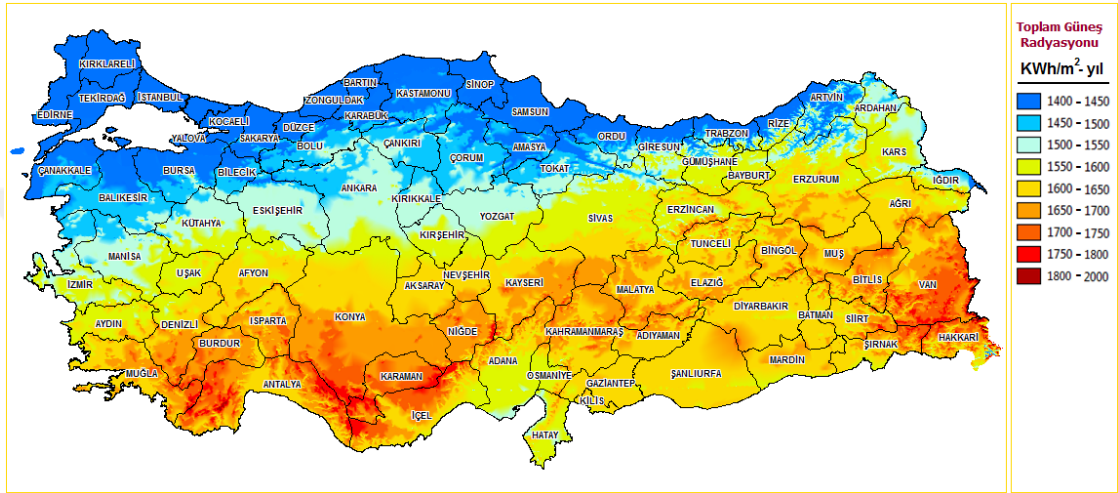


Şekil 2.4. Türkiye için fotovoltaik modül tipi / alan / üretilebilecek enerji (kWh – yıl) (Anonim, 2019a).

Güneş enerjisi potansiyeline ilişkin hesap yapılırken ışınların geldiği noktaların güneş radyasyon değerleri dikkate alınır ve 1 m² alana gelen miktarı hesaplanır. Hesap yapılırken her 1 m² büyüklüğündeki alan için saatlik güneşlenme verileri bir yılı tamamlayacak şekilde toplanarak veriler hesaplanır. Burada bölgenin gün içerisindeki güneşlenme süresi ve yıl içindeki güneşlenme süresi sürekli olarak değişim içindedir (Eser, 2021: 44).

Ülkemizin geneli için Temmuz ayında güneşlenme süresinin ortalaması 11.31 saat iken, bu sürenin Aralık ayında 3.75 saat olduğu tespit edilmiştir. İlgili süreler haricinde güneş enerji santralleri kaynaktan yoksun kalırlar ve pasif duruma geçerler. Işınların panele gelme açısı, panel yüzeyinin temizliği türünden diğer unsurlarda üretimi etkiler (Anonim, 2019a).

Ülkemiz genelinde en yüksek potansiyel 2000 kWh/m² - yıl, en düşük potansiyel ise 1400 kWh/m² - yıl şeklinde tespit edilmiştir. Sahada gerçekleştirilen ölçümlerde ilgili sınırların dışında veriler elde edilebilir ve doğal olarak üretim o andaki güneş radyasyon değerlerine göre değişiklik gösterir. GEPA modeli, 1985 ile 2006 yılları arasındaki dönemde ölçümü gerçekleştirilen güneş ölçüm değerlerinin, 22 yıl boyunca gözlenerek, ortalamasının alınması ile oluşturulan bir haritadır (Anonim, 2019a).



Şekil 2.5. Güneş enerjisi potansiyel atlası, GEPA (Anonim 2019a).

Ülkemizin geneli için yıllık toplam güneşlenme süresi 2741 saat, yıllık ortalama güneş enerjisi 1527 kWh/m² ve günlük ortalama güneşlenme süresi ise 7.5 saat olarak ölçülmüştür (Anonim 2019n). Burada yeryüzüne gelen güneş ışınlarından güneş panellerinin etkili olarak yararlanabildiği enerji miktarı yaklaşık 1100 kWh/m² olarak ölçülmüştür (Varınca ve Gönüllü 2006). Dünyaya gelen ışınların panellerce kullanılma düzeyi için; $[(1527 - 1100) / 1527 = \% 27.96]$ dünyaya gelen güneş ışınları açısından % 28'lik bir kayıptan bahsedilebilir. Potansiyel hesaplarının yapılması için, güvenli aralıkta kalmak amacıyla, kapasite faktörünün %20 alındığı hesaplamalarda;

Kurulu güç için (Eser, 2021: 45);

- $1100 / (24 \text{ saat} \times 365 \text{ gün}) = 125.57 \text{ W/m}^2$
- Türkiye'deki potansiyel kurulu güç için;
- $125.57 \text{ W/m}^2 \times 10.186.306.000,00 \text{ m}^2 = 1279094 \text{ MW}$
- Yaklaşık üretim için kapasite faktörü ile;

- $1100 \text{ kWh/m}^2 \times 0,20 = 220.00 \text{ kWh/m}^2 - \text{yıl}$
- Yıllık toplam enerji üretimi için;
- $220,00 \text{ kWh/m}^2 - \text{yıl} \times 10.186.306.000, 00 \text{ m}^2 = 2.241,00 \text{ TWh}$
- Türkiye'nin 2018 yılı enerji üretimine oranı için;
- $2.241,00 \text{ TWh} / 304,80 \text{ TWh} = \% 735,24$

2.6. YÜZER GÜNEŞ ENERJİ SANTRALLERİ

Yüzer güneş enerji santralleri ya da yüzer fotovoltaik güneş enerjisi kullanım yöntemlerini genişletebilmek için geliştirilen yöntemlerdendir. Arazi tipi olan güneş enerjisi santralleri var olan toprakların kullanımı neticesinde oluşturulur. Var olan toprakların kullanımı ile doğal yaşam, tarımsal faaliyetler, verim ve maliyet noktasında sorunlar yaşanır. Bilhassa yüksek nüfusa sahip olan ülkeler arazi kullanımı noktasında rekabet içinde olduklarından güneş enerji santrallerinin faaliyetleri genellikle ikinci planda kalır. Yüzer sistemlerinin ekstra bir zemine gereksinim duymamaları, ciddi bir avantajdır. Kurulum alanlar genel olarak barajlar, denizler ve hidroelektrik santrallerdir. Karasal olan sistemlere göre hidroelektrik santraller üzerine kurulan yüzer güneş enerji sistemleri, elektrik sistemine entegre olmak için ekstra maliyet gerektirmemektedir. Panellerin su yüzeyine yakın olması nedeniyle panel verimliliğinde artış ve buharlaşma oranında ise azalma meydana gelmektedir. Yüzer sistemler, karasal sistemlere kıyasla %4-8 daha verimlidir (Luyao, 2017). Yüzer güneş enerji santrallerinin var olan hidroelektrik santrallerine eklenmesiyle üretilen elektrik miktarını önemli oranda arttırır. Yüzer güneş santralleri, düşük su seviyesinde gerekli olan elektrik gereksinimini karşılar.

Yüzer güneş enerji santralinin avantajları aşağıda yer alan Şekil 2.6'da gösterilmiştir (Nan vd., 2020).

Güneş paneli ve plastik taşıyışı dubanın gölge etkisi ile rezervuar yüzeyinden buharlaşmanın miktarını azaltmaktadır.

Güneş ışığının su yüzeyine direkt olarak maruz kalmaması sebebiyle su altında belirli dalga formunda yaşayan alglerin üremesi sonucu su kalitesinde su altı ekolojik dengesinde iyileşmeye yol açmaktadır.

Panellerin gölgelenmesi genellikle etraftaki yapılar baca ve ağaç gölgeleri şeklindedir. Yüzer güneş enerji santrallerinde panellerin birbirlerini gölgelemesi haricinde gölgelenme etkisi yoktur.

Toz ve panellerin kirlilik seviyesi karasal sistemlere göre çok daha azdır.

Yüksek ve hızlı kurulum aşamasına sahiptir.

Şekil 2.6. Yüzer güneş santrali avantajları (Nan vd., 2020).

Yüzer güneş enerji santrallerinin çalışma prensibi karasal olanlarla aynıdır. Ancak kurulum esnasında dikkat edilmesi gereken hususlar vardır. Bunların başında belirli koruma sınıflarına (IP) sahip olmaları gerekir. Güneş panellerinin üretmiş olduğu elektriğin dönüştürülmesi için kullanılan solar çevirici tiplerin yüzer platformun doğru noktasında konumlandırılması için tamamen su geçirmeyen IP sertifikasına sahip olması gerekir. IP sertifikasyonunun bu kadar yüksek olması nedeniyle maliyet yükselmektedir. Çoğunlukla yüzer güneş santrallerinde DC toplama kutusu oluşturulur ve elde edilen gerilim karada küçük ebatlarda bir solar çevirici odasında toplanır. Böylece bakım maliyetleri düşürülür ve arıza riski azalır. Söz konusu oda ile trafo köşkü de gerekli hallerde oluşturulur (Serim, 2021).

Yüzer güneş enerji sistemlerini karasal olanlardan bir başka farkı da panellerinin montajının yapıldığı yüzeyin farklı yapısıdır. Farklı yapıda olmasının en önemli nedenlerinden biri metal sistemlerin zemine olan uzaklıklarına bağlı olarak kurulacak sistemin yüksek dayanıma sahip olmasının gerekliliğidir. Yüksek dayanım, su düzeyinin azalıp artması, akıntıya karşı koyulması metal konstrüksiyon sistemlerde oldukça zordur. Yüzer sistem uygulamalarında sık sık mebran yapı veya plastik blok sistem tercih edilir (Nan vd., 2020).

2.6.1. Türkiye Yüzer Güneş Enerji Santrali Potansiyeli

Ülkemizde 595 tane baraj ve 45 tane göl vardır. Ülkemizde kullanılan barajların kullanım alanlarına ve tiplerine bakıldığında yüzer güneş santrali potansiyeline sulama için kurulan baraj göllerinin uygun olduğu görülür. Bir sonraki tabloda barajların yüzer güneş santrali kurulabilir alanı, rezervuar alanları ve kapasite bilgileri yer almaktadır (DSİ, 2021).

Güneş enerji santrali pazarında 330 Wp'lik panellerin kullanılması ile 1 MW yüzer santral kurulduğunda 11.000 ile 15.000 m² arasında alana ihtiyaç duyulur. Bir sonraki tabloda ülkemizin yüzer güneş santrali potansiyeli gösterilmiştir. Ülkemizin barajlarındaki YGES kapasitesi, yüzey alanlarının %1'i olarak hesaplandığında 15.764 MW kapasitesine denk geldiği tespit edilmiştir. Ülkemizin ortalama güneşleme süresine göre hesaplamalar gerçekleştirildiğinde 41.4 milyon MWh üretim potansiyeli olduğu görülür. 2019 yılındaki elektrik üretim miktarına göre %14.3'lük bir YGES potansiyeli olduğu anlaşılmaktadır (DSİ, 2021).

Çizelge 2.3. Türkiye yüzer güneş enerji santrali potansiyeli.

Baraj Tipi	Rezervuar Alanı (km ²)	Yüzer GES Yüzer Kurulabilir Alan Kapasite (MW) %1 (km ²)
Hidroelektrik	1965	19,6 2235
İçme suyu	1290	12,9 1529
Sulama	10200	102 12000
Toplam	13455	134 15764

Kaynak: DSİ, 2021.

Ülkemiz yüzer güneş enerji potansiyeline sahiptir. Güneş enerjisinden farklı yöntemlerle yararlanarak enerjideki dışa bağımlılığı engelleme ve elektrik üretimini çeşitlendirmede bu potansiyel büyük öneme sahiptir. Ülkemizin yer aldığı Ortadoğu coğrafyasından gelecekte yaşanması beklenen su problemine yüzer santraller çare olabilir. Söz konusu santrallerin su yaşamına ve buharlaşmaya olan olumlu etkileri, tercih edilmelerine imkân vermektedir (Serim, 2021).

Ülkemizde birkaç yüzer güneş enerji santrali vardır. İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından kurulan 240 kW gücündeki santral bunlardandır. Baraj tipi güneş enerji santrali olarak Mersin Azmak 2 Hidroelektrik Santrali üzerine Ekim 2014 döneminde 20 kW gücünde bir güneş enerji santrali kurulmuştur. Büyükçekmece Gölü üzerine kurulan 240 kW gücündeki yüzer güneş enerji santrali aşağıdaki şekilde yer almaktadır (<http://www.enerjiatlasi.com>, 2021).



Şekil 2.7. Yüzer güneş enerji santrali Büyükçekmece gölü. (<http://www.enerjiatlasi.com> , 2021)

Aşağıda bulunan şekilde Mersin ilindeki Azmak 2 Hidroelektrik Santrali üzerine 20 kW gücünde kurulu yüzer güneş paneli sistemi yer almaktadır.



Şekil 2.8. Yüzer güneş santrali Azmak 2 Hidroelektrik Santrali (tr.tyt.com.tr).

Güneş enerji sistemleri çatı, arazi ya da yüzer olarak kullanıldığında yüksek ilk kurulum maliyetine sahip olur. Yüzer güneş enerji santralleri kıyaslama yapılabilmesi için karasal olan santrallerle karşılaştırılır. Malzeme ve yapı olarak aralarında kullanım koşulları nedeniyle farklılıklar vardır. Arazi tipi olanlar kuru ve sabit bir zemin üzerinde monte edilirken, yüzer olanlar ise ıslak ve esnek bir zemine kurulur. Yüzer olan güneş enerji santralleri, maliyetlerin nispeten artmasına neden olur. Gerçekleştirilen üretim çalışmaları ekipmanların ve taşıyıcı sistemlerin ıslak zemine karşı duyarlılığın arttırılmasıyla maliyetlerin düşmesi tahmin edilmektedir. Kurulum maliyetleri bakımından YGES'ler açısından 8-1.2 USD/Wp uygun olarak kabul edilir (<http://openknowledge.worldbank.org>).



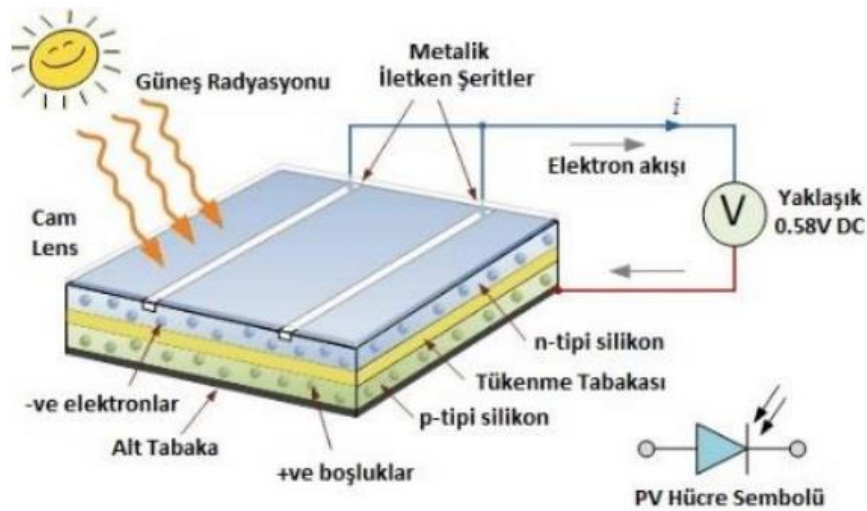
BÖLÜM 3

GÜNEL PANELLERİ

3.1. FOTOVOLTAİK HÜCRE

Güneş enerjisinden elektrik üretilmesinde kullanılan bir diğer yöntem olan ve sektörel açıdan hızlı büyüyen teknik, fotovoltaik hücrelerin yardımıyla elektrik üretilmesidir. Hücreler şeklinde üretilir ve farklı oranlarda birleştirilerek modüler duruma getirilir ve bu şekilde kullanılır. Hücreler 0.2 ile 0.4 mm kalınlığında olacak şekilde üretilmektedir. Fiziksel özellikleri açısından fotovoltaik hücre ile PN yüzey birleşmeli diyot arasında benzerlikler vardır (Akış, 2021).

Fotovoltaik (pv) teknolojiler, genellikle güneş hücreleri olarak bilinmekte ve güneş ışığından gelen enerjiyi emen ve yarı iletken malzemeler üzerinden elektrik enerjisine dönüştüren cihazları kullanmak suretiyle güç üretmektedir. Güneş pillerinin birbirlerine bağlanması ile daha büyük güç üretilmesini sağlayan modülleri veya diğer ismiyle güneş panellerini meydana getirirler (<http://www.energy.gov>). Fotovoltaik modüllerin bir araya getirilmesinde diziler meydana gelmektedir.



Şekil 3.1. Fotovoltaik hücrenin basit yapısı (Rauschenbach, 2012).

Işık, birleşme yüzeyince absorbe edildiğinde, emilen fotonların enerjisi, malzemenin elektron sistemine transfer edilir ve bu sayede birleşme yüzeyinde ayrı bölümlere çekilerek yük taşıyıcıları oluşur. Söz konusu taşıyıcılar, bir sıvı elektrolitteki elektron iyonları ya da katı yarı iletken malzemedeki elektron oyuk çiftleri olabilmektedir. İlgili taşıyıcılar birleşme yüzeyi bölgesinde, bir elektrik alan altında artan ve adeta harici bir kaynak bulunuyormuş gibi yenilenen bir potansiyel güç meydana getirir. Elektriğe dönüştürülen güç, birleşme alanından geçen akımın karesiyle hücrenin direncinin çarpımı şeklinde ifade edilir. Fotonlarda kalan enerji, hücrelerin ısınmasına neden olur. Fotovoltaik potansiyelin kaynağı, fermi düzeyi şeklinde adlandırılan, iki yalıtılmış malzemedeki elektronların kimyasal potansiyel farkı olarak ifade edilir. Söz konusu iki farklı malzeme bir araya geldiğinde yeni bir termodinamik denge meydana gelir (Bahtiyar, 2006).



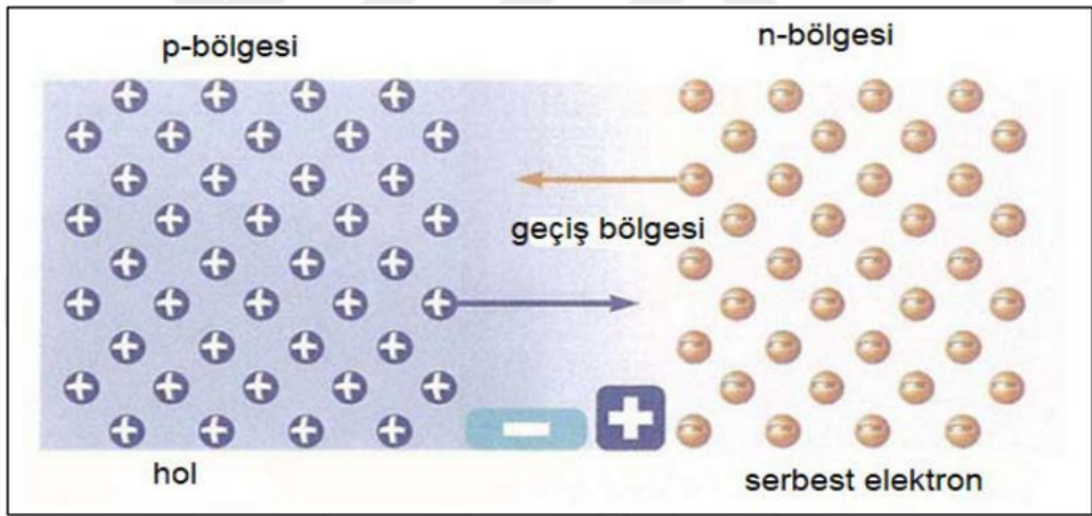
Şekil 3.2. Fotovoltaik hücre (<http://www.antalyaenerji.com> , 2022).

Meydana gelen fotoakımın kullanılması amacıyla birleşme yüzeyinin her iki tarafına metal temas yüzeyleri yerleştirilmiştir. Gelen güneş ısınımı malzemenin üzerinden belli bir düzeyde yansıma ile geri döner. İlgili durum enerji kaybına neden olmaktadır. Söz konusu durumun engellenmesi amacıyla ön yüzey yansıma önleyici bir maddeyle kaplanır. Hücre ilgili durumuyla gelebilecek darbelerden kolay bir şekilde zarar görebilir. Bu yüzden saydam bir yapıştırıcı kullanılarak ön yüzün üzerine yerleştirilen camla mekanik olarak koruma sağlanır (Bahtiyar, 2006).

3.1.1. Hücresinin Yapısı

Fotovoltaik hücreler, günümüzdeki birçok elektronik ürün gibi yarı iletken maddelerden yapılır. Bu hücrelerin üretilmesi için en elverişli maddeler kadmiyum tellür, galyum arsenit ve silisyumdur. Fotovoltaik hücrelerdeki yarı iletken maddelerin enerji dönüşümünü sağlaması için n ya da p tipi olarak katkılanmaları gerekir. İlgili katkılamada yarı iletkenin n ya da p tipi olmasını katkı maddesi belirler (Megep, 2012).

Katkı maddesinin dahil edilmesiyle meydana gelen p tipi yarı iletkenlerde elektron eksikliği meydana gelir bu “hol” olarak isimlendirilir. Dolayısıyla P tipi yarı iletken maddelerin pozitif yüke sahip olduğu kabul edilir. N tipi yarı iletkenlerdeyse katkı maddesinin eklenmesinin ardından elektron fazlalığı meydana gelir ve bu durumda n tipli yarı iletken negatif olarak yüklenmektedir (Biçen, 2018).



Şekil 3.3. Geçiş bölgesi (Öztemel, 2012).

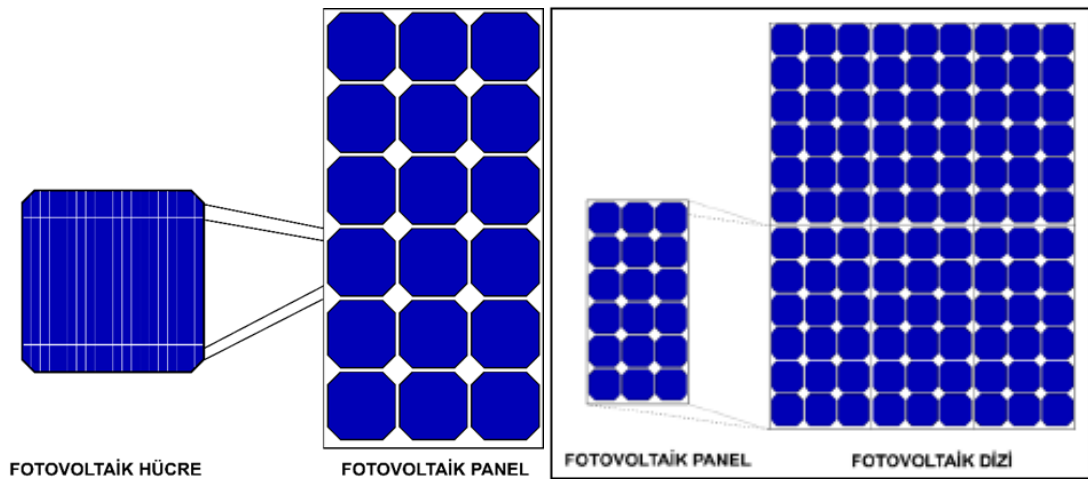
N ve p tipi yarı iletkenlerin birleşmesiyle yarı iletken eklemler meydana gelir. N ve p tipi yarı iletken maddelerin birleşmeden önce elektriksel açıdan nötrdür. PN eklemine güneşten gelen fotonlar geldiğinde n tipindeki yarı iletken p tipi yarı iletken yönünde elektron geçişi oluşur. İlgili geçiş her ikisinin de elektriksel yük dengesinin meydana gelmesine kadar sürer. PN eklem bölgesinde n bölgesinde pozitif, p bölgesinde negatif yükler birikir. Söz konusu birikimle meydana gelen bölge “yükten arındırılmış bölge” ya da “geçiş bölgesi” olarak isimlendirilir. Yukarıda yer alan

şekilde geçiş bölgesi gösterilmiştir (Öztemel, 2012). Negatif ve pozitif yüklerin birikmesi nedeniyle bir elektriksel alan meydana gelir. İlgili alana “yapısal elektriksel alan” denir (Beyoğlu, 2011).

3.1.2. Çalışma Prensibi

Fotovoltaik hücreler, güneş enerjisini elektriğe dönüştürmek için kullanılır. Bu hücrelerin enerji dönüşümünü sağlaması için iki evreli fotovoltaik dönüşüm gerekir. İlk evrede güneşten gelen fotonlar PN eklem bölgesine geldiğinde elektron-hol çiftlerini meydana getirirler. İkinci evrede ise bu çiftleri birbirinden ayırmak suretiyle enerji dönüşümünü sağlarlar (Megep, 2012).

Foton fotovoltaik hücrenin üstüne düştükten sonra üst bölgeden geçerek PN eklem bölgesine gelir. Fotonlar burada elektronları uyarır. Uyarılan negatif yüklü elektronlar, pozitif yüklü boşluk bırakarak çoğunlukta oldukları bölgelere doğru hareket etmektedir. Böylece pozitif (+) yüklü boşluklar p tipi yarı iletken, negatif (-) yüklü elektronlar ise n tipi yarı iletken toplanır. Söz konusu toplanma iki yarı iletken arasında gerilim oluşturur. Fotovoltaik hücrelerin bir elektrik devresine bağlanması ile toplanmış olan elektronlar n tipi yarı iletken p tipi olana doğru tek yönlü şekilde hareket eder. Bu ise doğru akım (DA) meydana getirir (Karpuz, 2020).



Şekil 3.4. Fotovoltaik hücre ve fotovoltaik panel.

Tek bir fotovoltatik hücreden elde edilen enerji az olduğundan güneş panellerinde çok sayıda fotovoltatik hücre kullanılır. Bunların paralel ya da seri bağlanmasıyla modüller, modüllerin kendi içinde birleştirilmesi ile fotovoltatik paneller meydana gelir. Yukarıda bulunan şekilde fotovoltatik hücre ve panel yer almaktadır. Fotovoltatik paneller kendi içlerinde paralel veya seri bağlanarak PV dizilerini meydana getirirler. PV dizilerini oluşturmaları ile yüksek seviyede elektrik enerjisinin üretimi gerçekleşir. Bir sonraki şekilde fotovoltatik panel ve fotovoltatik dizi yer almaktadır (İzgi ve Özcan, 2020).

3.2.1. Hücre Tiplerine Göre Panel Türleri

Panel türleri değerlendirildiğinde laboratuvar uygulamaları ve ticari kullanım şeklinde ikiye ayrıldığı görülür. Laboratuvar uygulamaları stabilizasyon problemleri, maliyet yüksekliğinden dolayı kısıtlı çalışmalarda kullanılır. Ticari kullanım için olanlar çoğunlukla 1. nesil olarak isimlendirilen silikon temelli yapıdan oluşur. Ticari panellerin verimleri % 14 ile % 22 arasında değişir (NREL, 2021).

Maliyetlerin düşmesi ve verimin artması için panel üreticileri çalışmalarını hızlandırmıştır. Söz konusu çalışmalar incelendiğinde 1. nesil, 2. nesil, 3. nesil, güneş pilleri şeklinde üç farklı kategoride değerlendirildiği görülür.

3.2.1.1. Birinci Nesil Güneş Pilleri

Tek Kristal (Monokristal) Güneş Pilleri

Tek kristalli silisyum malzeme, modül üretiminde en fazla kullanılan malzemedir. Maliyetli bir yöntem olduğundan panel için dezavantajdır. Silindirik biçimli ignottan kesilerek üretildiğinden köşeleri ovaldir. Oval şekil, verimliliği düşürür. Tek kristalli panelleri diğerlerinden ayırmak bu noktada kolaydır. Üretimi pahalı olmasına rağmen silisyum çok bulunan elementlerdendir. Kuvars ve kum şeklinde bulunur. Kuvars biçimi yarı iletken olan silisyumu elde etmekte kullanılır. Hücre çalışma ilkesi PN eklem diyot çalışma prensibiyle benzer özellikler taşır. Silisyum katkılanması ile P-N eklem diyotu oluşturulur. Eklem diyotun arka bölümü kontak ön yüzeyi ışığı

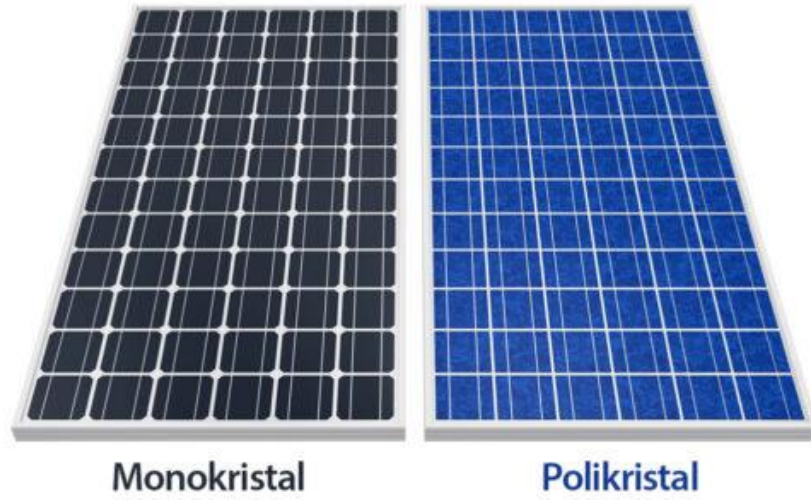
yansıtmayan madde ile kaplanır ve böylece modül tasarımı tamamlanır (Öztürk ve Kaya, 2013). Aşağıda bulunan şekilde tekli kristal yapıya sahip olan esnek güneş paneli gösterilmiştir. Tek kristal hüfcut perc mono kristal panellerin verimleri %20-%22 arasındadır. Eski tip mono kristal panellerin verimi ise %12-%15 arasındadır.



Şekil 3.5. Tek kristal güneş paneli (Öztürk ve Kaya, 2013).

Çok Kristal (Polikristal) Güneş Pilleri

Silisyum eritilir ve bir kaba dökülür, böylece üretim yapılır. Soğumaya bırakılan tabakanın soğumasının ardından ince tabakalar şeklinde kesimler yapılır. Tek kristalli olana kıyasla üretim maliyeti çok daha düşüktür. Verim noktasında ise tek kristalli olanlara kıyasla daha düşük verimliliğe sahiptir. Bu durumun nedeni silisyumun ince şekilde kesilmesi nedeniyle uçlarında meydana gelen iç dirençlerdir. Verimlilikleri ortalama olarak % 14 - % 16 seviyesindedir. Maliyetleri bakımından çoklu kristal güneş pilleri tercih edilir ve yenilenebilir enerji pazarı % 75 olarak çoklu güneş kristal güneş pillerini tercih eder (Kayabaşı ve Kaya, 2020).

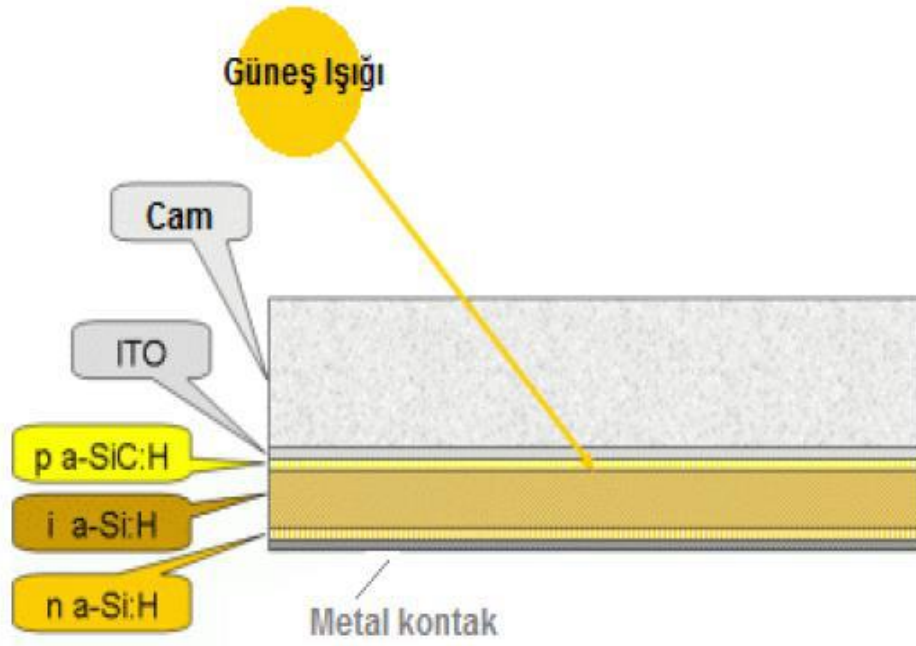


Şekil 3.6. Tek ve çok kristal güneş panelleri (www.aydinlatma.org, 2022).

3.2.1.2. İkinci Nesil Güneş Pilleri

Amorf Silikon (A-Si-H) Güneş Pilleri

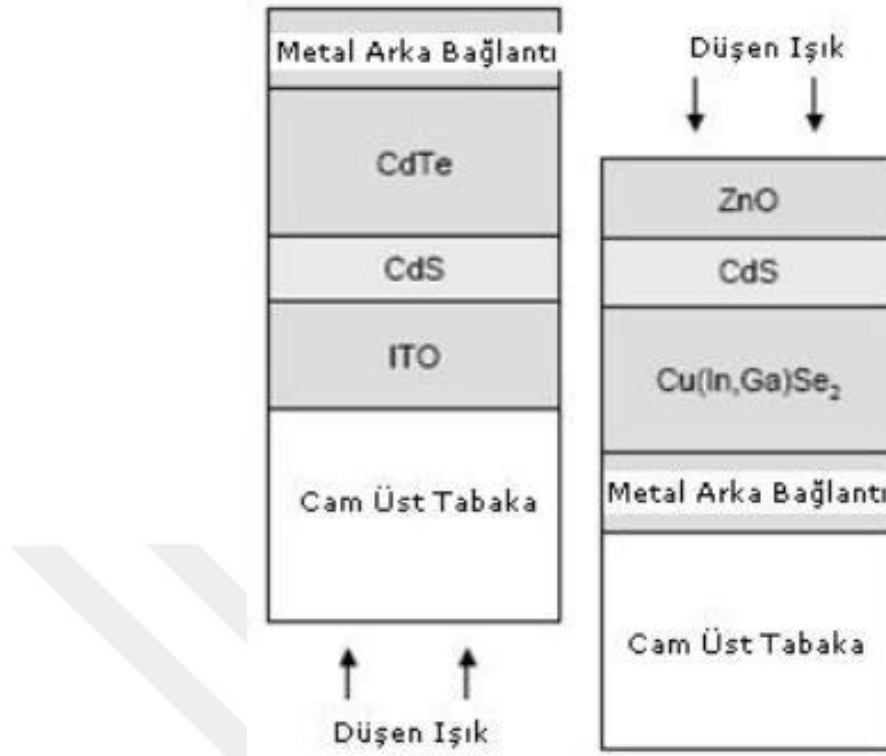
SiH_4 silane gazının 750-2000 °C çöktürme işlemiyle üretilmektedir. Amorf silikon yarı iletken malzeme olup, kristal silisyuma kıyasla daha düşük üretim sıcaklığına sahiptir. Maliyet bakımından daha ucuz olan bu piller, kristal silikon yapısı P-N şeklinde olarak dikkat çeker. Amorf silikon yapı P-I-N yapısı şeklindedir. Verimliliği %8-10 arasında değişir. Aşağıda bulunan şekilde amorf silikon güneş pilinin yapısı gösterilmiştir (Kayabaşı ve Kaya, 2020).



Şekil 3.7. Amorf silikon güneş pili yapısı (Kayabaşı ve Kaya, 2020).

Cdte CuInSe₂ (CIS) Güneş Pilleri

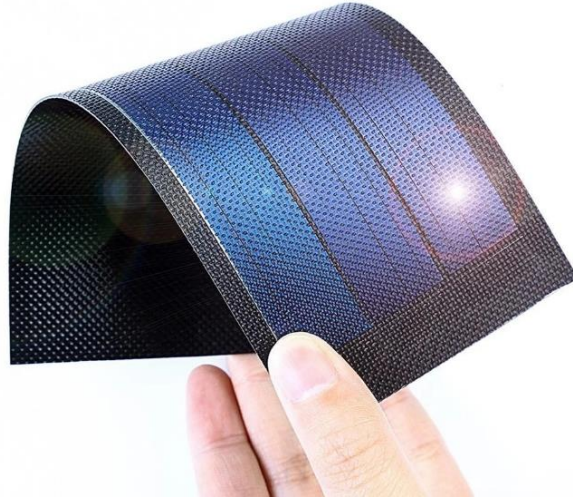
Cdte CuInSe₂ maddeleri 650 °C seviyesindeki sıcaklıkta cam yüzey üzerine uygulanır. %16 ile %18 arasında değişen verimliliği vardır. Kristal silisyum ince film teknolojisine kıyasla üretim yöntemi ucuz, ancak malzeme bakımından pahalı bir üründür. İnce film teknolojisi bu noktada malzeme açısından ucuz olmasına karşın üretim yöntemi olarak zorlu bir sürece sahiptir. Şekil 3.8’de Cdte ve CuInSe₂ malzemelerden üretilen güneş pillerinin yapısal katmanları gösterilmiştir (Serim, 2021).



Şekil 3.8. CdTe ve CuInSe₂ İnce film hücre yapısı (Serim, 2021).

İnce Film Güneş Hücreleri

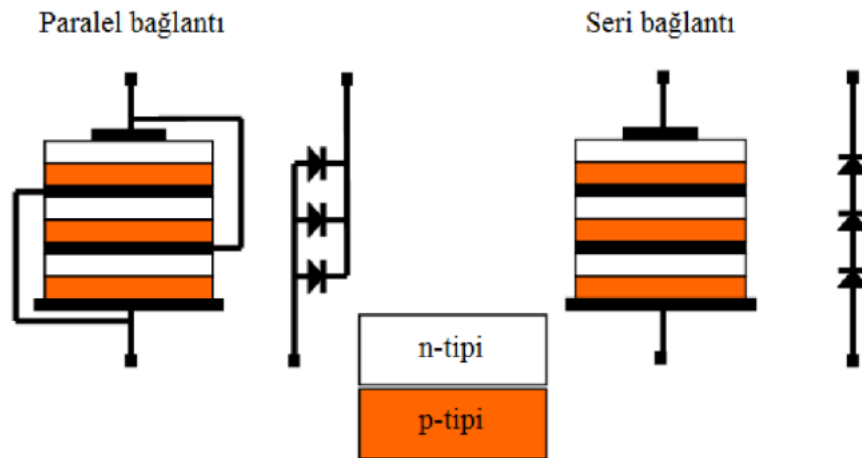
CIGS olarak isimlendirilen yarı iletken malzemeden oluşur. İlgili üretim şeklinde malzeme esnek bir yüzeye yerleştirilir. Kristal silikon hücre %8'lik bir verimliliğe sahipken, CIGS %10'luk verimiyle dikkat çeker. Teorik açıdan yapılan hesaplamalarda CIGS ve Cdte hücrelerinin verimliklerinin %30 olduğu görülür. Ortam şartlarında gerçekleştirilen ölçümlerde verim %25 seviyesindedir (Lindbla vd., 2014). Şekil 3.9'da ince film güneş hücresi gösterilmiştir.



Şekil 3.9. İnce film güneş hücresi (<http://www.aydinlatma.org> , 2022).

3.2.1.3. Üçüncü Nesil Güneş Pilleri

Birden fazla katmanın birleşmesiyle meydana gelir. Böylece güneş ışınının her dalga boyundaki enerjiyi elektrik enerjisine çevirmesi ilkesine göre çalışır. Söz konusu tasarımla normal güneş piline kıyasla daha fazla verim elde edilir. Katmanlar organik-inorganik organik-organik dizilimlerle oluşturulur. Bunlar kendi içinde seri ve paralel olarak bağlanır. Katmanlı güneş pillerinin verimleri %40 düzeyindedir. Üretim maliyeti açısından yüksek olan söz konusu teknoloji, uzay ve askeri alanlarda kullanılmaktadır (Yamaguchia vd., 2015). Şekil 3.10’da çok eklemlı güneş hücrelerindeki bağlantı şekilleri gösterilmiştir.



Şekil 3.10. Çok eklemlı güneş hücrelerindeki seri ve paralel bağlantı (Serim, 2021).

3.3. FOTOVOLTAİK GÜNEŞ PANELLERİNİN GELİŞİMİ

Her ne kadar yüzyıllar boyunca güneş enerjisi insanlık tarafından farklı şekillerde kullanılmış olsa da, buradan elektrik elde etmek için yapılan çalışmaların ilk defa 19.yüzyılın ortalarında başladığı bilinir. İlk defa Fransız bilim insanı olan Becquerel 1839'da elektrolit içine daldırılmış elektrotlar arasındaki gerilimin, elektrolit üzerine düşen ışığa bağlı olduğunu izleyerek fotovoltaik olayını fark etmiştir (<http://www.britannica.com> , 2022).

Katılarda söz konusu olayın benzerinin ise ilk defa selenyum kristallerinde 1876'da G.W. Adams ve R.E. Day tarafından gösterildiği bilinir. Literatür incelemelerinde 1914'te fotovoltaik hücrelerin verimliliklerinin %1 olduğu görülür. 1954'te ise Pearson, Fueller ve Chapin isimli üç Amerikalı bilim insanının silikon güneş hücresinde %6 verimliliğe ulaştığı ve güneş enerjisinden elektrik elde etmeyi ticarileştirme başarısına ulaştıkları belirtilir (www.nrel.gov, 2022).

Bu tarih, fotovoltaik güç sistemleri açısından dönüm noktası kabul edilir ve bunu takip eden dönemlerdeki çalışmalar ve ilk tasarımlar, uzay araçlarında kullanılacak güç sistemleri için gerçekleştirilmiştir. Fotovoltaik güç sistemlerinin 1960'lı yılların başından itibaren uzay çalışmalarının güvenilir kaynağı olduğu bilinen bir durumdur (Karamanav, 2007).

1970'lerin başına kadar, güneş paneli uygulamaları sınırlı kalmıştır. Her ne kadar güneş enerjisinin dünyada elektriksel güç olarak kullanmasına yönelik çalışmalar 1954 yılında başlasa da, gerçek manada ilgi 1973'teki "Birinci petrol bunalımı" sonrasında olmuştur (www.nrel.gov, 2022).

Japonya, Avrupa ve Amerika'da geniş kapsamlı ve büyük bütçeli geliştirme ve araştırma çalışmalarına başlanılmış, bunun yanında uzay çalışmalarında kendini kanıtlayan silikon kristaline dayalı güneş panellerinin verimliliğini yükseltme çalışmaları ve alternatif olmak üzere çok daha az yarı iletken maddenin gerekli olduğu ve bu yüzden düşük maliyetle üretilen ince film güneş panelleri üzerindeki çalışmalar hızlanmıştır (Karamanav, 2007).

3.3.1. Fotovoltaik Güneş Panellerinin Kullanım Alanları

Fotovoltaik güneş panelleri sıcak su elde etme, soğutma, pişirme, ısıtma, solar aydınlatma ve termal güneş enerjisi santralleri olarak farklı alanlarda kullanılır.

Isıtma, Pişirme

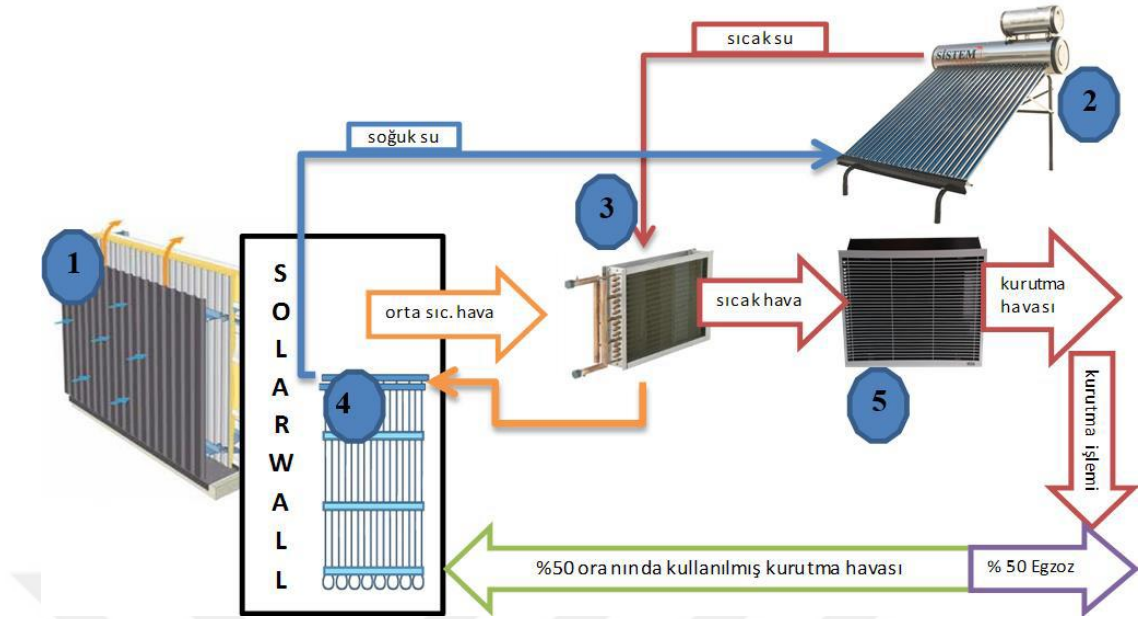
Konkav olarak gelen ışınları doğrusal açıyla belli bir merkeze yönlendirerek bütün enerjinin tek bir bölgede toplanmasıdır. Aşağıda yer alan şekilde içbükey ısıtıcı sistemi gösterilmiştir (Akış, 2021).



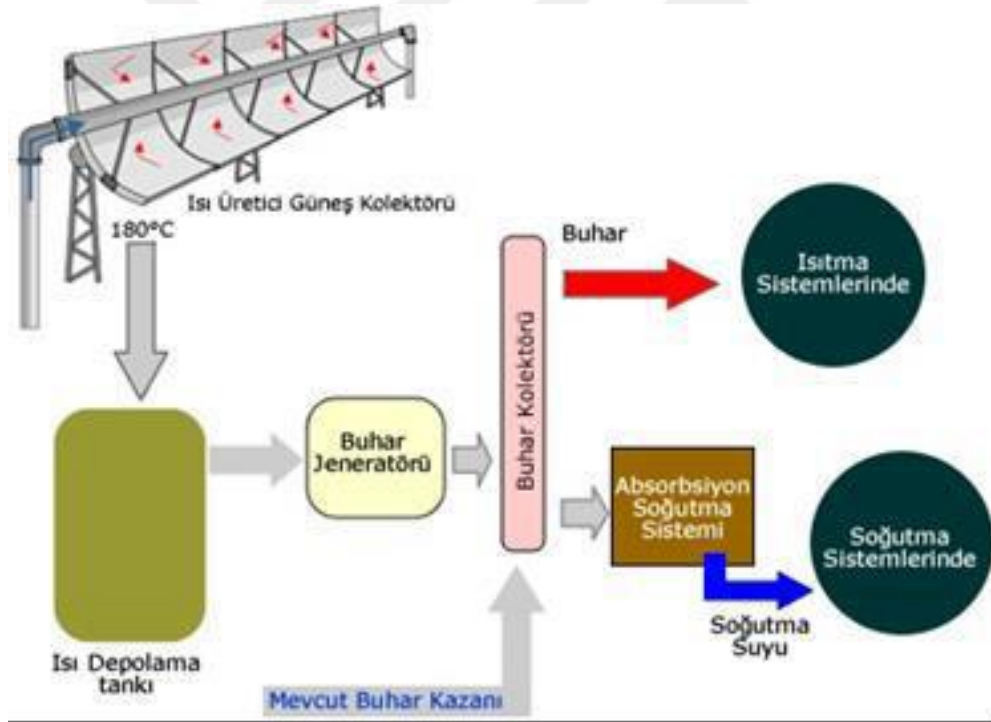
Şekil 3.11. İçbükey ısıtıcı sistem görüntüsü (<http://powersolar.com.tr> , 2022).

Soğutma ve Sıcak Su Elde Etme

Buharlaştırma, yoğuşturma-ısı ve soğurma süreçlerinin meydana gelmesiyle sıcak su ve soğutma olarak kullanılabilen bir tekniktir. Aşağıda bulunan şekilde fotovoltaik ısıtma sistemi gösterilmiştir. Şekil 13'te ise fotovoltaik soğutma sistemi yer almaktadır (İbrahim, 2011).



Şekil 3.12. Fotovoltaik ısıtma sistemi (İbrahim, 2011).



Şekil 3.13. Fotovoltaik soğutma sistemi (İbrahim, 2011).

Solar Aydınlatma Sistemi

Makine, kuyu, asansör ve kabin aydınlatma sistemleri, bina sahanlık aydınlatmaları, sokak ve bahçe aydınlatmaları için güneş panelleri ile tüketilen enerjinin güneşten elde

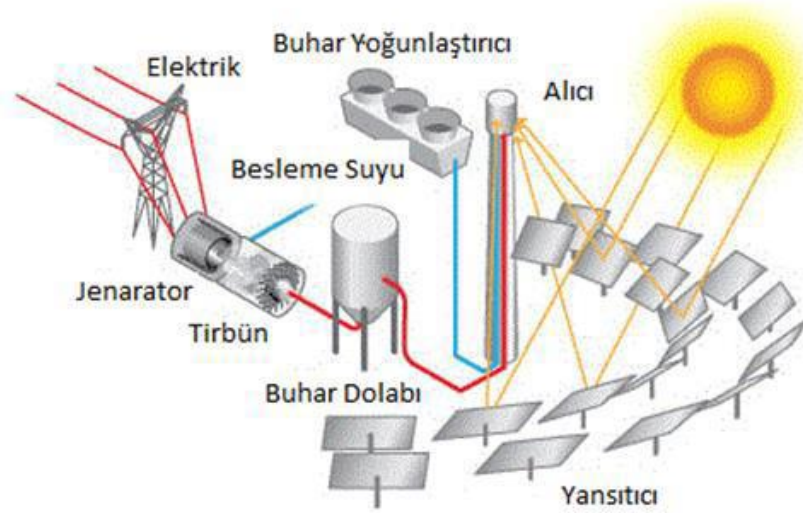
edilmesi şeklindeki sistemlerdir. Şekil 3.14’de bu sistemin sokak lambasındaki kullanımını gösterilmiştir (<http://powersolar.com.tr> , 2022).



Şekil 3.14. Fotovoltaik sistem sokak lambası (<http://powersolar.com.tr> , 2022).

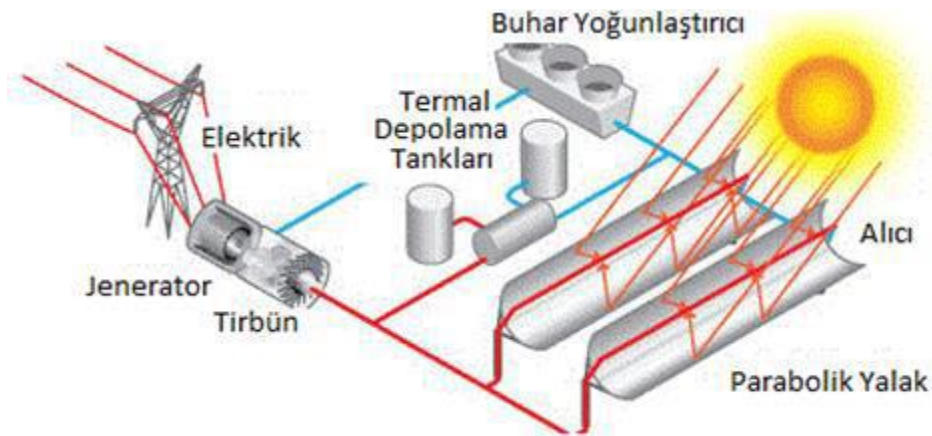
Termal Yöntem

Yoğunlaştırılmış termal güneş enerjisi santralleri (CST) yenilenebilir ısı veya elektrik enerjisi kaynağı olarak kullanılır. Bu sistemde aynalar ve bunlara bağlı güneşi izleme sistemleri üzerinden geniş bölgeye düşen güneş ışınları tek bir bölgeye odaklanır. Yoğunlaştırılan gün ışığı daha sonra ise klasik enerji santrallerine ihtiyaç duyulan ısıyı üretmek için kullanılmaktadır. Aşağıda yer alan Şekil 3.15’de görüleceği üzere üretilen ısı enerjisi farklı amaçlar için de kullanılabilir (Bayraktar, 2020).



Şekil 3.15. Termal yöntem (Bayraktar, 2020).

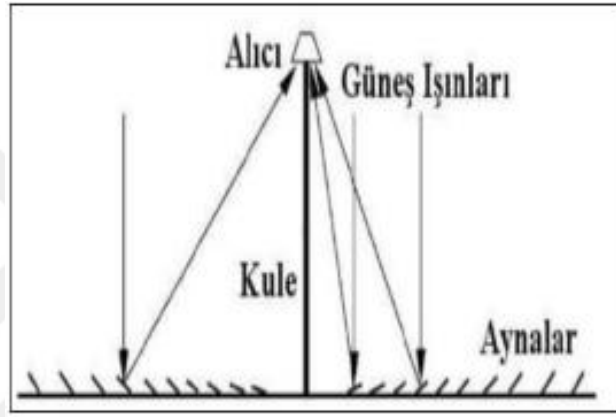
Şekil 3.16’da parabolik (çukur biçimdeki) yansıtıcılar, parabolik olukların merkezine konumlandırılan alıcıdaki güneş ışınını toplayarak çalışır. İlgili alıcı yansıtıcıların merkezi yönünde uzanan ve içerisinde çevrim akışkanının yer aldığı bir tüpten meydana gelir. Yansıtıcı, tüm gün güneşi izleyen bir mekanizmaya sahiptir. Çevrim akışkanı, alıcı içinde ilerlerken (erimiş tuz vb.) 150-350 °C seviyelerinde ısınır. Ardından ısı enerjisi kaynağı şeklinde enerji üretim tesislerinde kullanılmaktadır. CSP teknolojileri içinde en fazla ilerleyeni parabolik oluk sistemleri şeklinde dikkat çeker (Bayraktar, 2020).



Şekil 3.16. Parabolik termal yöntem (Bayraktar, 2020).

Yoğunlaştırılmış doğrusal Fresnel yansıtıcıları, güneşten gelen ışığı parabolik aynalarla yansitmaktan daha çok birden fazla ince ayna dizilerinden yardım alarak

içerisinde çevrim akışkanı olan bir çift tüpe yansıtmakta olan CSP santralleridir. Düz aynaların, parabolik olanlara kıyasla daha ucuz olması nedeniyle ilgili sistem, parabolik sisteme göre daha ucuzdur. Bunun yanında aynı büyüklükteki alana parabolik sisteme kıyasla daha fazla yansıtıcı yerleştirilebilir. Bu sayede aynı büyüklükteki alandan daha fazla gün ışığından yararlanma durumu söz konusu olabilir. Yoğunlaştırılmış doğrusal Fresnel yansıtıcıları, gelişmiş santrallerde yaygınlaşmaktadır. Şekil 3.17’de lineer fresnel aynalı termal yöntem gösterilmiştir (Mathur vd., 1990).



Şekil 3.17. Doğrusal fresnel kolektör çalışma prensibi (Mathur vd., 1990).

3.4. GÜNEŞ ENERJİ SANTRALİ ÇALIŞMA SİSTEMİ

Doğru akım kaynakları olan güneş panelleri sadece doğru akım üretir. Üretilen elektrik, şarj regülatörleri üzerinde aküleri doldurur. Aküler dolduktan sonra evirici üzerinde doğru akım (DA) alternatif akıma (AA) dönüştürülmektedir. Bu sayede daha fazla alanda kullanma imkanı olan enerji türü elde edilir. Güneş enerji santrali şebekeye bağlanarak, sayaçlar üzerinde şebekeye verilen elektrik enerjisi ölçülür. Enerji santrali şebekeyle bağlanmamışsa sayaç kullanılması gerekmez (Kır, 2022).

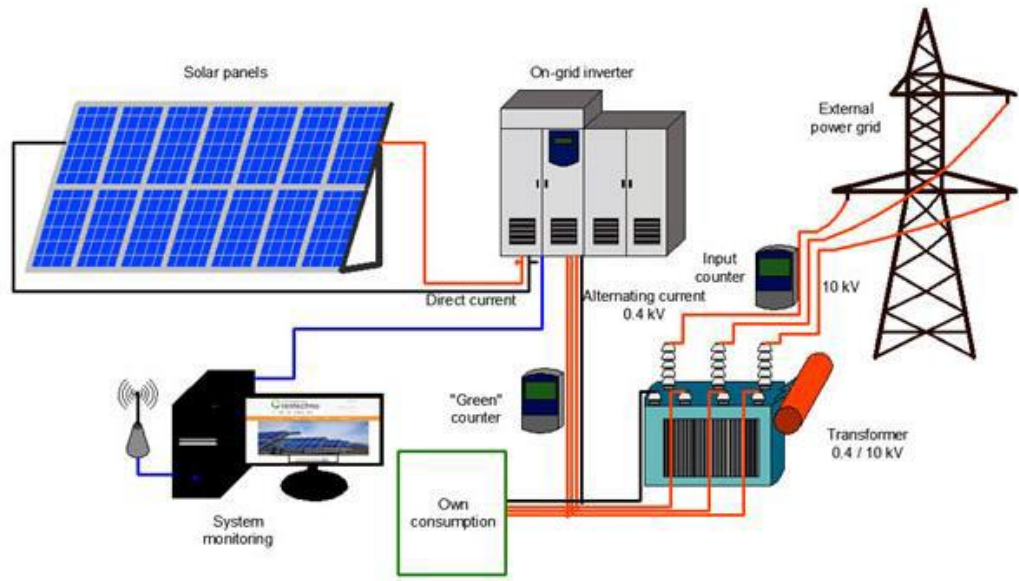
Güneş Enerji Santrallerini (GES) meydana getiren birimler şu şekilde sıralanabilir;

- Güneş paneli
- Şarj Regülatörü
- Akü

- Evirici (İnverter)

Şebekeye bağlı fotovoltaik sistemler, üretilen elektriğin akülerde depolanması yerine doğrudan tüketilmesi prensibine göre çalışmaktadır. Fotovoltaik güneş enerji santrallerinin on grid şeması Şekil 3.18’de yer almaktadır.

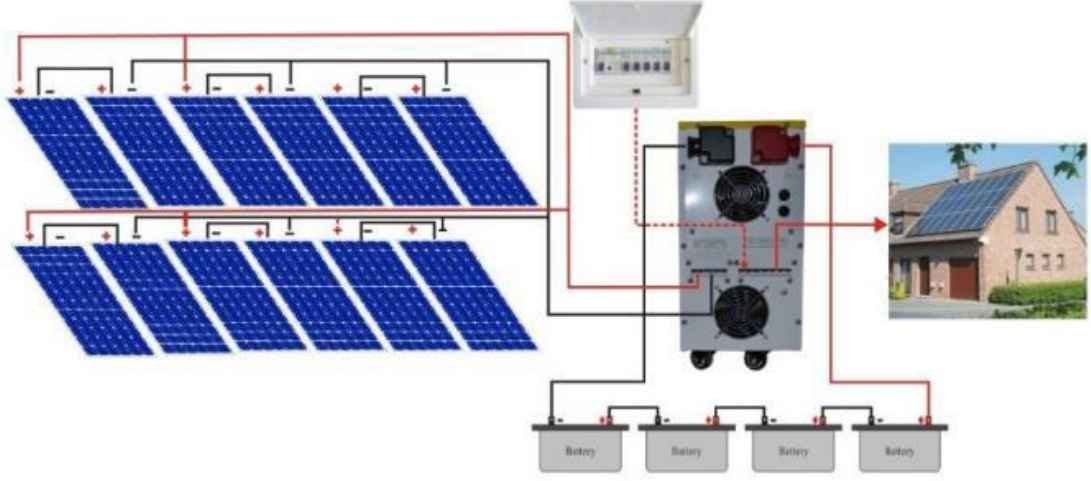
Fotovoltaik Güneş Enerji Santralleri (PV) – Şebekeye bağlı (On Grid)



Şekil 3.18. Şebekeye bağlı fotovoltaik güneş enerji santrali (Kır, 2022).

Elektrik şebekesinden bağımsız olarak PV panellerde üretilen elektrik şarj kontrol cihazlarında düzenlenerek elektrik akülerde depolanır. Akülerde depolanan DC enerji İnverterler ile AC akıma çevrilerek kullanıma sunulur. Fotovoltaik güneş enerji santrallerinin off grid şeması Şekil 3.19’da yer almaktadır.

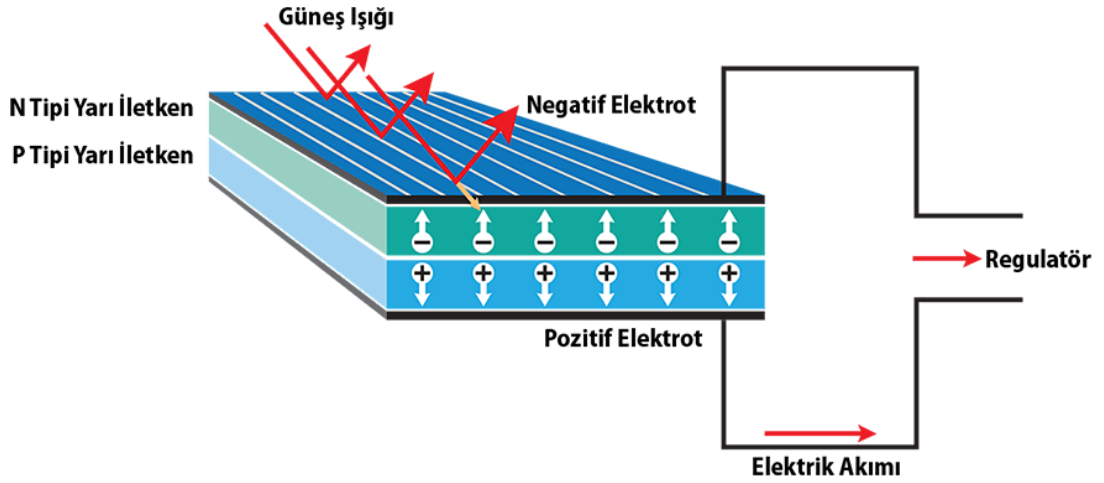
Fotovoltaik Güneş Enerji Santralleri (PV) – Şebeke bağlantısız (Off Grid)



Şekil 3.19. Şebekeye bağlantısız fotovoltaik güneş enerji santrali (Kır, 2022).

3.4.1. Güneş Paneli

Üzerine gelen güneş ışınlarının elektrik enerjisine dönüştürülmesini sağlayan yarı iletken yapılar olarak ifade edilir. Yüzeylerine gelen ışınlar, atomların son yörüngesindeki elektronları hareket ettirir. Elektronların hareketi, elektrik akımını meydana getirir. Bitkilerin güneş ışınlarıyla fotosentez yapmaları, fotovoltaik panelin çalışma prensibine benzer. Kullanılacakları alanlara bağlı olarak fotovoltaik piller farklı şekillerde ve ebatlarda üretilir. Doğru akım üreten paneller, 0.2 mm ile 0.4 mm aralığındaki kalınlıklara sahip olabilir. İhtiyaca bağlı olarak paneller seri veya paralel bağlanabilmektedir (Patel, 1999).



Şekil 3.20. Fotovoltaik panel elektrik yapısı (Patel, 1999).

Güneş paneli yapımında kullanılan malzemelerin başında silisyum gelir. Yarı iletken bir malzeme olup, hammaddesi ise silikattır (kum). Dünyada kumun bol olması nedeniyle hammadde sorunu yaşanmaz (Çolak, 1997).

Fotovoltaik etki; güneş ışınımına maruz kalmış iki farklı malzemenin ortak işlevinin arasında meydana gelen elektriksel potansiyel olarak açıklanır. Söz konusu etki, Fransız fizikçi olan Becquerel tarafından 1839 yılında keşfedilmiştir (Patel, 1999).

Koyu renkli olması, ışığı toplamasında avantaj sağlar. Üzerinde cam vardır ve dayanıklıdır. Çıkışlarında yük olmadığında paneller enerji harcamamaktadır. Fotovoltaik piller üretim biçimlerine göre farklı kategorilere ayrılırlar. Bunlar (Oktik, 2001);

- Monokristalin güneş pilleri: Monokristal hücrelerden meydana gelir. Verimliliği yüksek olan pillerdir. Koyu mavi veya siyah renklidirler. Uzun ömürlü yapıları ve yüksek maliyetleri ile dikkat çekerler.
- Polikristalin güneş pilleri: Monokristalin pillere kıyasla verimlilikleri daha düşüktür. Buna karşın maliyetin de düşük olması ve temininin kolaylığı, fotovoltaik piller için en fazla tercih edilenin bu olmasına yol açmıştır. Mavi renkli yüzeyi vardır.

Amorf (İnce Tabaka) Güneş Pilleri

Kristal yapısı bulunmayan, esnek yapıdaki güneş pilleri arasında yer alır. Düşük verimliliklerine karşın maliyetleri uygun seviyededir. Ev çatılarında kullanımları yaygın olup, koyu kahverengi veya koyu kırmızı renktedirler. Düşük maliyeti, geniş yüzeylerin kaplanacağı alanlarda tercih edilmesine neden olur. İlgili pillerin yapımında absorban özelliği dikkate alınmaktadır. Absorban özelliği iyi olan malzemelerin kalınlığı az olacağı için daha az malzeme kullanılır ve bu da montajın kolay olmasına neden olur (Durgut, 2014).

CIS Güneş Pilleri

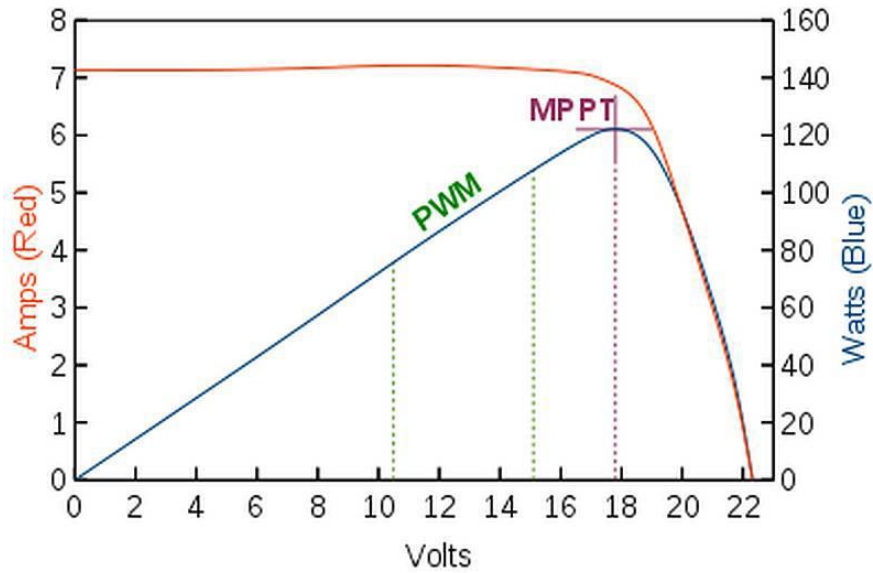
Düşük verimliliklerine karşın güneş ışığının tam olarak alınamadığı zaman dilimlerinde enerji üretimleri diğerlerine kıyasla çok daha iyi olup, bu yüzden tercih edilmektedirler (Durgut, 2014).

3.4.2. Şarj Regülatörleri

Sistemin ana bileşenlerinden olan şarj regülatörleri, üretilen enerjinin sürekli olarak depolanması gerektiği için devamlı olarak aktif haldedir. Bunların bozuk olması, akülerin zarar görmesine neden olabilir. Akülerin göreceği zarar ise yüksek maliyetler demektir. Şarj regülatörlerindeki hedef, akülerin şarj olmalarını ve çok fazladeşarj olmalarını engellemektir. Şarj olan aküler akımı keser ve fazla şarja maruz kalmaktan kurtulur. Akünündeşarjı ve şarjı esnasında gerilim ve akım değerlerinin istenilen aralıkta olmasına imkan verir. Bu sayede akülerin zarar görmesinin önüne geçilir. Ayrıca akünün ömrünü uzatır. Kullanım amaçlarına bağlı olarak kendi içerisinde farklı çeşitlere ayrılır. Bu çeşitler (<http://www.gemitrafik.com> , 2022);

- Basit şarj regülatörleri: En eski olandır. Şarjı durdurmak veya başlatmak için transistör ve röle kullanılır. Çalışma prensibi şöyledir; sistem akü tamamen şarj olana kadar akım sağlar, şarj tamamlandıktan sonra transistör ve röle yardımıyla akım kesilmektedir. Bu sayede akülerin aşırı şarj olmasının önüne geçilir. Söz konusu regülatör türü günümüzde çok fazla tercih edilmemektedir.

- PWM şarj regülatörleri: İçinde bulunduğumuz dönemde en fazla tercih edilen regülatör türüdür. PWM Pulse Width Modulation ifadesinin baş harflerinden ismini almıştır. Bu ifadenin Türkçedeki anlamı darbe genişlik modülasyonu şeklindedir. Çalışma mantığı şöyledir; akünün şarj durumu devamlı kontrol edilir. Buna göre aküye gönderilen gerilim sıklığının ve süresinin ayarlanması ile şarj işlemi tamamlanır. PWM, nispeten karmaşık bir sistem olup, akülerin kullanım ömürlerinin artmasına yardım etmektedir.
- MPPT şarj regülatörleri: İngilizce Maximum Power Point Tracking ifadesinin baş harflerinden ismini alan MPPT, Türkçede maksimum güç noktası izleme anlamına gelir. Güneş panellerinden elde edilen enerjinin en uygun hale getirilmesi suretiyle akülerin ömürlerini uzatır. Santrale sağlamış olduğu avantajlar incelendiğinde, maliyeti dikkate almadığı görülür. Akülerin daha yüksek güçle şarj edilmesini sağlar. Bu ise şarj süresinin kısalmasına neden olur. Genellikle büyük güneş enerji santrallerinde kullanılır. Diğer regülatörlere kıyasla yüksek verimliliğe sahiptir. Ancak diğerlerine kıyasla maliyeti daha yüksektir.



Şekil 3.21.MPPT güç grafiği (<https://www.gemitrafik.com/gunes-paneli-mppt-nedir/>)

2.4.3. Aküler

Üretilen elektrik enerjisini depolayan ve istenen zamanda kullanılmasına imkan veren elemanlardır. Kullanım amaçlarına ve yerlerine göre farklı türleri vardır. Bunlar aşağıda yer alan şekildeki gibidir (Kır, 2022).

OPzS Akü

- Şarjlı kuru akü çeşitlerindendir. Düşük enerji maliyetlidir ve sabit tesis akülerdendir.

Jel Akü

- Teknolojik gelişmelere bağlı olarak, kurşun aküler yerini jel akülere bırakmıştır. Titreşime ve yüksek sıcaklığa dayanabilmesi yenilebilir enerji santrallerinde tercih edilmesini sağlamıştır. Diğer önemli bir özelliği ise derin deşarj dediğimiz akü tamamen deşarj edildiğinde tekrar şarj edilmesi aküye hiçbir zarar vermemektedir. Sürekli şarj ve deşarj olması akünün ömrünü azaltmamaktadır. Bu yüzden çok tercih edilmektedir.

Kuru Akü

- Bakım gerektirmeyen akülerdir. Kullanım süresinde hiçbir bakıma ihtiyaç duymazlar. Kuru aküler daha güvenlidir ve uzun ömürlüdürler. Performansı ve uygun fiyatlarıyla yaygın bir kullanıma sahiptir.

Şekil 3.22. Kullanım yerlerine ve amaçlarına göre aküler (Kır, 2022).

3.4.4. Evirici

Fotovoltaik paneller, doğru akım üretir. Ancak günümüzdeki cihazların önemli kısmı alternatif akımla çalışır. Dolayısıyla bunun dönüştürülmesi gerekir. Eviriciler, enerjinin dönüştürülmesini sağlar. Şebekeden bağımsız sistemlerde düşük gerilimli (12-48V), şebekeye bağlı olanlarda ise yüksek gerilimli (110V ve üzeri) olarak kullanılması gerekir (Pearsall ve Hill, 2001).

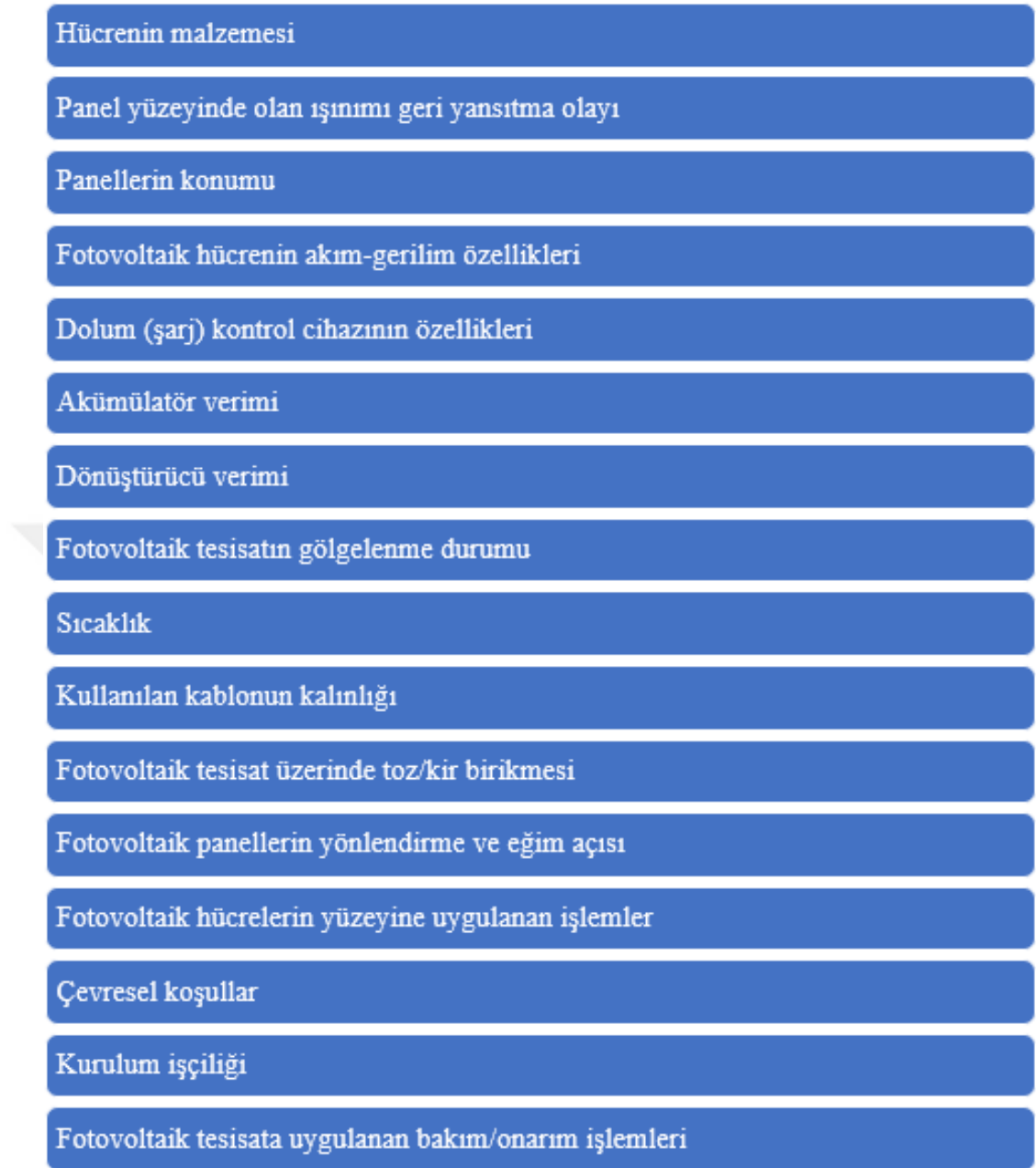
Temel hedefi, çıkıştaki alternatif gerilim üzerinde yer alan dalgalanmaları, dengesizlikleri ve kesintileri engellemektir. Doğru akımı alternatif akıma çevirirken aynı anda gerilim ve frekans değerlerinin ayarlanmasını da sağlayabilir. Redresör

denilen doğrultmaçların tam tersi şeklinde işlev görür. DA geriliminin AA gerilimine çevrilmesini devamlı açılıp kapatılan anahtarlama elemanları ve transformatör kullanılarak gerçekleştirilir. Eviriciler çıkış dalga biçimlerine göre modifiyeli sinüs dalgalı, kare dalgalı ve sinüs dalgalı şeklinde üç çeşittir (Pearsall ve Hill, 2001).

3.5. GÜNEŞ ENERJİSİ PANEL VERİMİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Güneş panellerinde modül ve hücre verimleri farklı konular olup bir fotovolttaik hücrenin verimi, modül veriminden daha yüksek olmaktadır. Örneğin; tek kristal silikon hücre verimi %24 düzeyindeyken, aynı hücrelerden meydana gelen modülün verimi ise yaklaşık olarak %13-17 düzeylerinde olmaktadır. Çok kristal silikon yapıli hücrenin verimi yaklaşık olarak %18 iken, modül açısından verimi ise %11-15 düzeyindedir. Amorf silikon hücrelerin verimi %11-12 düzeyindeyken, modül verimi ise %5-8 seviyesindedir. İlgili durum, modüllerin verim hesabının bütün panele ait yüzeyin dikkate alınarak yapılması ile alakalıdır (Öztürk, 2014).

Güneş enerji santrallerinin ömürleri çoğunlukla 20 yıldan fazladır. Söz konusu süre boyunca elektrik üretimi yapacak panellerin verimleri bu bakımdan büyük bir önem taşır. Santrallerin verimliliği, üretilen enerjideki kayıplarca belirlenir. Fotovolttaik bir sistemin verimine etki eden unsurlar aşağıda yer alan şekilde gösterilmiştir (Tunçgövdde, 2020).



Şekil 3.23. Fotovoltaik bir sistemin verimini etkileyen faktörler (Tunçgövde, 2020).

Güneş enerjisi sistemlerinde evirici ile panel uyumu, performans seviyesine direkt olarak etki eder. Evirici gücü seçilirken, fotovoltaik panellerin üretebilecekleri en yüksek güç belirlenip, evirici söz konusu eşit ya da daha büyük olacak şekilde seçilmek zorundadır (Boztepe, 2016).

Modül sıcaklığının artışı fotovoltaik performansın düşmesine neden olur. Güneş panelleri, güneş enerjisinin %5'i ile %25'i arasındaki bir bölümünü elektrik enerjisine dönüştürür. İlgili durum, modüllerde ısınmaya neden olmaktadır. Kristal silisyum hücrelerin sıcaklıktan etkilenme düzeyi, amorf hücrelere kıyasla daha fazladır. İlgili kaybı engellemek için panel arkalarına uygun havalandırma şartlarının sağlanması gerekmektedir (Tunçgövde, 2020).

Güneş panellerinin üstünde biriken yapraklar, tozlar ve kuş pislikleri panellere gelen güneş ışınlarının işini güçleştirir. Bilhassa az yağış alan kurak bölgelerde kirlilik kaynaklı olan verim kayıpları ortalama %15 düzeyindedir. Kirlenmenin artmasıyla üretilen elektrik enerjisi miktarı arasında ters orantı vardır. Ulusal Yenilenebilir Enerji Laboratuvarına göre, bazı bölgelerdeki kirlilik nedeniyle verimlilik kayıpları %25 gibi çok yüksek seviyelere ulaşabilmektedir. Ancak verimin azalmasına neden olan unsurlardan giderilmesi en basit olanı kirliliktir (Gürbüz, 2018). İlgili kayıpların engellenmesi için bir maliyet gerekse de, otomatik temizleme sistemi kurmak veya düzenli temizlik yapmak sonuç vermektedir. Temizliğin maliyeti, verim kaybının neden olacağı maliyetten yüksek olmaz.

3.6. GÜNEŞ ENERJİSİ YÖNETMELİKLERİ VE TEŞVİKLERİ

Devlet yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaştırılması için bilhassa elektrik piyasasıyla alakalı kanun ve yönetmelikler çıkarmıştır. Aşağıda bunlardan bazıları ele alınmıştır.

3.6.1. Kanun ve Yönetmelikler

Öncelikle Yenilenebilir Enerji Kanunundan (YEK) söz edilecek olursa, temel hedefi elektrik üretimi için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını yaygınlaştırmak olan söz konusu kanunla farklı bölümlerinde güneş enerjisini de kapsayacak şekilde teşvik edici maddeler vardır (Tunçgövde, 2020).

Elektrik piyasası lisans yönetmeliği, bu yönetmeliklerden bir diğeridir. İlgili yönetmelik, özetle şunları içerir; Lisanssız üretim faaliyetleri dahilinde elektrik enerjisi üretimi yapan tüzel ve gerçek kişilerin gereksinimlerinin üzerindeki elektrik enerjisini sisteme vererek yapılacak uygulama, üretim tesisi devri, arazinin temin edilmesi ve üretim yapan tüzel ya da gerçek kişilerle alakalı şebeke işletmecilerinin yükümlülük ve haklarına ve de lisanssız olarak üretim faaliyetleri gösteren kişilerin ilgili yönetmelik kapsamındaki faaliyetleriyle kurulan üretim tesislerinin denetlenmesine dair esas ve usulleri içermektedir (Çetin vd., 2019).

GES başvurularına dair lisans yönetmeliği, bir diğer yönetmelik olarak dikkat çeker. Burada lisansa tabi olan kurulu gücü 1 MW seviyesinden büyük güneş enerji santrallerinin kurulum izni alması için farklı şartların sağlanmasından bahsedilir. İlk olarak yatırım bölgesinde yeterli gücü kaldıracak trafo merkezleri bulunmalıdır. Çevre etki raporunun, santralin ilgili bölgede kurulmasına engel olacak sonuç içermemesi gerekir (Kömürcü, 2019).

“9.5.2019 tarihli ve 1044 sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararı uyarınca üretimle tüketimi aynı noktada olmak üzere, mesken aboneleri 10 kW düzeyine kadar ve ticarethane, sanayi ve aydınlatma aboneleri için kurulan cephe ve çatı uygulamalı güneş üretimi tesislerinde, tarımsal sulama ile içme suyu tesisleri ve atık su arıtma tesislerinin gereksinimleri için ve kamu kurum ve kuruluşları tarafından kurulan arazi, cephe ve çatı uygulamalı yenilenebilir enerji kaynaklı elektrik üretim noktalarında, tüketimi ve üretimi aynı olmayan birden fazla tüketicinin ihtiyacına cevap vermek için tüketim tesislerinin bağlantılı anlaşmalarında olan sözleşme gücüyle sınırlı olmak üzere, kamu kurum ve kuruluşlarınca arazi, çatı ve cephe uygulamalı yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik üretim tesislerinde, ihtiyaç fazlası elektrik enerjisi için Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu’nca açıklanan kendi abone grubuna perakende tek zamanlı aktif enerji bedeli, tesisin işletmeye girişinden başlayarak on yıl süreyle uygulanmaktadır maddesi yürürlüğe girmiştir” (Çetin vd., 2019).

12 Mayıs 2019 tarihli ve 30772 Sayılı Resmi Gazete: “Elektrik Piyasasında Lisansız Elektrik Yönetmeliği” hedefi, elektrik piyasasındaki tüketicilerin elektrik gereksinimlerini tüketimde en yakın üretim noktasından karşılaması, arz güvenliğinin

tesis edilmesinde küçük ölçekli üretim tesislerinin ülke ekonomisinde aktifleştirilmesi ve küçük ölçekli üretim kaynaklarının aktif olarak kullanımı ile elektrik şebekesinde oluşacak kayıp miktarlarının düşürülmesi için lisans alma ve şirket kurma şartı olmaksızın elektrik enerjisi üretecek gerçek ya da tüzel kişilere uygulanacak esas ve usullerin belirlenmesine dairdir (Kömürcü, 2019).

3.6.2. Teşvikler

Türkiye’de güneş enerjisi için verilen teşviklerin başında mali teşvikler (gümrük vergisi muafiyeti vb.), sabit fiyat garantisi ve lisanssız üretim gelir. Destek ve teşvik şeklinde Türkiye’de ve dünyada önde gelen konu, sabit fiyat garantisi şeklindedir. Bu garantinin hedefi yenilenebilir enerji kaynakları için eşit olmayacak şekilde yeni bir sabit fiyat garantili planın geliştirilmesidir (Cihan, 2019).

Tüzel ve gerçek kişiler, gereksinimleri haricinde güneş enerjisiyle ürettikleri enerjilerini dağıtım sistemlerine yolladıklarında 10 yıl süreyle 13,3 ABD doları cent/kWh sabit fiyat garantisinden faydalanır. Lisans sahibi olan tüzel ve gerçek kişilerse 31.12.2020’den önce aktif hale gelen üretim tesislerinde faydalanılan mekanik ekipmanların yurt içerisinde üretilmesi halinde, ilgili tesislerde üretilen ve dağıtım sistemine yollanan güneş enerjisinden üretilen elektrik enerjisi için yerli katkı takviyesi alır (Kömürcü, 2019).

KOSGEB tarafından %50-90 kurulum desteği sağlanmakta olup, toplamda 50.000 TL’ye kadar hibe ve 100.000 TL’ye kadar da kredi desteği verilir. 2021 KKYDP hibesiyle yeni yatırımlarda 3.000.000 TL’ye kadar verilir ve bunun %50’si hibe kapsamındadır. Yatırımcı, Katma Değer Vergisini (KDV) tamamen kendi öz kaynaklarından sağlar. İnverterler ve güneş aküsü için gerçekleştirilen harcamalarda güneş enerjisi sistemi hibe desteği kapsamı içindedir (<http://www.piagrid.com> , 2022).

BÖLÜM 4

GÜNEŞ PANELLERİNİN GERİ ÖDEME SÜRELERİ

Bu çalışmada 2 MWh’lik kurulu güce sahip bir güneş enerjisi santralinin farklı şehirlerdeki geri ödeme süreleri incelenmiştir.

Çizelge 4.1. Maliyet analiz tablosu.

Malzeme Adı	Miktarı	Birimi	Birim Fiyatı	Toplam Tutar
545 W HulfCut Perc Mono Kristal Panel	4357	Adet	\$220,00	\$958.540,00
100 kw inverter	20	Adet	\$6.300,00	\$126.000,00
Smartlogger	1	Sistem	\$2.000,00	\$2.000,00
Konstrüksüyon 2MW Tesis İçin	1	Sistem	\$50.000,00	\$50.000,00
Orta ve Sonlandırıcı Clamp	1	Sistem	\$5.000,00	\$5.000,00
Solar Kablolama işlemleri	1	Sistem	\$40.000,00	\$40.000,00
Mc4 Konnektör	1	Sistem	\$7.000,00	\$7.000,00
Kablo Tavası	1600	metre	\$6,25	\$10.000,00
Scada Sistemi	1	Sistem	\$10.000,00	\$10.000,00
Topraklama Sistemi	1	Sistem	\$20.000,00	\$20.000,00
Ag ve Kablolama İşleri	1	Sistem	\$40.000,00	\$40.000,00
Projelendirme	1	Sistem	\$2.500,00	\$3.060,00
Nakliye	1	Sistem	\$11.000,00	\$11.000,00
İşçilik	1	Sistem	\$12.000,00	\$12.000,00
Kabul İşlemleri	1	Sistem	\$5.400,00	\$5.400,00
			Toplam	\$1.300.000,00

20 Haziran 2022 tarihinde yapılan piyasa araştırmasına göre, 2MWh’lik bir tesisin ortalama maaliyeti 1.300.000 \$’dır. 2 MWh’lik kurulu güce sahip bir güneş enerjisi santrali için 4357 adet monokristal 540 W güneş paneline ihtiyaç duyulmaktadır. Monokristal güneş hücrelerinin ortalama laboratuvar verimleri yaklaşık % 22-24 aralığındadır ancak hücreler birleştirilip panel haline getirildiklerinde paketleme faktörü, absorpsiyon oranı, kullanılan camın geçirgenliği gibi kayıplardan dolayı panel verimleri % 20 civarında olmaktadır (Ceylan ve Gürel, 2021: 75). Araştırma

kapsamında Daxler 540 W'lık monokristal WM10-144-HC model adlı PV panel üzerinden değerlendirme yapılmıştır.

Çizelge 4.2. Panelin mekanik özellikleri

Dış Boyut <i>External Dimensions</i>	2279 x 1134 x 35 mm
Ağırlığı <i>Weight</i>	26,5 kg
Hücre Tipi ve Boyutu <i>Solar Cells</i>	PERC Mono 182 x 91mm (144 pcs)
Cam <i>Glass</i>	3.2 mm AR kaplama temperli cam, düşük demir <i>3.2 mm AR coating tempered glass, low iron</i>
Çerçeve <i>Frame</i>	Eloksallı alüminyum alaşım <i>Anodized aluminum alloy</i>
Bağlantı Kutusu <i>Junction Box</i>	IP68, 3 Diyotlu <i>3 Diodes</i>
Çıkış Kabloları <i>Output Cables</i>	4.0 mm², (+)250/(-)350mm (Dikey) veya (+)1300/(-)1350 mm (Yatay) <i>4.0 mm², (+)250/(-)350mm (Portrait) or (+)1300/(-)1350 mm (Landscape)</i>
Konnektörler <i>Connectors</i>	Stäubli MC4 EVO2 <i>Stäubli MC4 EVO2</i>
Maksimum Test Yüğü <i>Max. Test Load</i>	Ön taraf 5400Pa / Arka taraf 2400Pa Güvenlik Faktörü: 1,5 <i>Front side 5400Pa / Rear side 2400Pa</i> <i>incl. Safety Factor of 1,5</i>

Kaynak: Daxler Energy, 2022

Çizelge 4.3. Panelin elektriksel karakteristiği

Modül Tipi / Module Type	WM10-144-HC			
Maksimum Güç (Pmp) <i>Maximum Power at STC</i>	525	530	535	540
Açık Devre Voltajı (Voc) <i>Open Circuit Voltage</i>	49,2	49,33	49,4	49,5
Kısa Devre Akımı (Isc) <i>Short Circuit Current</i>	13,50	13,60	13,70	13,81
Maksimum Güç Voltajı (Vmp) <i>Maximum Power Voltage</i>	40,78	41,03	41,39	41,55
Maksimum Güç Akımı (Imp) <i>Maximum Power Current</i>	12,88	12,92	12,96	13,00
Modül Verimliliği % <i>Module Efficiency at STC (ηm)</i>	20,54%	20,74%	20,93%	21,13%
Güç Toleransı <i>Power Tolerance</i>	0, -+5W			
Maksimum Sistem Voltajı <i>Maximum System Voltage</i>	1500V DC			
Maksimum Seri Sigorta Derecesi <i>Maximum Serie Fuse Rating</i>	25 A			

Kaynak: Daxler Energy, 2022

2 MWh'lik bir santralde kaç adet 540 W panel kullanılacağı aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır.

$$GPAoff = \frac{TEG}{GPG \times 0.85} \quad (4.1)$$

Bu formüle göre:

$$4357 = \frac{2000000}{540 \times 0.85} \quad (4.2)$$

Toplamda 2 MWh'lık bir santral için 4357 adet panele ihtiyaç duyulmaktadır.

Panel yüzey alanı (panel üretici firmanın katalogundan bilgiler alınmıştır) aşağıdaki formüle göre hesaplanmaktadır:

$$\text{Panel Yüzey Alanı} = \frac{(2279 \times 1134)}{1000000} = 2,5843 \text{ m}^2 \quad (4.3)$$

Panel verimi için aşağıdaki formül kullanılmaktadır:

$$\text{Panel Verimi} = \frac{\text{Panel Gücü}}{(\text{Panel yüzey alanı} \times 1000)} \quad (4.4)$$

Bu formüle göre:

$$0.21 = \frac{540}{(2,5843 \times 1000)} \quad (4.5)$$

Toplam panel yüzey alanı= Panel yüzey alanı X Panel sayısı = 11260,17 m²

Piyasa takas fiyatı EPIAS'ın 2022 yılı Haziran ayında son 1 yıllık ortalaması baz alınarak 1 MWh 88.82 \$ olarak belirlenmiştir.

Aylık üretim miktarı için şu formül kullanılmıştır:

Aylık üretim mik.=Aylık Rad. X Panel Ver. X Perf.Oranı X Top. Panel Yüzey Alanı

Aylık kazanç için aşağıdaki formül kullanılmıştır:

$$\text{Panel Verimi} = \frac{\text{Üretim Miktarı (KWh)}}{1000} \times \text{Piyasa takas fiyatı \$} \quad (4.6)$$

Çizelge 4.4. 2 MWh'lik santrale ait teknik bilgiler.

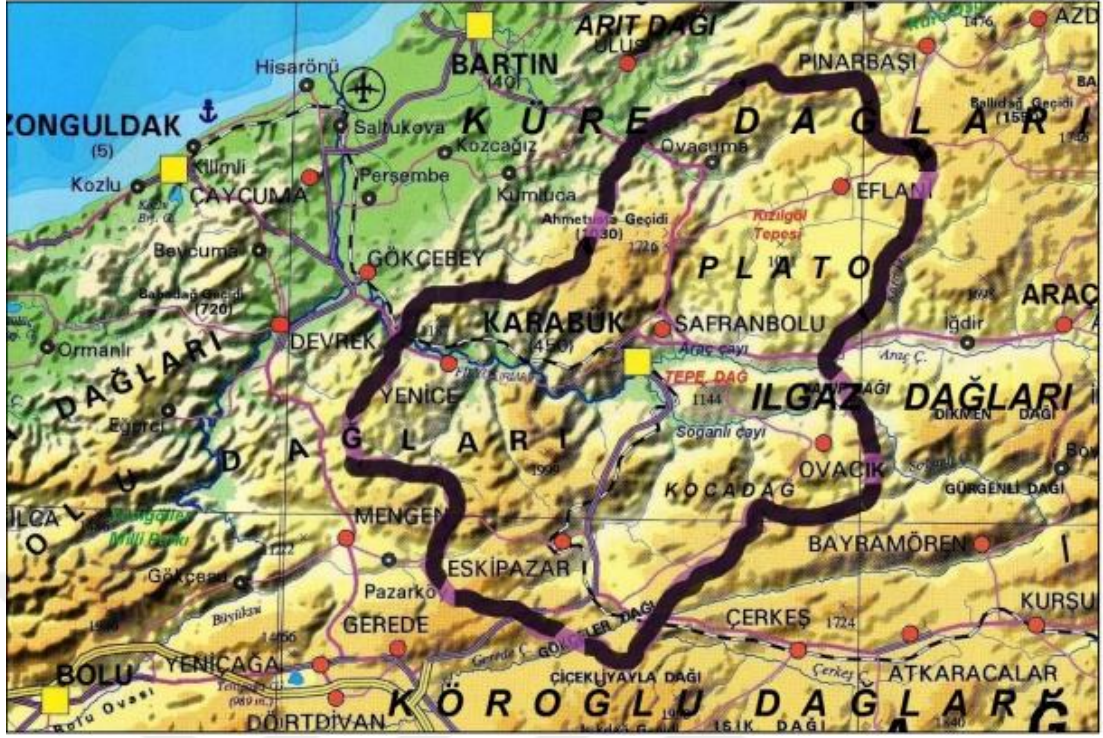
Santrale Ait Genel Teknik Bilgiler	
Panel Gücü	540 W
Panel Yüzey Alanı	2,584386 m ²
Panel Verimi	0,21
Performans oranı	0,9
Panel Sayısı	4357 adet
Toplam panel yüzey alanı	11260,17 m ²
Piyasa takas fiyatı (\$)	88,82 \$

4.1. KARABÜK

Bu bölümde Karabük'ün coğrafyası, meteorolojik verileri, güneş enerjisi potansiyeli, güneş enerjisi tesisi potansiyeli incelenmiştir.

4.1.1. Karabük'ün Coğrafyası

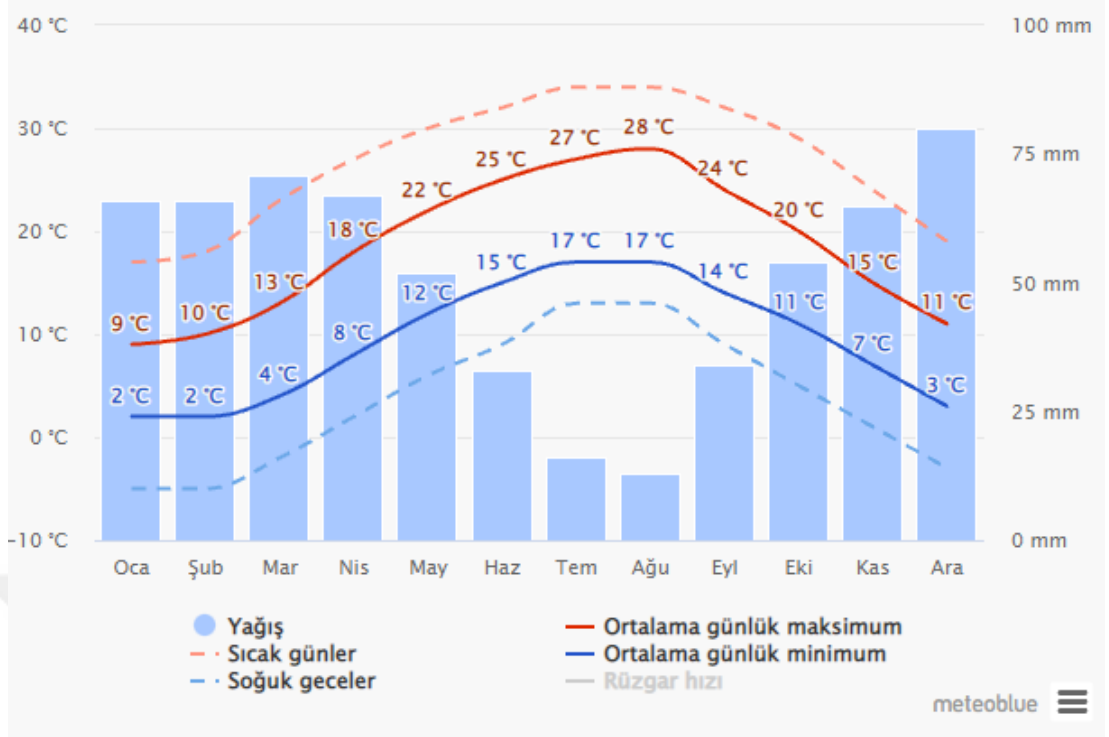
Karabük Batı Karadeniz'in ortasında yer almaktadır. İl idari alanı, Küre Dağları ile Köroğlu Dağları arasında yer almaktadır. İlin Filyos ırmağı ile Araç çayı vadisine kadar olan kuzey kesimi Küre dağları'nın güney uzantılarını kapsamaktadır. Karabük'ün yüzölçümü 4142 km², nüfus yoğunluğu ise 60 kişi/ km²'dir. Karabük ili Merkez ilçesiyle birlikte altı ilçeden (Merkez ilçe, Eflani, Eskipazar, Ovacık, Safranbolu, Yenice) oluşmaktadır. Karabük İli, 40° 57' ve 41° 34' Kuzey enlemleriyle 32° 04' ve 33° 06' Doğu boylamları arasında yer almaktadır (Özçağlar, 2015: 115).



Şekil 4.1. Karabük'ün fiziki haritası (Özçağlar, 2015: 116).

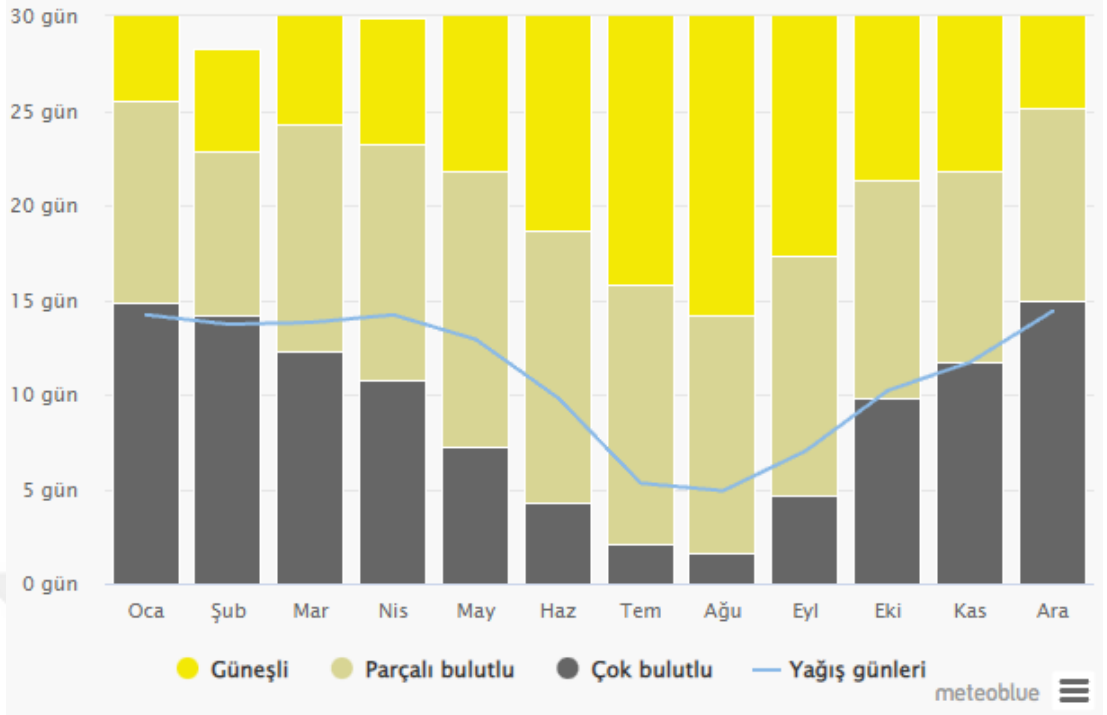
4.1.2. Karabük'ün Meteorolojik Verileri

Bu bölümde Karabük'ün meteorolojik verilerine ilişkin bilgiler yer almaktadır (Şekil 4.2; Şekil 4.3; Çizelge 4.5).



Şekil 4.2. Karabük'te ortalama sıcaklık ve yağış (<http://www.meteoblue.com> , 2022)

"Ortalama günlük maksimum" her ay için ve Karabük için ortalama bir günün maksimum sıcaklığını gösterir. Aynı şekilde, "ortalama günlük minimum" ortalama minimum sıcaklığı gösterir. Sıcak günler ve soğuk geceler son 30 yıldır her ayın en sıcak ve en soğuk gecelerinin ortalamasını göstermektedir (<http://www.meteoblue.com> , 2022).



Şekil 4.3. Karabük'te bulutlu, güneşli ve yağışlı günler (<http://www.meteoblue.com> , 2022)

Yukarıdaki şekilde göre Karabük'te en çok temmuz ve ağustos aylarında güneş olduğu görülmektedir. Aralık ve ocak aylarının ise en az güneşlenme sürelerinin olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.5. Karabük ilinin 1991-2020 yılları arası meteorolojik verileri

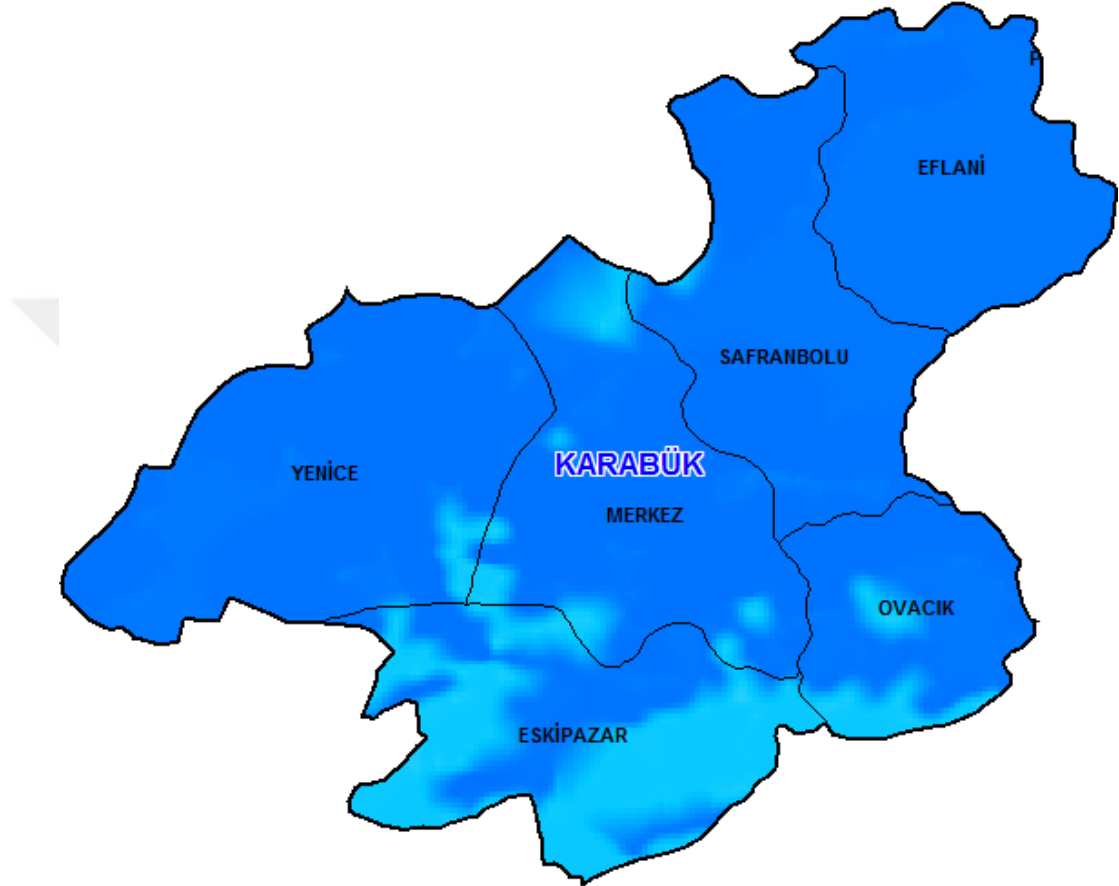
KARABUK	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ortalama Sıcaklık (°C)	2.3	5.8	8.8	12.2	16.8	20.5	23.3	23.9	20.2	14.6	8.1	3.9	13.4
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	7.3	12.2	16.3	21.1	24.7	28.6	31.7	32.8	29.2	22.3	15.0	9.0	20.8
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-0.9	1.5	3.4	5.4	10.8	14.6	16.3	16.7	13.5	9.5	3.6	0.7	7.9
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	1.9	3.3	4.5	7.2	6.4	7.5	9.4	9.1	7.4	5.3	4.2	2.5	5.7
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	14.29	12.71	13.43	11.14	15.71	15.57	5.71	5.43	7.14	10.71	10.71	13.86	136.4
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	44.1	41.8	42.9	38.1	66.3	82.0	22.6	18.0	31.4	50.7	34.9	49.3	522.1
Ölçüm Periyodu (1965 - 2021)													
En Yüksek Sıcaklık (°C)	23,9	24,8	32,5	34,9	38,8	40,6	44,0	44,1	40,8	37,2	27,0	23,7	44,0
En Düşük Sıcaklık (°C)	-15,1	-14,2	-9,2	-5,8	0,1	4,6	8,9	8,9	3,4	-3,1	-6,4	-12,0	-15,0

Kaynak: MGM, 2022.

MGM (2022) verilerine göre, ağustos ayında ortalama 23,9 °C ile en yüksek sıcaklığı, ocak ayında ise 2,3 °C ile en düşük ortalama sıcaklığı görmektedir.

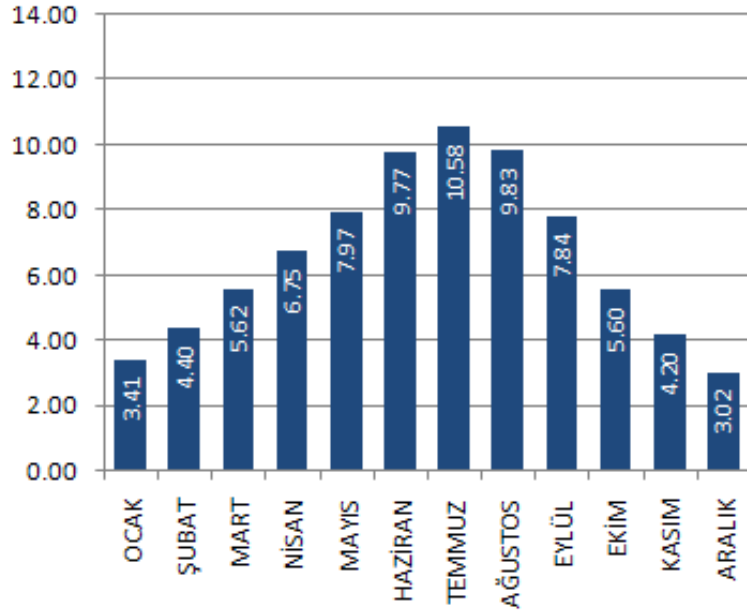
4.1.3. Karabük'ün Güneş Enerjisi Potansiyeli

GEPA verilerine göre Karabük'ün güneş enerjisi potansiyeli grafiği aşağıdaki şekilde verilmiştir.



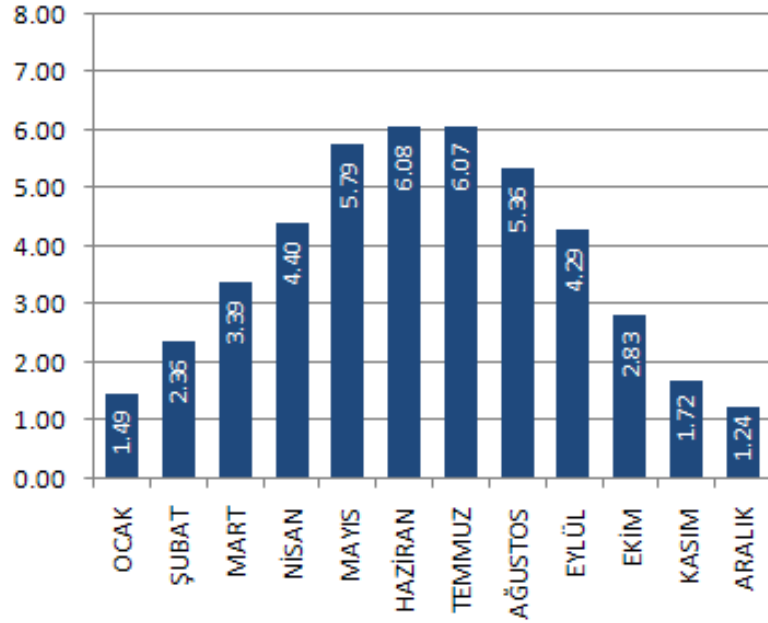
Şekil 4.4. Karabük güneş enerjisi potansiyeli (gepa.enerji.gov.tr, 2022)

Şekil 4.4’de göre Karabük’ün güneş enerjisi potansiyeli görülmektedir. Karabük ilinde genel olarak çok bariz bir güneşlenme farklılığı olmadığı için ilçe bazında değil şehir bazında kurulması muhtemel bir güneş enerjisi santralının potansiyeli incelenmiştir.



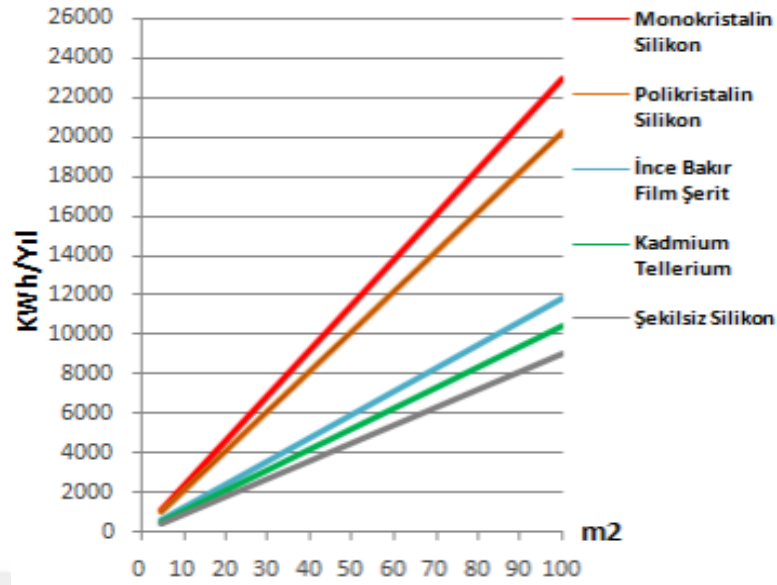
Şekil 4.5. Karabük aylara göre güneşlenme süreleri (saat) (gepa.enerji.gov.tr, 2022)

Şekil 4.5'e göre Karabük'ün en çok temmuz ayında 10.58 saat güneşlenme süresi olduğu, en az ise Aralık ayında 3.02 saat güneşlenme süresi olduğu görülmektedir.



Şekil 4.6. Karabük'ün aylara göre radyasyon değerleri (KWh/m²-gün) (gepa.enerji.gov.tr, 2022)

Şekil 4.6'ya göre Karabük'ün en çok haziran ayında 6.08 KWh/m²-gün radyasyon aldığı, en az ise Aralık ayında 1.24 KWh/m²-gün radyasyon aldığı görülmektedir.



Şekil 4.7. Karabük PV tipi-alan-üretilebilecek enerji (KWh-Yıl) (gepa.enerji.gov.tr, 2022).

Şekil 4.7’de Karabük’e en uygun PV tipinin monokristalin silikon olduğu belirtilmiştir.

4.1.4. Karabük’te Güneş Enerjisi Tesisi Potansiyelinin Hesaplanması

Aşağıdaki tabloda Karabük’te kurulması planlanan 2 MWh’lık bir güneş enerjisi tesisine ait veriler yer almaktadır.

Çizelge 4.6. Karabük’te 2 MWh’lık güneş enerjisi tesisi potansiyeli

Aylar	Günlük Radyasyon (kWh/m ²)	Gün Sayısı	Aylık Radyasyon (kWh/m ²)	Üretim Miktarı (kWh)	Kazanç (\$)
Ocak	1,49	31	46,19	97807,42	8687
Şubat	2,36	28	66,08	139924,53	12428
Mart	3,39	31	105,09	222528,29	19765
Nisan	4,4	30	132	279510,26	24826
Mayıs	5,79	31	179,49	380070,43	33758
Haziran	6,08	30	182,4	386232,36	34305
Temmuz	6,07	31	188,17	398450,35	35390
Ağustos	5,36	31	166,16	351844,13	31251
Eylül	4,29	30	128,7	272522,51	24205
Ekim	2,83	31	87,73	185768,45	16500
Kasım	1,72	30	51,6	109263,10	9705
Aralık	1,24	31	38,44	81396,78	7230
Toplam	45,02	365	1372,05	2.905.318,62	258.050

Çizelgeden elde edilen verilere göre 2 MWh'lık bir güneş enerjisi tesisinin yıllık kazancı 258.050 \$'dır. Tesisin geri ödeme süresi için;

- “Geri Ödeme Süresi: Santral Maaliyeti/Yıllık Kazanç” formülü kullanılmaktadır.
$$1.300.000/258.050 = 5,03 \text{ yıl}$$

Buna göre tesis 5,03 yıl sonra kendisini amorti etmektedir.

4.2. KONYA

Bu bölümde Konya'nın coğrafyası, meteorolojik verileri, güneş enerjisi potansiyeli, güneş enerjisi tesisi potansiyeli incelenmiştir.

4.2.1. Konya'nın Coğrafyası

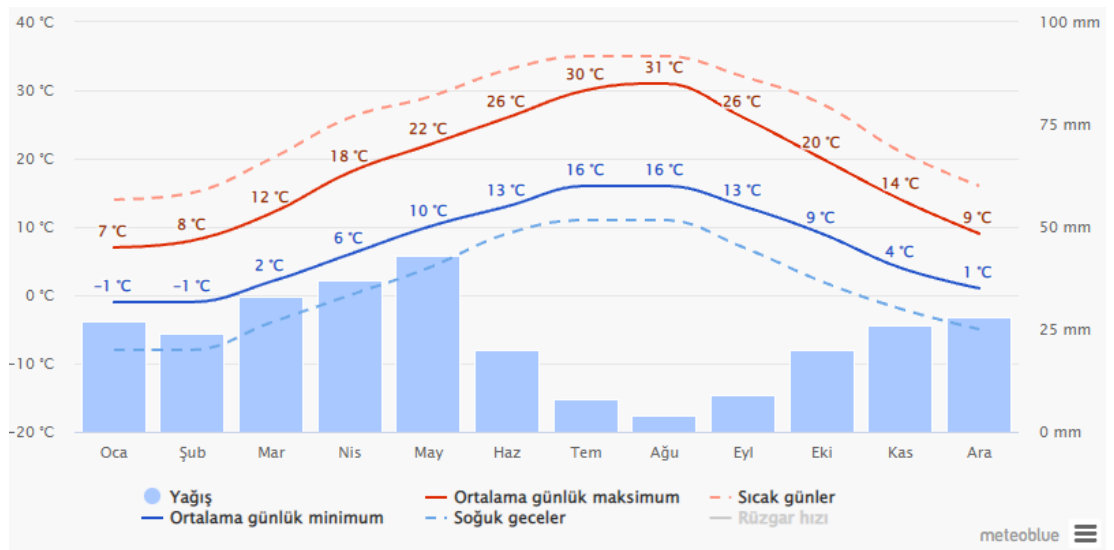
Topraklarının büyük bir bölümü, İç Anadolu'nun yüksek düzlükleri üzerine rastlar. Güney ve güneybatı kesimleri Akdeniz bölgesine dahildir. Konya, coğrafi olarak 36° 41' ve 39 16' kuzey enlemleri ile 31° 14' ve 34° 26' doğu boylamları arasında yer alır. Yüzölçümü 38257 km²'dir. Ortalama yükseltisi 1016 m'dir (<http://www.bizimkonya.com>).



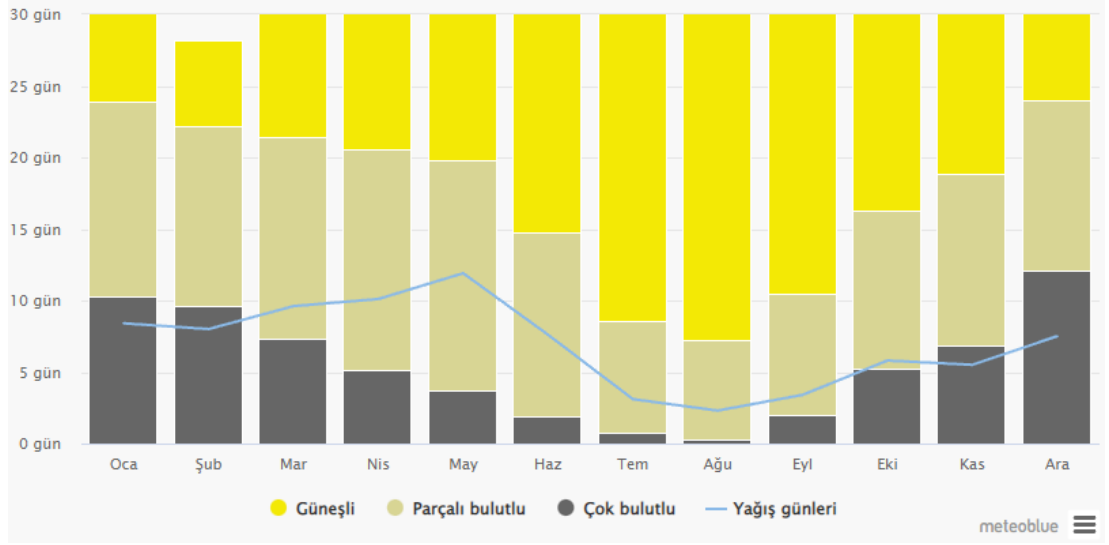
Şekil 4.8. Konya'nın fiziki haritası (www.kulu.bel.tr, 2022)

4.2.2. Konya'nın Meteorolojik Verileri

Bu bölümde Konya'nın meteorolojik verilerine ilişkin bilgiler yer almaktadır (Şekil 4.9; Şekil 4.10; Çizelge 4.7).



Şekil 4.9. Konya'da ortalama sıcaklık ve yağış (<http://www.meteoblue.com> , 2022)



Şekil 4.10. Konya'da bulutlu, güneşli ve yağışlı günler (<http://www.meteoblue.com>, 2022)

Şekil 4.10'da göre Konya'da en çok ağustos ayında güneş olduğu görülmektedir. aralık ve ocak aylarının ise en az güneşlenme sürelerinin olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.7. Konya ilinin 1991-2020 yılları arası meteorolojik verileri

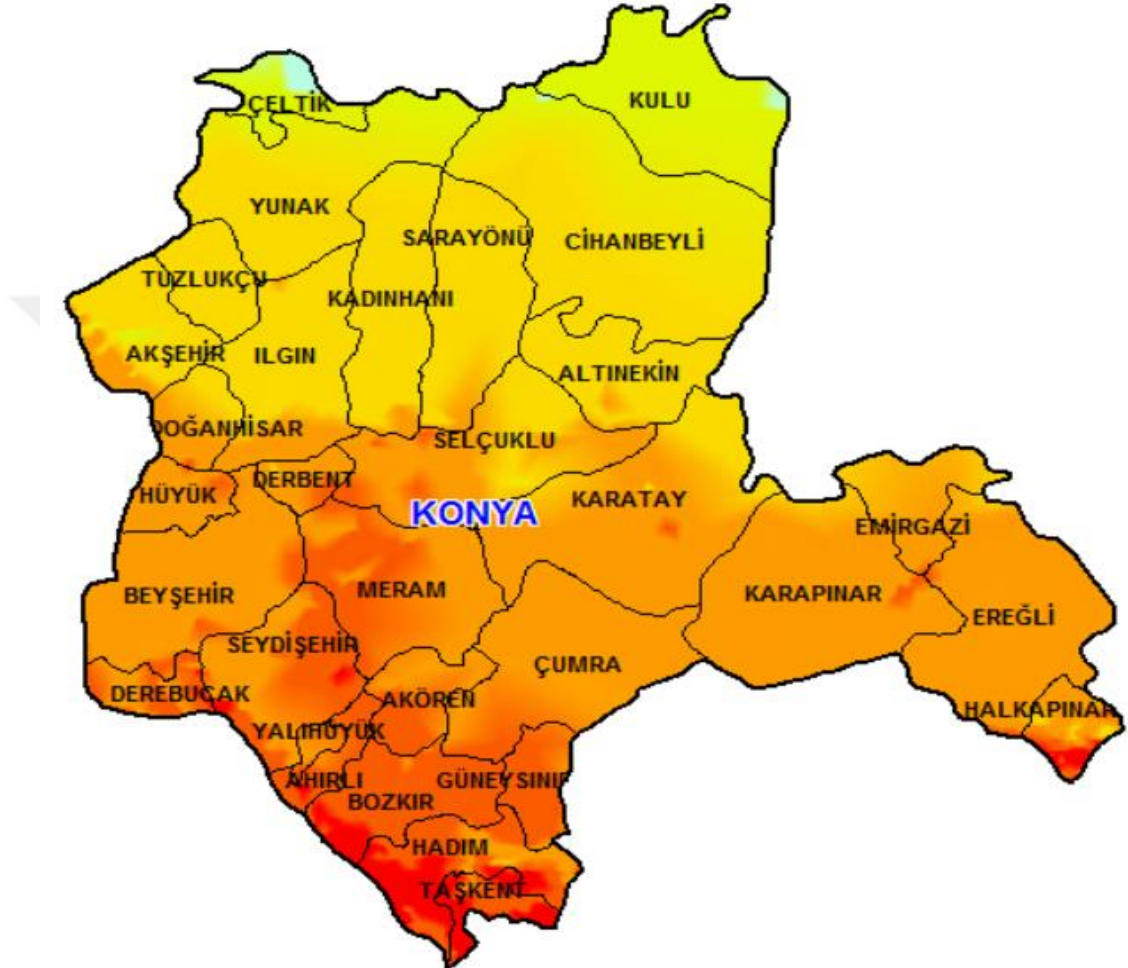
KONYA	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ortalama Sıcaklık (°C)	-0.3	1.3	6.0	10.9	15.9	20.5	24.1	24.0	19.4	13.4	6.2	1.5	11.9
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	4.6	6.9	12.5	17.6	22.8	27.4	31.0	30.9	26.7	20.4	12.7	6.3	18.3
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-3.9	-3.3	0.2	4.4	9.0	13.6	17.1	17.2	12.3	7.0	0.8	-2.2	6.0
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	3.4	4.9	6.3	7.2	8.7	10.3	11.1	10.8	9.7	7.6	5.3	3.3	7.4
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	10.53	8.97	9.80	10.83	12.47	8.10	3.00	2.63	4.40	7.27	7.13	10.10	95.2
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	35.9	23.1	27.4	34.2	38.2	27.8	6.5	6.5	15.9	29.7	34.5	45.6	325.3
Ölçüm Periyodu (1929 - 2021)													
En Yüksek Sıcaklık (°C)	19.9	23.8	28.9	30.9	34.4	36.7	40.6	39.0	38.8	31.6	25.4	21.8	40.6
En Düşük Sıcaklık (°C)	-28.2	-26.5	-16.4	-8.6	-1.2	1.8	6.0	5.3	-3.0	-8.4	-20.0	-26.0	-28.2

Kaynak: MGM, 2022.

MGM (2022) verilerine göre Konya, temmuz ayında ortalama 24,1 °C ile en yüksek sıcaklığı, Ocak ayında ise -0,3 °C ile en düşük ortalama sıcaklığı görmektedir.

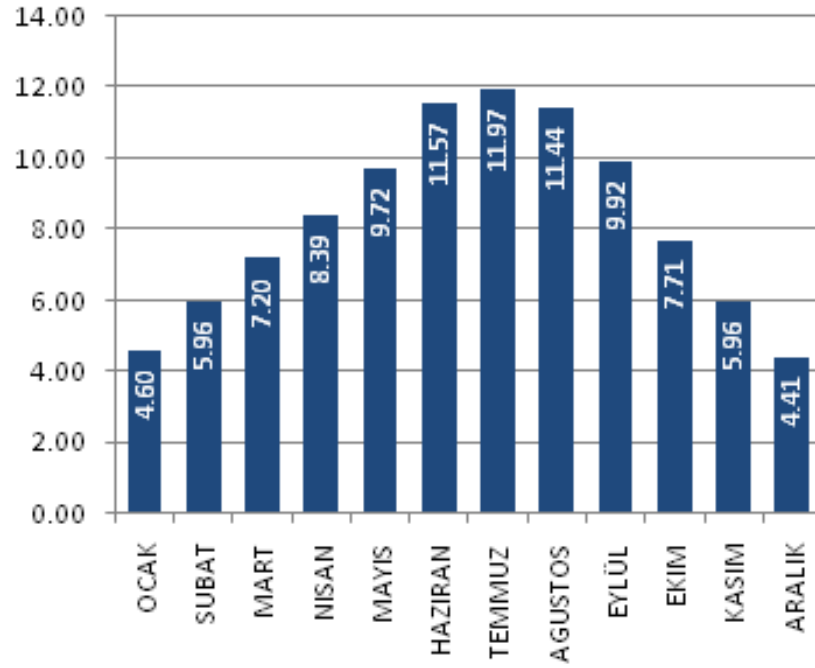
4.2.3. Konya'nın Güneş Enerjisi Potansiyeli

GEPA verilerine göre Konya'nın güneş enerjisi potansiyeli grafiği aşağıdaki şekilde verilmiştir.



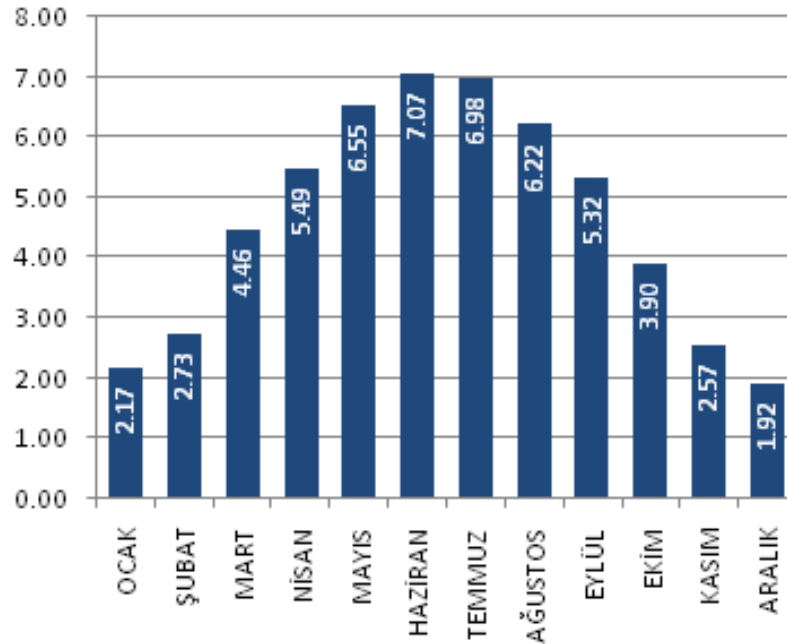
Şekil 4.11. Konya güneş enerjisi potansiyeli (gepa.enerji.gov.tr, 2022).

Şekil 4.11'e göre Konya'nın güneş enerjisi potansiyel haritası görülmektedir. Bu haritaya göre Konya'nın Hadım ilçesinin güneş enerjisi potansiyeli daha yüksek olduğu için bu ilçede kurulması muhtemel bir güneş enerjisi santralının potansiyeli incelenmiştir.



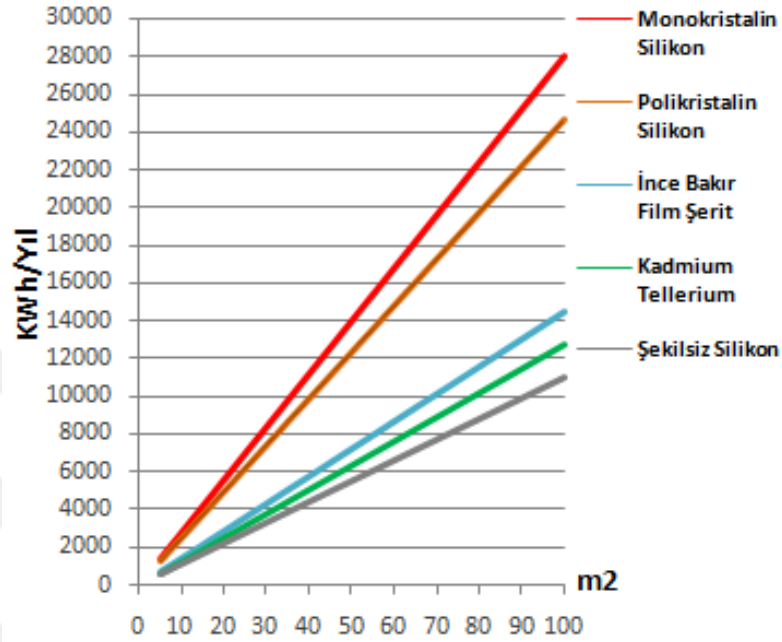
Şekil 4.12. Konya ili Hadım ilçesinin aylara göre güneşlenme süreleri (Saat) (gepa.enerji.gov.tr, 2022)

Şekil 4.12'ye göre Konya ili Hadım ilçesinin en çok temmuz ayında 11.97 saat güneşlenme süresi olduğu, en az ise Aralık ayında 4.41 saat güneşlenme süresi olduğu görülmektedir.



Şekil 4.13. Konya ili Hadım ilçesinin aylara göre radyasyon değerleri (KWh/m²-gün) (gepa.enerji.gov.tr, 2022)

Şekil 4.13'e göre Konya ili Hadım ilçesinin en çok temmuz ayında $5.98 \text{ KWh/m}^2\text{-gün}$ radyasyon aldığı, en az ise aralık ayında $1.92 \text{ KWh/m}^2\text{-gün}$ radyasyon aldığı görülmektedir.



Şekil 4.14. Konya ili Hadım ilçesinin PV tipi-alan-üretilebilecek enerji (KWh-Yıl) (gepa.enerji.gov.tr, 2022).

Şekil 4.14'de Konya'ya en uygun PV tipinin monokristalin silikon olduğu belirtilmiştir.

4.2.4. Konya İli Hadım İlçesinin Güneş Enerjisi Tesisi Potansiyelinin Hesaplanması

Aşağıdaki tabloda Konya ili Hadım ilçesinde kurulması planlanan 2 MWh'lık bir güneş enerjisi tesisine ait veriler yer almaktadır.

Çizelge 4.8. Konya ili Hadım ilçesinde 2MWh’lık güneş enerjisi tesisi potansiyeli

Aylar	Günlük Radyasyon (kWh/m ²)	Gün Sayısı	Aylık Radyasyon (kWh/m ²)	Üretim Miktarı (kWh)	Kazanç (\$)
Ocak	2,17	31	67,27	142444,36	12652
Şubat	2,73	28	76,44	161861,85	14377
Mart	4,46	31	138,26	292765,83	26003
Nisan	5,49	30	164,7	348752,58	30976
Mayıs	6,55	31	203,05	429958,78	38189
Haziran	7,07	30	212,1	449122,17	39891
Temmuz	6,98	31	216,38	458185,08	40696
Ağustos	6,22	31	192,82	408296,74	36265
Eylül	5,32	30	159,6	337953,32	30017
Ekim	3,9	31	120,9	256005,99	22738
Kasım	2,57	30	77,1	163259,40	14501
Aralık	1,92	31	59,52	126033,72	11194
Toplam	55,38	365	1688,14	3.574.639,83	317.500

Çizelgeden elde edilen verilere göre 2 MWh’lık bir güneş enerjisi tesisinin yıllık kazancı 317.500 \$’dır. Tesisin geri ödeme süresi için;

- “Geri Ödeme Süresi: Santral Maaliyeti/Yıllık Kazanç” formülü kullanılmaktadır.

$$1.300.000/317.500=4.09 \text{ yıl}$$

Buna göre tesis 4.09 yıl sonra kendisini amorti etmektedir.

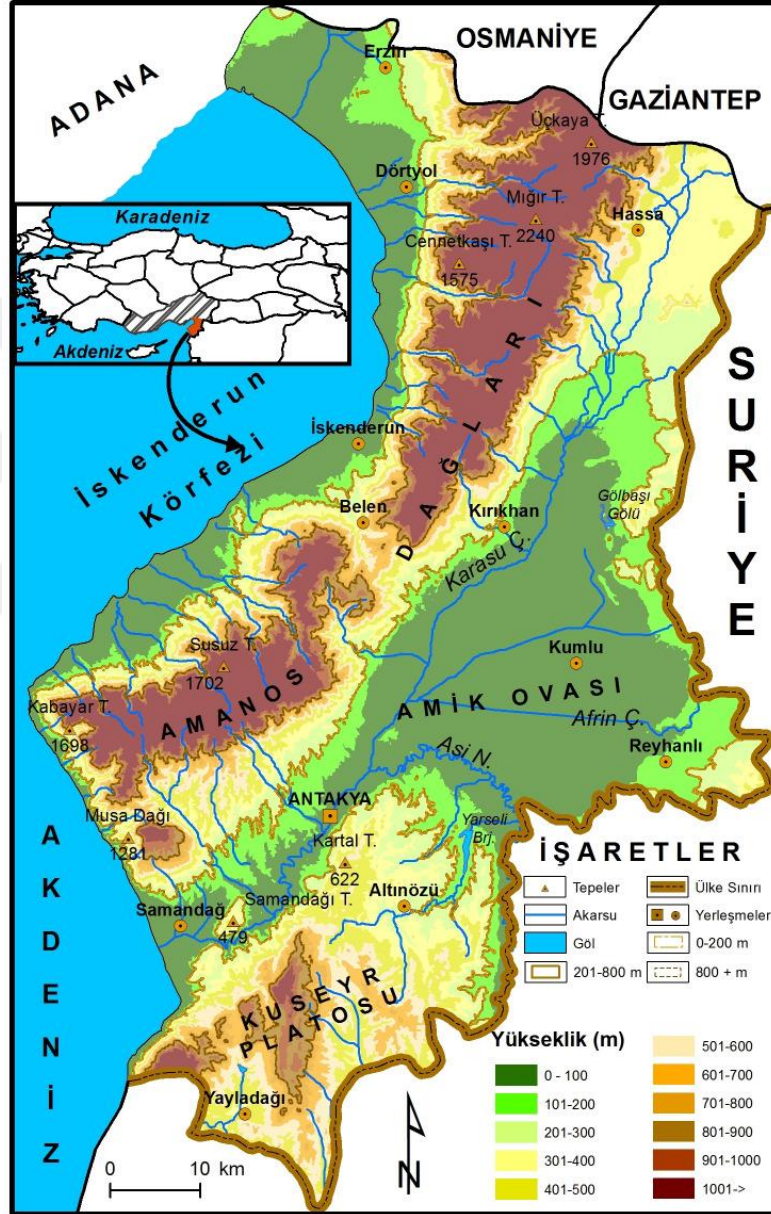
4.3. HATAY

Bu bölümde Hatay’ın coğrafyası, meteorolojik verileri, güneş enerjisi potansiyeli, güneş enerjisi tesisi potansiyeli incelenmiştir.

4.3.1. Hatay’ın Coğrafyası

Hatay ili Türkiye’nin güneyinde, İskenderun körfezinin doğu kıyılarında yer alır. Hatay ve çevresi yoğun tektonizmaya maruz kaldığından yeryüzü şekilleri

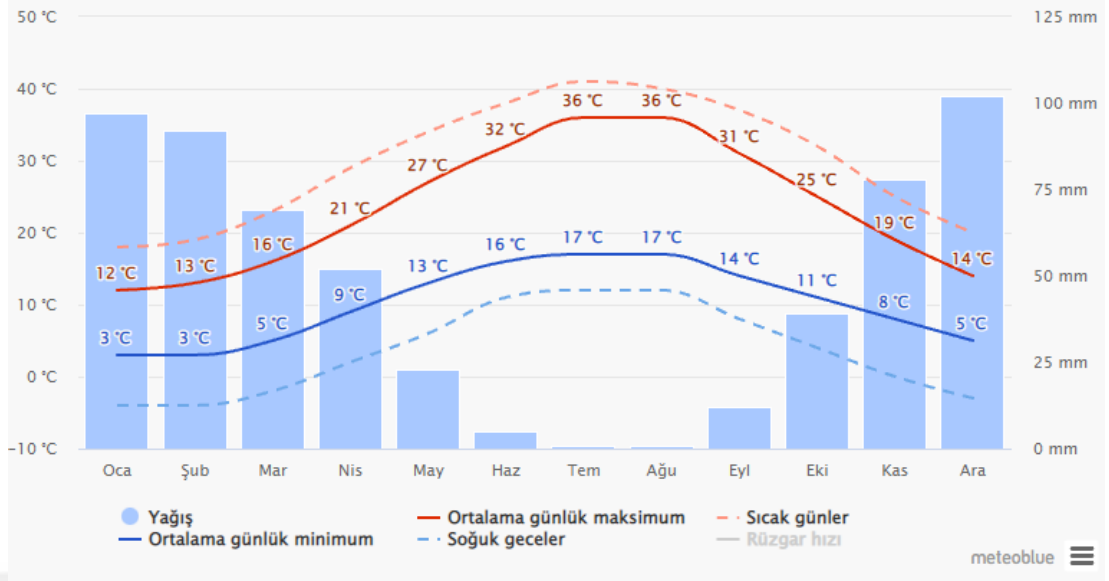
açısından çeşitlilik gösterir. İlde yazları sıcak ve kurak, kışları ise ılık ve yağışlı karakteristik Akdeniz iklimi egemendir. Yıllık sıcaklık ortalamalarının 15.1 - 20 °C derecelere asında değiştiği Hatay'da aylık sıcaklık ortalamaları yaz aylarında en fazla, kış aylarında ise en düşük değerlere ulaşır.



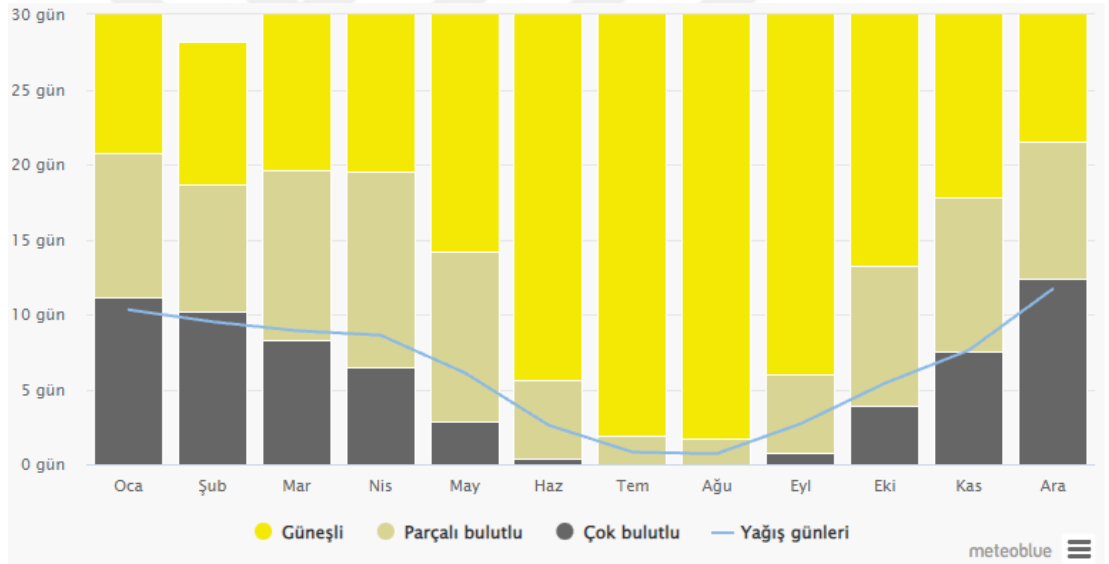
Şekil 4.15. Hatay'ın fiziki haritası (Atasoy ve Özşahin, 2013).

4.3.2. Hatay'ın Meteorolojik Verileri

Bu bölümde Hatay'ın meteorolojik verilerine ilişkin bilgiler yer almaktadır (Şekil 4.16; Şekil 4.17; Çizelge 4.9).



Şekil 4.16. Hatay'da ortalama sıcaklık ve yağış (<http://www.meteoblue.com> , 2022).



Şekil 4.17. Hatay'da bulutlu, güneşli ve yağışlı günler (<http://www.meteoblue.com> , 2022).

Şekil 4.17'ye göre Hatay'da en çok temmuz ve ağustos aylarında güneş olduğu görülmektedir. Aralık ve ocak aylarının ise en az güneşlenme sürelerinin olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.9. Hatay ilinin 1991-2020 yılları arası meteorolojik verileri

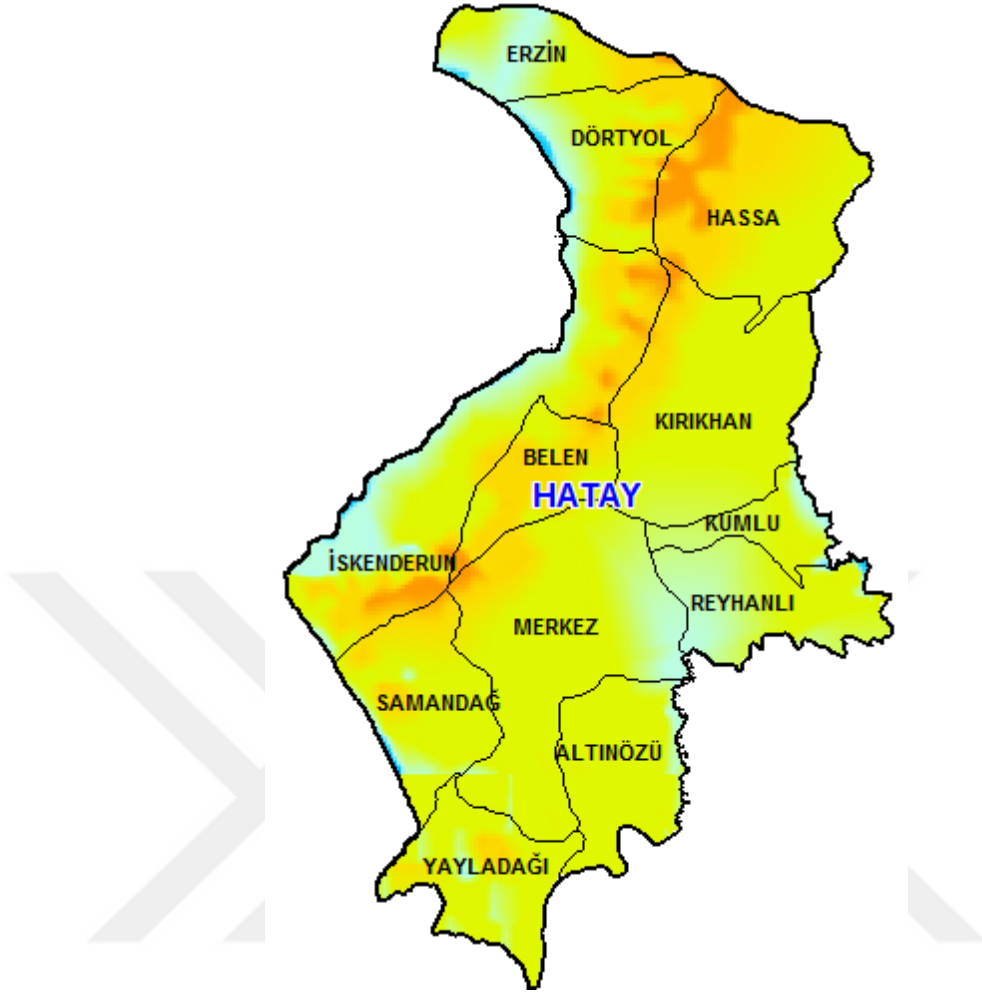
HATAY	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ortalama Sıcaklık (°C)	8.2	9.9	13.6	17.4	21.6	25.1	27.6	28.3	26.1	21.5	14.3	9.5	18.6
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	12.5	14.9	19.0	23.0	27.0	29.7	31.6	32.5	31.4	28.2	20.3	13.9	23.7
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	5.0	5.9	9.1	12.6	16.9	21.3	24.4	25.2	21.7	16.2	9.8	6.2	14.5
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	3.4	4.6	6.0	7.3	9.1	10.9	11.0	10.3	9.1	7.0	5.2	3.3	7.3
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	13.57	12.07	11.20	9.73	5.67	1.83	0.80	0.80	4.33	7.70	8.03	11.40	87.1
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	179.5	162.0	145.1	108.4	89.8	20.3	8.1	5.4	61.7	56.0	99.2	188.7	1124.2
Ölçüm Periyodu (1940 - 2021)													
En Yüksek Sıcaklık (°C)	20.5	26.6	30.5	37.5	42.5	43.2	44.6	43.9	43.5	39.2	32.5	25.1	44.6
En Düşük Sıcaklık (°C)	-11.8	-6.8	-4.2	1.5	7.7	11.6	15.9	15.4	7.9	2.3	-3.0	-6.6	-11.8

Kaynak: MGM, 2022.

MGM (2022) verilerine göre, ağustos ayında ortalama 28,3 °C ile en yüksek sıcaklığı, ocak ayında ise 8,2 °C ile en düşük ortalama sıcaklığı görmektedir.

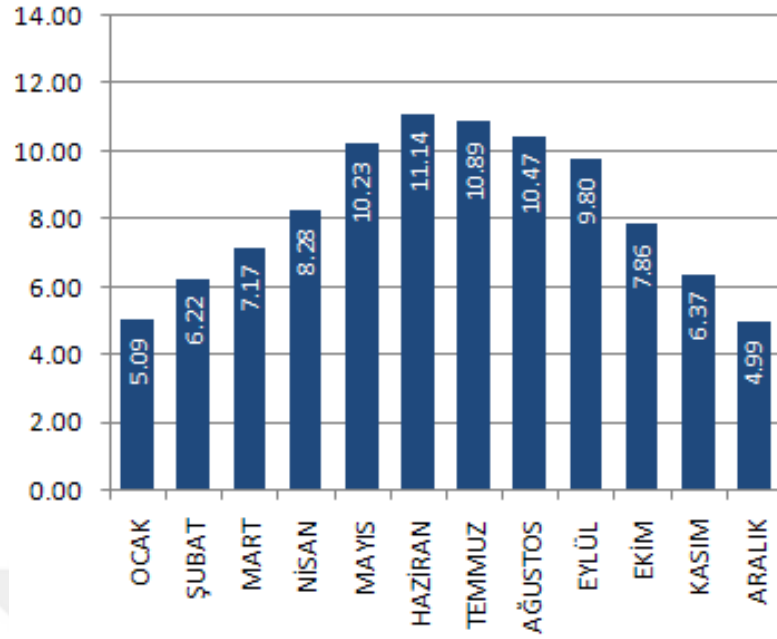
4.3.3. Hatay'ın Güneş Enerjisi Potansiyeli

GEPA verilerine göre Hatay'ın güneş enerjisi potansiyeli grafiği aşağıdaki şekilde verilmiştir.



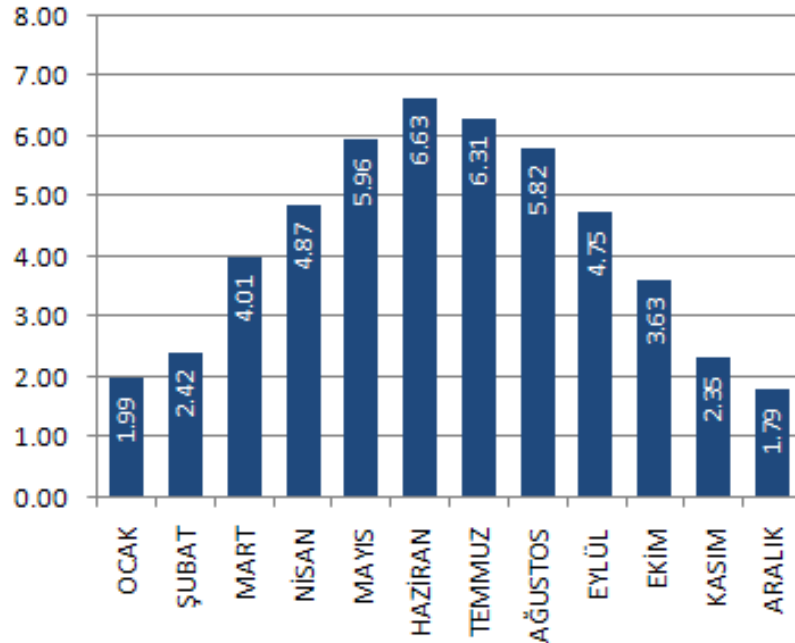
Şekil 4.18. Hatay'ın güneş enerjisi potansiyeli (gepa.enerji.gov.tr, 2022).

Şekil 4.18'e göre Hatay'ın güneş enerjisi potansiyeli görülmektedir. Hatay ilinde genel olarak çok bariz bir güneşlenme farklılığı olmadığı için ilçe bazında değil şehir bazında kurulması muhtemel bir güneş enerjisi santralının potansiyeli incelenmiştir.



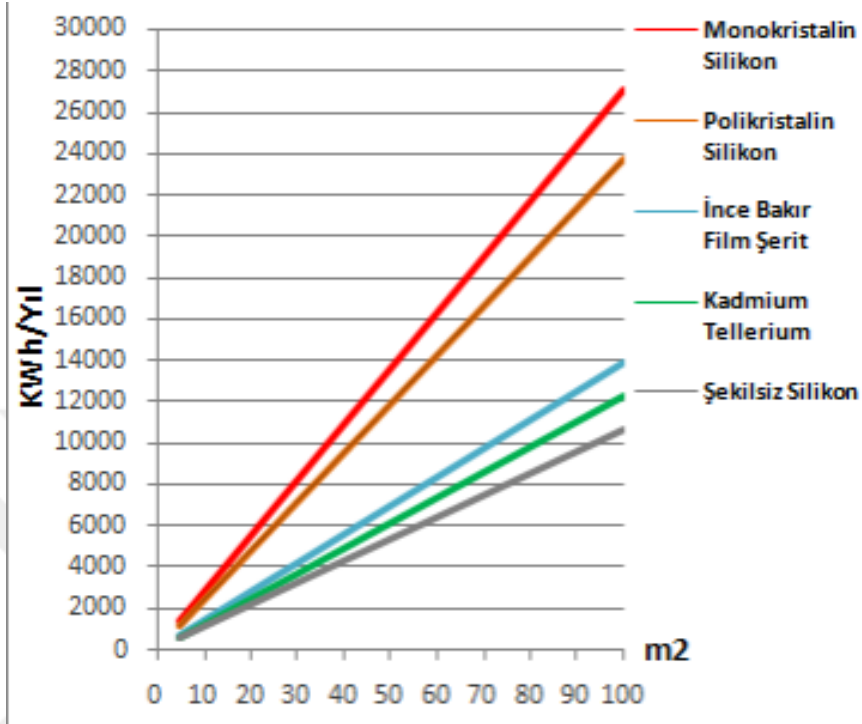
Şekil 4.19. Hatay'ın aylara göre güneşlenme süreleri (saat) (gepa.enerji.gov.tr, 2022).

Şekil 4.19'a göre Hatay'ın en çok haziran ayında 11.14 saat güneşlenme süresi olduğu, en az ise Aralık ayında 4.99 saat güneşlenme süresi olduğu görülmektedir.



Şekil 4.20. Hatay'ın aylara göre radyasyon değerleri (KWh/m²-gün) (gepa.enerji.gov.tr, 2022).

Şekil 4.20'ye göre Hatay'ın en çok haziran ayında $6.63 \text{ KWh/m}^2\text{-gün}$ radyasyon aldığı, en az ise aralık ayında $1.79 \text{ KWh/m}^2\text{-gün}$ radyasyon aldığı görülmektedir.



Şekil 4.21. Hatay'da PV tipi-alan-üretilebilecek enerji (KWh-Yıl) (gepa.enerji.gov.tr, 2022).

Şekil 4.21'de Hatay'a en uygun PV tipinin monokristalin silikon olduğu belirtilmiştir.

4.3.4. Hatay'da Güneş Enerjisi Tesisi Potansiyelinin Hesaplanması

Aşağıdaki tabloda Hatay'da kurulması planlanan 2 MWh'lık bir güneş enerjisi tesisine ait veriler yer almaktadır.

Çizelge 4.10. Hatay’da 2MWh’lik güneş enerjisi tesisi potansiyeli

Aylar	Günlük Radyasyon (kWh/m ²)	Gün Sayısı	Aylık Radyasyon (kWh/m ²)	Üretim Miktarı (kWh)	Kazanç (\$)
Ocak	1,99	31	61,69	130628,70	11602
Şubat	2,42	28	67,76	143481,94	12744
Mart	4,01	31	124,31	263226,67	23380
Nisan	4,87	30	146,1	309367,04	27478
Mayıs	5,96	31	184,76	391229,67	34749
Haziran	6,63	30	198,9	421171,15	37408
Temmuz	6,31	31	195,61	414204,57	36790
Ağustos	5,82	31	180,42	382039,71	33933
Eylül	4,75	30	142,5	301744,04	26801
Ekim	3,63	31	112,53	238282,50	21164
Kasım	2,35	30	70,5	149283,89	13259
Aralık	1,79	31	55,49	117500,19	10436
Toplam	50,53	365	1540,57	3.262.160,06	289.745

Çizelgeden elde edilen verilere göre 2 MWh’lik bir güneş enerjisi tesisinin yıllık kazancı 289.745 \$’dır. Tesisin geri ödeme süresi için;

- “Geri Ödeme Süresi: Santral Maaliyeti/Yıllık Kazanç” formülü kullanılmaktadır.

$$1.300.000/289.745=4.48 \text{ yıl}$$

Buna göre tesis 4.48 yıl sonra kendisini amorti etmektedir.

4.4. VAN

Bu bölümde Van’ın coğrafyası, meteorolojik verileri, güneş enerjisi potansiyeli, güneş enerjisi tesisi potansiyeli incelenmiştir.

4.4.1. Van’ın Coğrafyası

İlin kuzeyinde bulunan Tendürek dağlarında yükseklikleri 2400 ile 3000 metre arasında değişen "Sınır Dağları" uzanır. Yazları az yağışlı ve sıcak kışları az yağışlı ve oldukça soğuk geçmektedir. Baharlar ise bol yağışlı ve ılıktır. Van ili 42° 40' ve 44o

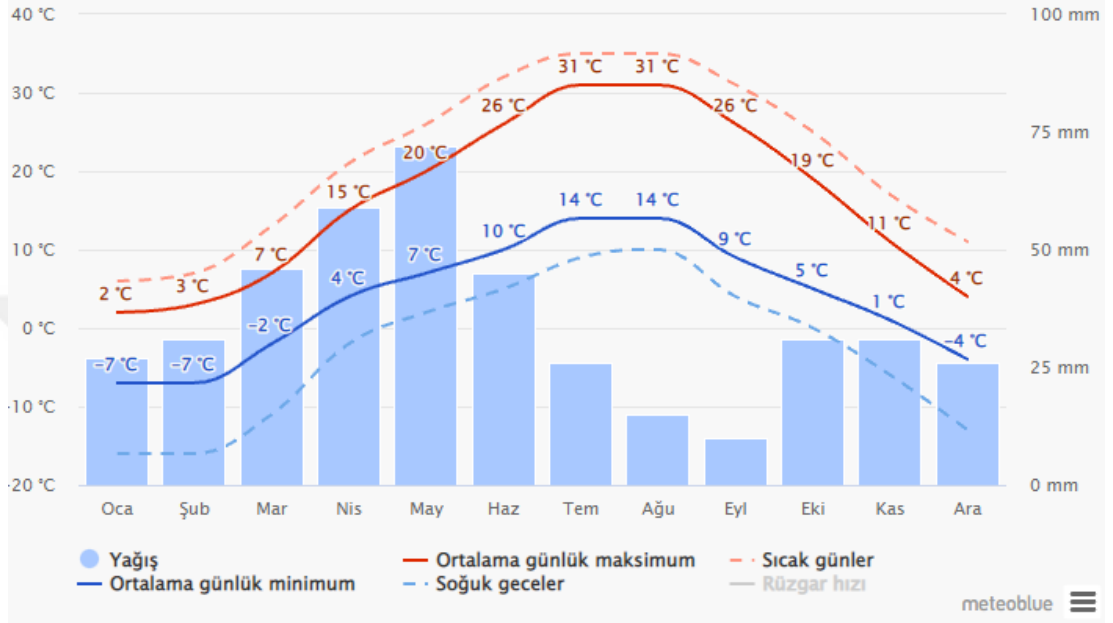
30° doğu boylamları ile 37° 43' ve 39° 26' kuzey enlemleri arasında yer almaktadır (www.cografya.gen.tr, 2022).



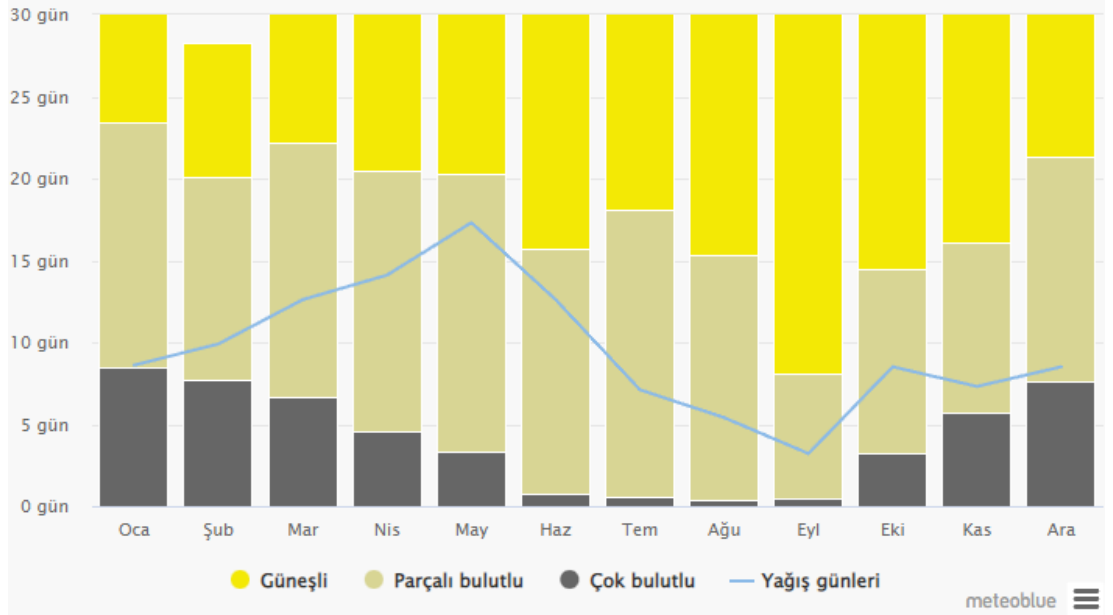
Şekil 4.22. Van'ın fiziki haritası (Turna, 2016)..

4.4.2. Van'ın Meteorolojik Verileri

Bu bölümde Van'ın meteorolojik verilerine ilişkin bilgiler yer almaktadır (Şekil 4.23; Şekil 4.24; Çizelge 4.11).



Şekil 4.23. Van'da ortalama sıcaklık ve yağış (<http://www.meteoblue.com> , 2022).



Şekil 4.24. Van'da bulutlu, güneşli ve yağışlı günler (<http://www.meteoblue.com> , 2022).

Yukarıdaki şekilde göre Van'da en çok eylül ayında güneş olduğu görülmektedir. Ocak ayı ise en az güneşlenme sürelerinin olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.11. Van ilinin 1991-2020 yılları arası meteorolojik verileri

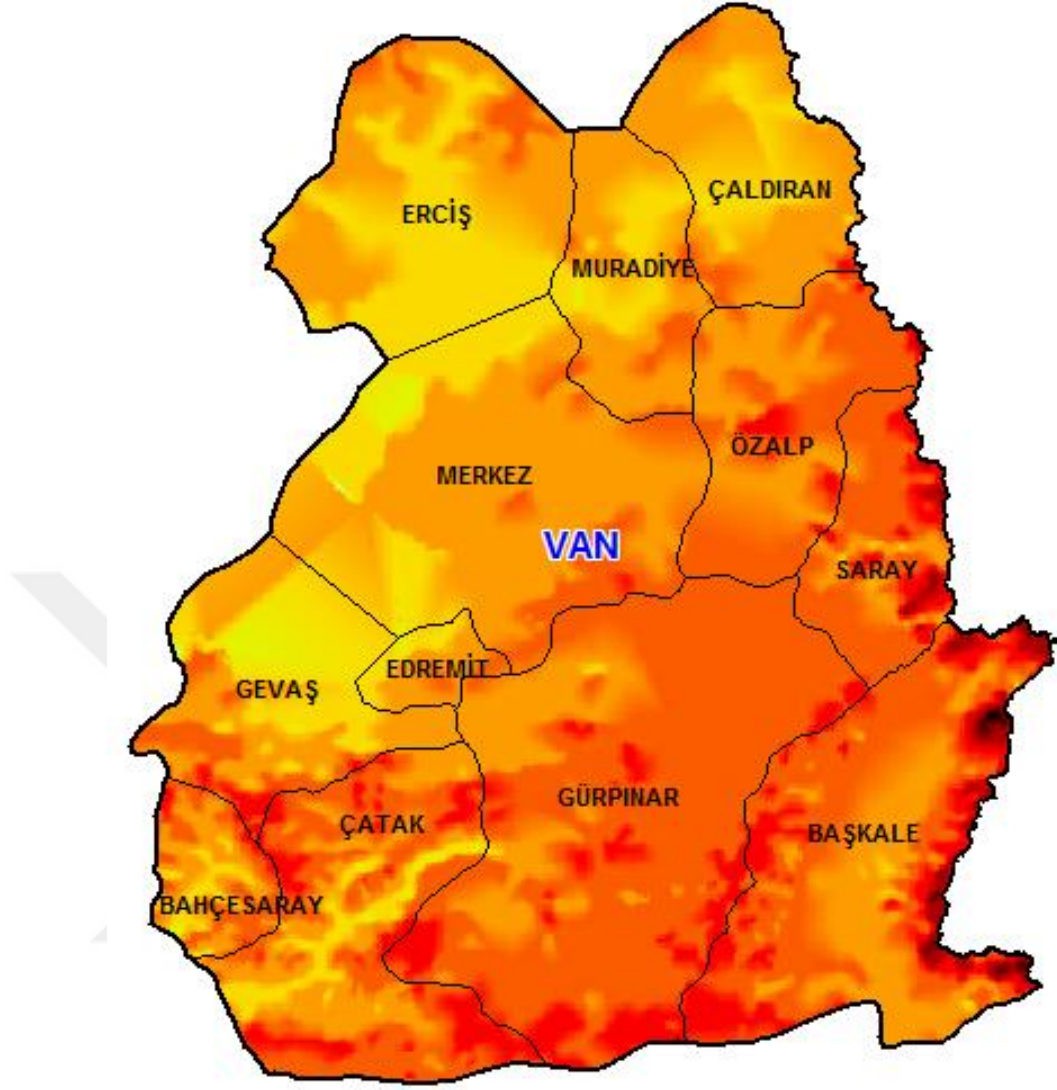
VAN	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ortalama Sıcaklık (°C)	-2.1	-1.2	2.9	8.4	13.4	18.8	22.7	22.9	18.4	12.1	5.2	0.2	10.1
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	2.9	3.5	7.5	13.2	18.6	24.3	28.3	28.8	24.4	17.8	10.3	5.2	15.4
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-6.0	-5.2	-1.2	3.6	8.0	12.3	16.0	16.2	12.0	6.8	0.9	-3.6	5.0
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	5.0	5.7	6.5	7.7	9.5	11.7	12.0	11.2	10.2	7.5	5.9	4.1	8.1
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	8.07	9.47	11.30	12.60	11.10	4.93	2.17	1.57	2.93	8.47	8.07	9.83	90.5
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	32.9	35.4	49.0	57.2	45.8	16.6	7.9	5.6	19.9	45.9	48.8	45.2	410.2
Ölçüm Periyodu (1939 - 2021)													
En Yüksek Sıcaklık (°C)	12.6	14.3	22.7	27.2	29.3	33.5	37.5	36.7	35.0	28.8	20.1	15.5	37.5
En Düşük Sıcaklık (°C)	-28.7	-28.2	-22.7	-13.1	-3.5	-2.6	3.6	5.0	-0.1	-14.0	-18.6	-21.3	-28.7

Kaynak: MGM, 2022.

MGM (2022) verilerine göre Van, ağustos ayında ortalama 22,9 °C ile en yüksek sıcaklığı, ocak ayında ise -2,1 °C ile en düşük ortalama sıcaklığı görmektedir.

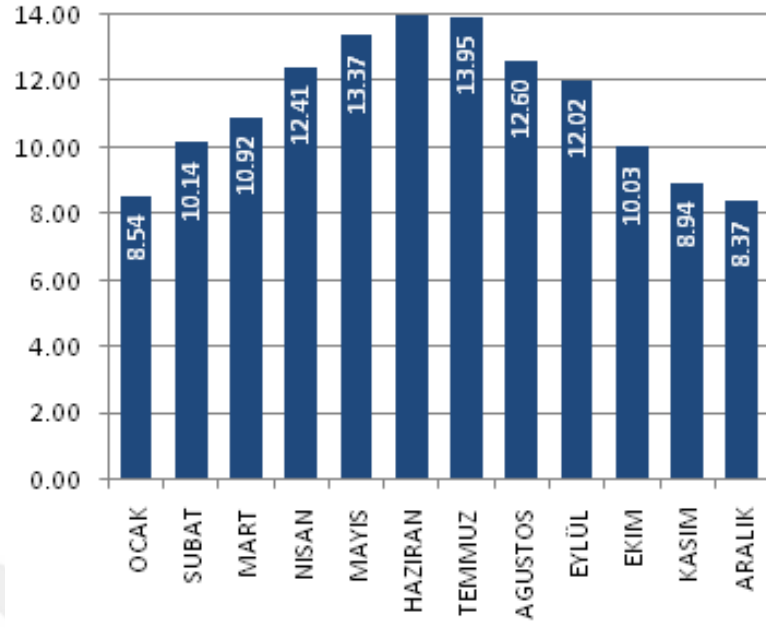
4.4.3. Van'ın Güneş Enerjisi Potansiyeli

GEPA verilerine göre Van'ın güneş enerjisi potansiyeli grafiği aşağıdaki şekilde verilmiştir.



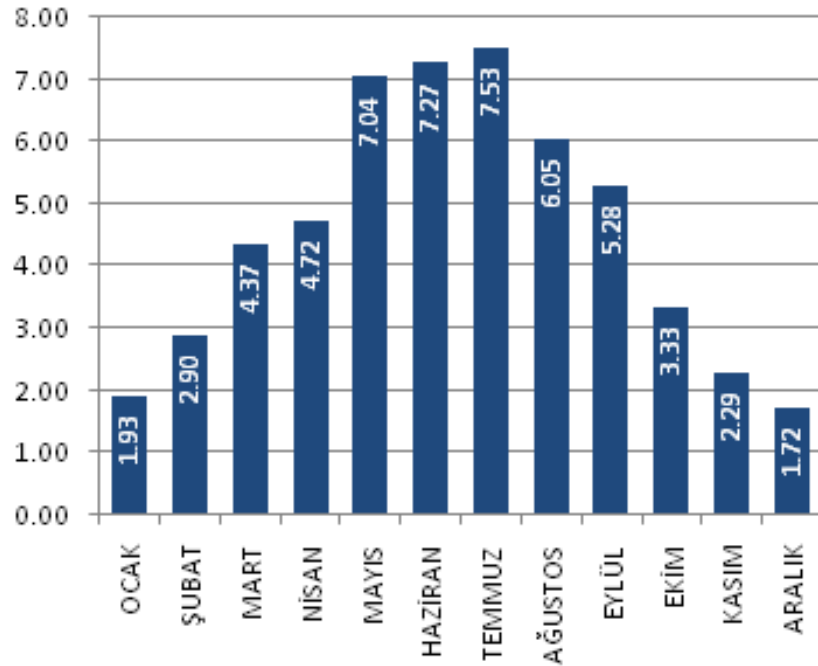
Şekil 4.25. Van'ın güneş enerjisi potansiyeli (gepa.enerji.gov.tr, 2022).

Şekil 4.25'e göre Van'ın güneş enerjisi potansiyel haritası görülmektedir. Bu haritaya göre Van'ın Saray ilçesinin güneş enerjisi potansiyeli daha yüksek olduğu için bu ilçede kurulması muhtemel bir güneş enerjisi santralının potansiyeli incelenmiştir.



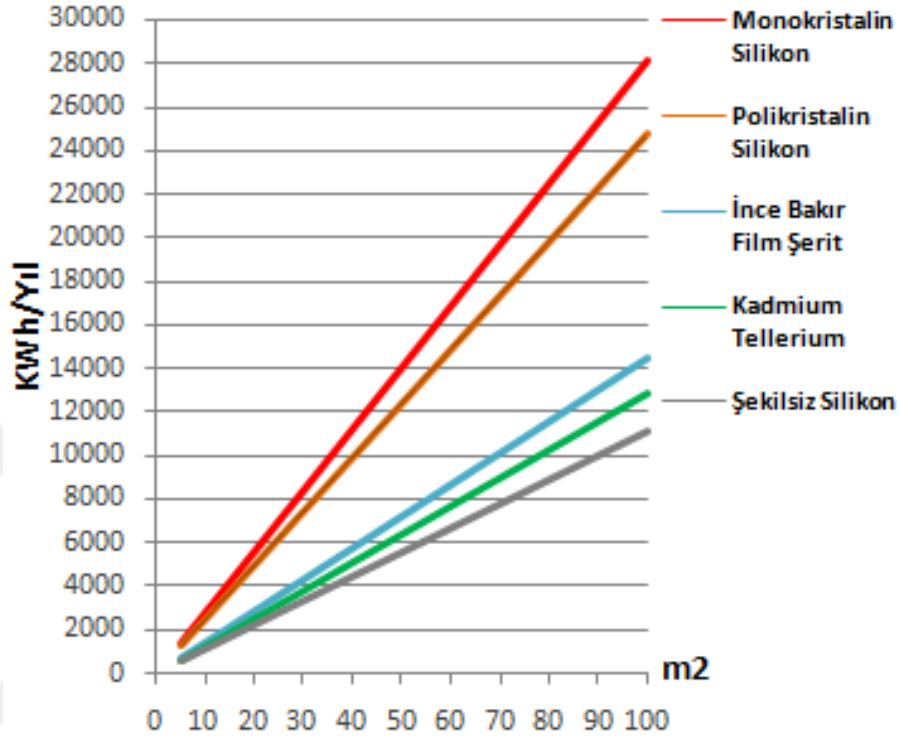
Şekil 4.26. Van ili Saray ilçesinin aylara göre güneşlenme süreleri (Saat) (gepa.enerji.gov.tr, 2022)..

Şekil 4.26'ya göre Van ili Saray ilçesinin en çok haziran ayında 14 saat üzerinde güneşlenme süresi olduğu, en az ise Aralık ayında 8.37 saat güneşlenme süresi olduğu görülmektedir.



Şekil 4.27. Van ili Saray ilçesinin aylara göre radyasyon değerleri (KWh/m²-gün) (gepa.enerji.gov.tr, 2022).

Şekil 4.27'ye göre Van ili Saray ilçesinin en çok temmuz ayında $7.53 \text{ KWh/m}^2\text{-gün}$ radyasyon aldığı, en az ise aralık ayında $1.72 \text{ KWh/m}^2\text{-gün}$ radyasyon aldığı görülmektedir.



Şekil 4.28. Van ili Saray ilçesinde PV tipi-alan-üretilebilecek enerji (KWh-Yıl) (gepa.enerji.gov.tr, 2022).

Şekil 4.28'de Van ili Saray ilçesine en uygun PV tipinin monokristalin silikon olduğu belirtilmiştir.

4.4.4. Van İli Saray İlçesinin Güneş Enerjisi Tesisi Potansiyelinin Hesaplanması

Aşağıdaki tabloda Van ili Saray ilçesinde kurulması planlanan 2 MWh'lik bir güneş enerjisi tesisine ait veriler yer almaktadır.

Çizelge 4.12. Van ili Saray ilçesinde 2MWh’lik güneş enerjisi tesisi potansiyeli

Aylar	Günlük Radyasyon (kWh/m ²)	Gün Sayısı	Aylık Radyasyon (kWh/m ²)	Üretim Miktarı (kWh)	Kazanç (\$)
Ocak	1,93	31	59,83	126690,14	11253
Şubat	2,90	28	81,2	171941,16	15272
Mart	4,37	31	135,47	286858,00	25479
Nisan	4,72	30	141,6	299838,28	26632
Mayıs	7,04	31	218,24	462123,64	41046
Haziran	7,27	30	218,1	461827,19	41019
Temmuz	7,53	31	233,43	494288,49	43903
Ağustos	6,05	31	187,55	397137,50	35274
Eylül	5,28	30	158,4	335412,32	29791
Ekim	3,33	31	103,23	218589,73	19415
Kasım	2,29	30	68,7	145472,39	12921
Aralık	1,72	31	53,32	112905,21	10028
Toplam	54,43	365	1659,07	3.513.084,04	312.032

Çizelgeden elde edilen verilere göre 2 MWh’lik bir güneş enerjisi tesisinin yıllık kazancı 312.032 \$’dır. Tesisin geri ödeme süresi için;

- “Geri Ödeme Süresi: Santral Maliyeti/Yıllık Kazanç” formülü kullanılmaktadır.

$$1.300.000/312.032=4.17 \text{ yıl}$$

Buna göre tesis 4.17 yıl sonra kendisini amorti etmektedir.

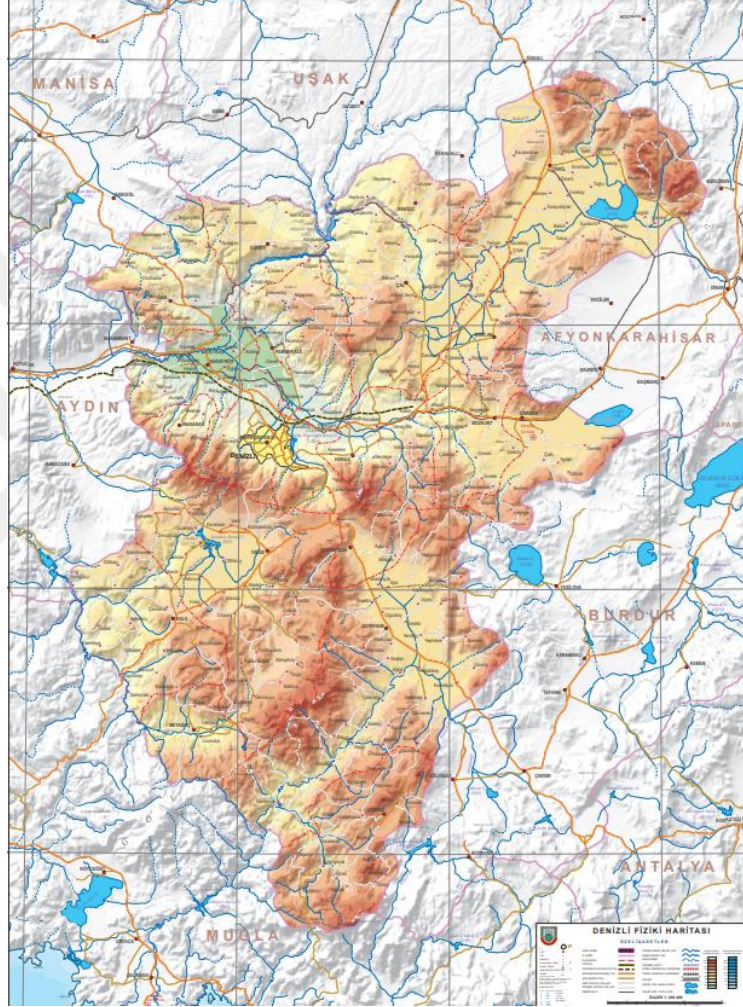
4.5. DENİZLİ

Bu bölümde Denizli’nin coğrafyası, meteorolojik verileri, güneş enerjisi potansiyeli, güneş enerjisi tesisi potansiyeli incelenmiştir.

4.5.1. Denizli’nin Coğrafyası

Denizli, tekstil ürünleri ve yöreye has Denizli horozu ile meşhurdur. Anadolu Yarımadası'nın güneybatı, Ege Bölgesi'nin güneydoğusunda yer almaktadır. Ege ve

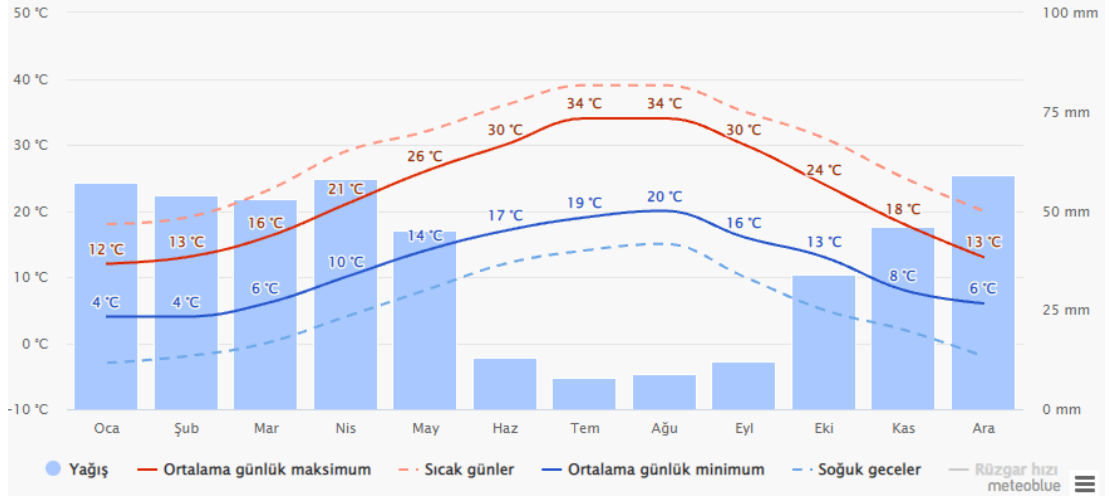
Akdeniz Bölgeleri arasında bir geçit durumundadır. Denizli'nin her iki bölge üzerinde de toprakları vardır. Denizli 28° 38' - 30° 05' doğu meridyenleri (doğu uç noktası; Çivril ilçesi Gümüşsu - Gökgöl Koyu Dinar sınırında Efekli Tepe, batı uç Aydın, Manisa; güneyde Muğla; kuzeyde Uşak illeri ile komşudur) Yüzölçümü 12.134 km², denizden yüksekliği ise 219 m'dir (Temiz, 2017: 46) (Şekil 4.1).



Şekil 4.29. Denizli'nin fiziki haritası (www.harita.gov.tr, 2022).

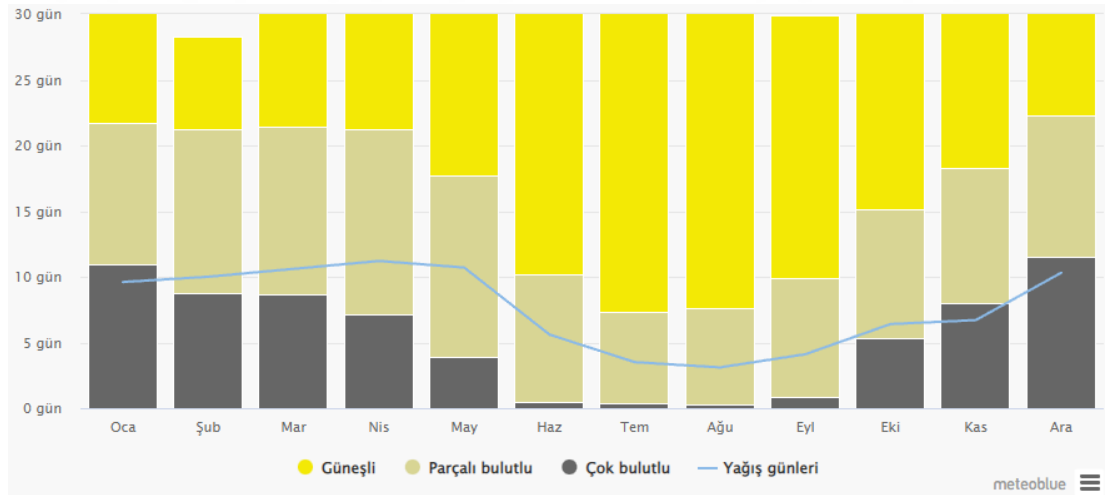
4.5.2. Denizli'nin Meteorolojik Verileri

Bu bölümde Denizli'nin meteorolojik verilerine ilişkin bilgiler yer almaktadır (Şekil 4.30; Şekil 4.31; Çizelge 4.13).



Şekil 4.30. Denizli’de ortalama sıcaklık ve yağış (<http://www.meteoblue.com> , 2022)

"Ortalama günlük maksimum" her ay için ve Denizli için ortalama bir günün maksimum sıcaklığını gösterir. Aynı şekilde, "ortalama günlük minimum" ortalama minimum sıcaklığı gösterir. Sıcak günler ve soğuk geceler son 30 yıldır her ayın en sıcak ve en soğuk gecelerinin ortalamasını göstermektedir (<http://www.meteoblue.com> , 2022).



Şekil 4.31. Denizli’de bulutlu, güneşli ve yağışlı günler (<http://www.meteoblue.com> , 2022).

Yukarıdaki şekilde göre Denizli’de en çok temmuz ve ağustos aylarında güneş olduğu görülmektedir. Aralık, ocak, şubat, mart ve nisan aylarının ise en az güneşlenme sürelerinin olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.13. Denizli ilinin 1991-2020 yılları arası meteorolojik verileri

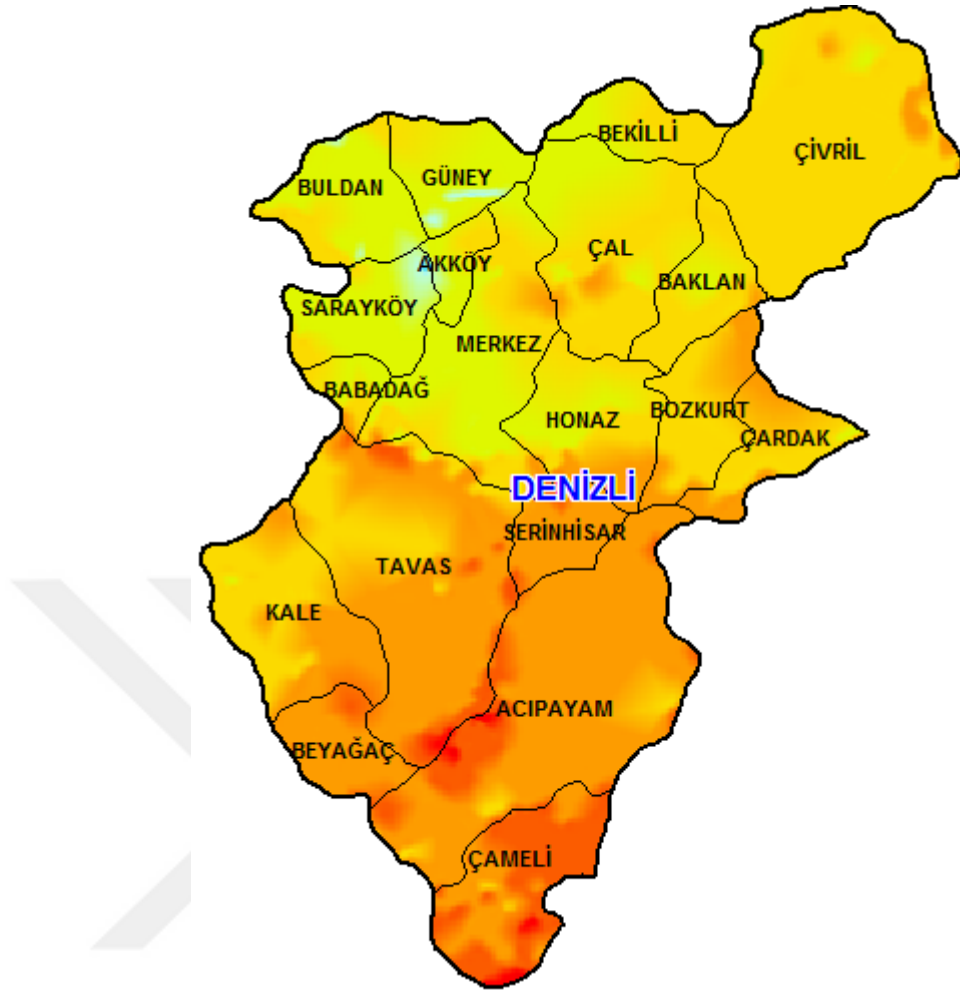
DENİZLİ	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ölçüm Periyodu (1957 - 2021)													
Ortalama Sıcaklık (°C)	5.9	7.2	10.2	14.7	19.6	24.3	27.3	27.0	22.6	17.0	11.6	7.6	16.2
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	10.6	12.4	16.0	20.9	26.4	31.3	34.6	34.6	30.1	23.9	17.4	12.2	22.5
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	2.3	3.1	5.4	9.2	13.4	17.4	20.3	19.9	15.9	11.5	7.1	4.1	10.8
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	3.7	4.5	5.7	7.0	9.0	10.9	11.8	10.9	9.2	6.8	5.0	3.5	7.3
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	12.24	10.59	11.41	8.29	8.71	6.35	2.18	2.18	3.71	6.94	6.82	11.59	91.0
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	91.6	70.1	63.0	51.3	43.2	26.9	14.7	10.7	16.2	35.9	54.6	90.5	568.7
Ölçüm Periyodu (1957 - 2021)													
En Yüksek Sıcaklık (°C)	22.6	25.9	30.8	35.8	39.5	44.1	43.9	44.4	41.6	36.9	29.9	26.6	44.4
En Düşük Sıcaklık (°C)	-10.5	-11.4	-7.0	-2.0	2.7	7.9	12.6	11.6	6.6	-0.8	-4.5	-10.4	-11.4

Kaynak: MGM, 2022.

MGM (2022) verilerine göre, ağustos ve temmuz aylarında ortalama 34,6 °C ile en yüksek sıcaklığı, ocak ayında ise 2,3 °C ile en düşük ortalama sıcaklığı görmektedir.

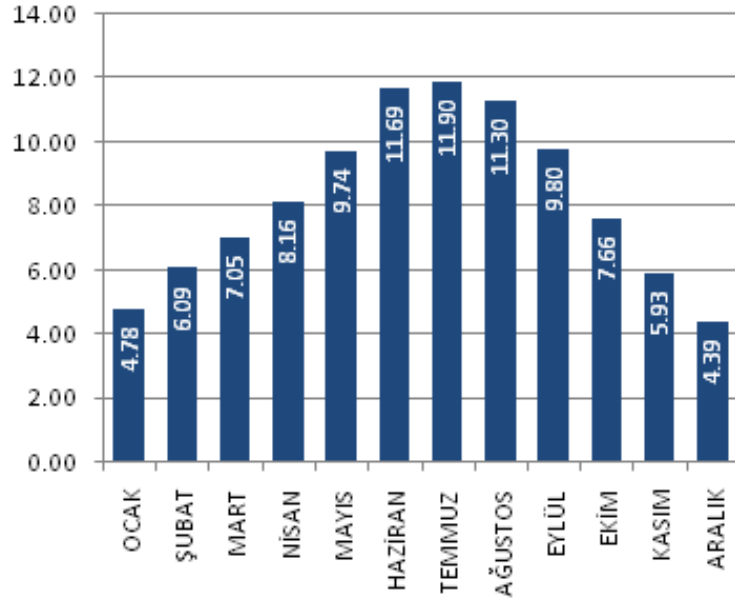
4.5.3. Denizli'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli

GEPA verilerine göre Denizli'nin güneş enerjisi potansiyeli grafiği aşağıdaki şekilde verilmiştir.



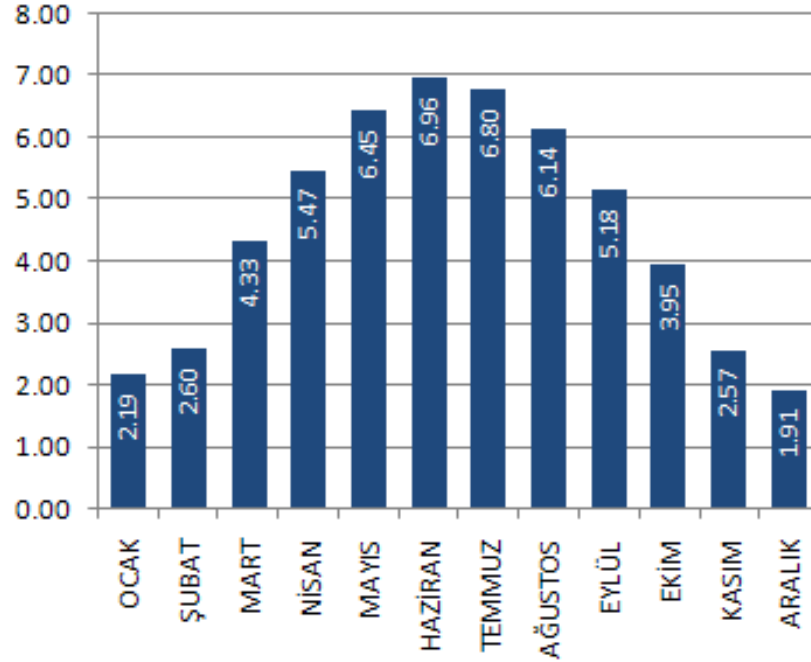
Şekil 4.32. Denizli güneş enerjisi potansiyeli (gepa.enerji.gov.tr, 2022).

Şekil 4.32’de göre Denizli’nin güneş enerjisi potansiyel haritası görülmektedir. Bu haritaya göre Denizli’nin Çameli ilçesinin güneş enerjisi potansiyeli daha yüksek olduğu için bu ilçede kurulması muhtemel bir güneş enerjisi santralinin potansiyeli incelenmiştir.



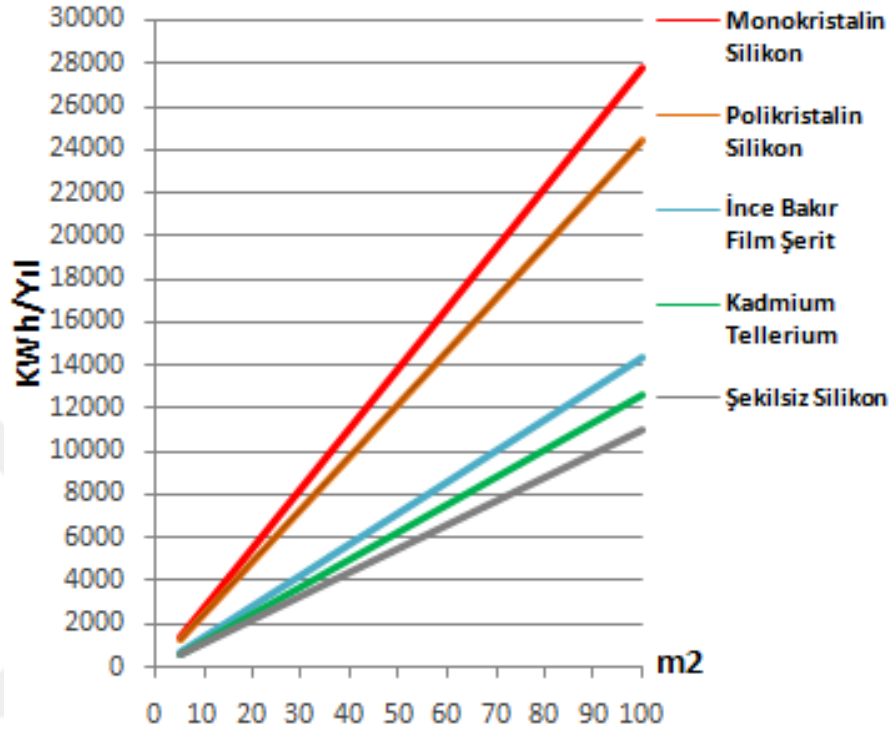
Şekil 4.33. Denizli ili Çameli ilçesinin aylara göre güneşlenme süreleri (Saat) (gepa.enerji.gov.tr, 2022).

Şekil 4.33'e göre Denizli ile Çameli ilçesinin en çok temmuz ayında 11.90 saat güneşlenme süresi olduğu, en az ise Aralık ayında 4.39 saat güneşlenme süresi olduğu görülmektedir.



Şekil 4.34. Denizli ili Çameli ilçesinin aylara göre radyasyon değerleri (KWh/m²-gün) (gepa.enerji.gov.tr, 2022).

Şekil 4.34'e göre Denizli ili Çameli ilçesinin en çok haziran ayında $6.96 \text{ KWh/m}^2\text{-gün}$ radyasyon aldığı, en az ise Aralık ayında $1.91 \text{ KWh/m}^2\text{-gün}$ radyasyon aldığı görülmektedir.



Şekil 4.35. Denizli ili Çameli ilçesinde PV tipi-alan-üretilebilecek enerji (KWh-Yıl) (gepa.enerji.gov.tr, 2022).

Şekil 4.35'de Denizli ili Çameli ilçesine en uygun PV tipinin monokristalin silikon olduğu belirtilmiştir.

4.5.4. Denizli İli Çameli İlçesinin Güneş Enerjisi Tesisi Potansiyelinin Hesaplanması

Aşağıdaki tabloda Denizli ili Çameli ilçesinde kurulması planlanan 2 MWh'lık bir güneş enerjisi tesisine ait veriler yer almaktadır.

Çizelge 4.14. Denizli ili Çameli ilçesinde 2 MWh’lık güneş enerjisi tesisi potansiyeli

Aylar	Günlük Radyasyon (kWh/m2)	Gün Sayısı	Aylık Radyasyon (kWh/m2)	Üretim Miktarı (kWh)	Kazanç (\$)
Ocak	2,19	31	67,89	143757,21	12769
Şubat	2,60	28	72,8	154154,15	13692
Mart	4,33	31	134,23	284232,29	25246
Nisan	5,47	30	164,1	347482,08	30863
Mayıs	6,45	31	199,95	423394,52	37606
Haziran	6,96	30	208,8	442134,42	39270
Temmuz	6,80	31	210,8	446369,42	39647
Ağustos	6,14	31	190,34	403045,33	35798
Eylül	5,18	30	155,4	329059,81	29227
Ekim	3,95	31	122,45	259288,12	23030
Kasım	2,57	30	77,1	163259,40	14501
Aralık	1,91	31	59,21	125377,29	11136
Toplam	54,55	365	1663,07	3521554,05	312.784

Çizelgeden elde edilen verilere göre 2 MWh’lık bir güneş enerjisi tesisinin yıllık kazancı 312.784 \$’dır. Tesisin geri ödeme süresi için;

- “Geri Ödeme Süresi: Santral Maaliyeti/Yıllık Kazanç” formülü kullanılmaktadır.

$$1.300.000/312.784 = 4,16 \text{ yıl}$$

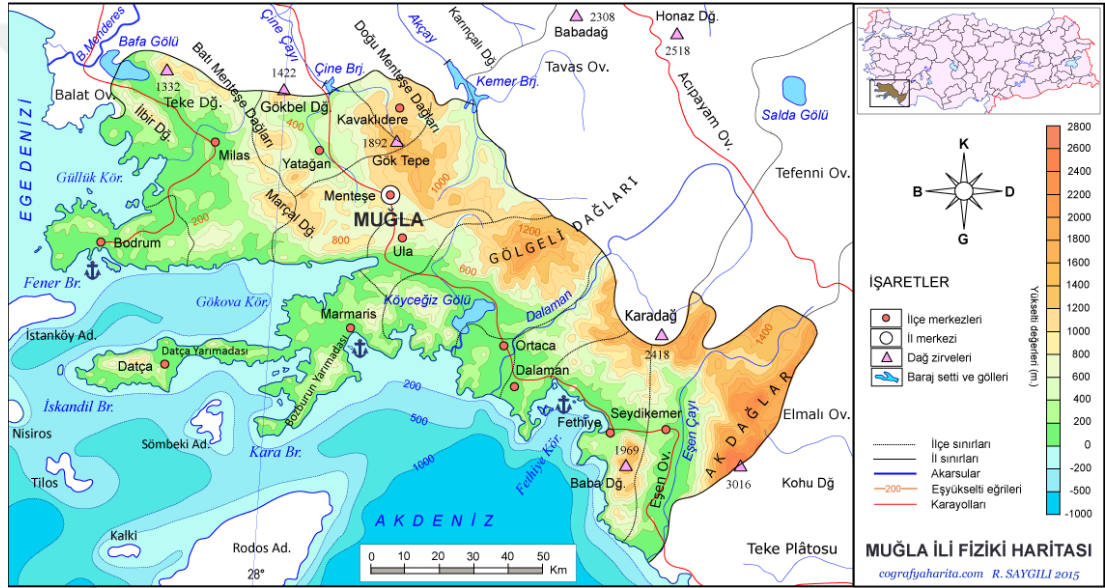
Buna göre tesis 4,16 yıl sonra kendisini amorti etmektedir.

4.6. MUĞLA

Bu bölümde Muğla’nın coğrafyası, meteorolojik verileri, güneş enerjisi potansiyeli, güneş enerjisi tesisi potansiyeli incelenmiştir.

4.6.1. Muğla'nın Coğrafyası

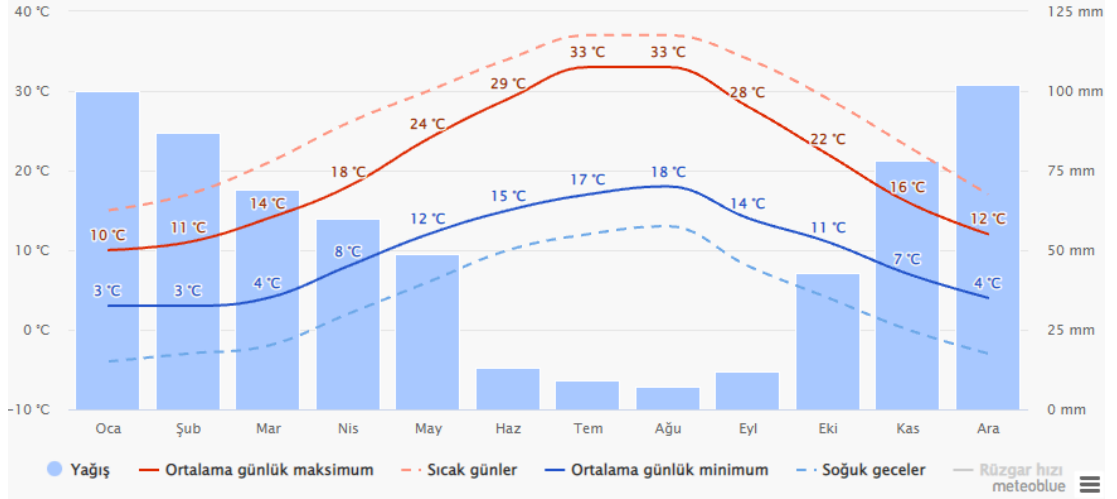
Muğla ili Güneybatı Anadolu'da yer alır. Menteşe yöresinin güneyi ile Teke yöresinin batı kesimini kapsar. Akdeniz bölgesinde yer alan Teke yöresi ile Ege bölgesinde yer alan Menteşe yöresini ayıran sınır; Marmaris'in doğusunda yer alan Karaağaç limanından başlayıp NE-SW yönünde Namnam çayı vadisini takip eder. Batıdan Ege Denizi, güneyden Akdeniz ile çevrili olan Muğla'nın kuzeyinde Gökbel Dağı ve Oyuklu Dağı, kuzeydoğusunda Sandıras Dağı, Gök tepe doğusunda ise Dumanlı Dağı Akdağ'ın oluşturduğu yüksek sahalarda bulunur (İkiel, 2004: 14). (Şekil 4.36).



Şekil 4.36. Muğla'nın fiziki haritası (<http://cografyaharita.com> 2022).

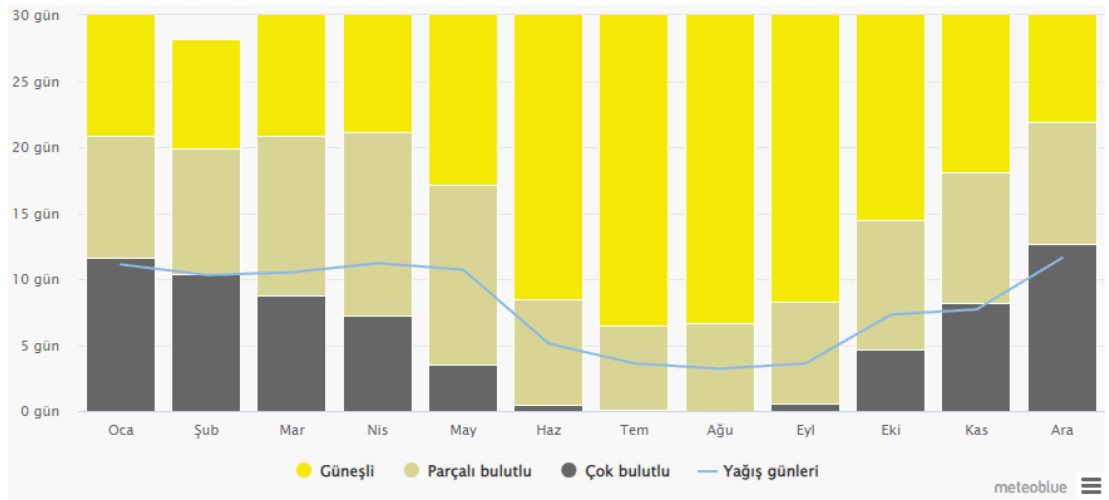
4.6.2. Muğla'nın Meteorolojik Verileri

Bu bölümde Muğla'nın meteorolojik verilerine ilişkin bilgiler yer almaktadır (Şekil 4.37; Şekil 4.38; Çizelge 4.15).



Şekil 4.37. Muğla'da ortalama sıcaklık ve yağış (<http://www.meteoblue.com> , 2022).

"Ortalama günlük maksimum" her ay için ve Muğla için ortalama bir günün maksimum sıcaklığını gösterir. Aynı şekilde, "ortalama günlük minimum" ortalama minimum sıcaklığı gösterir. Sıcak günler ve soğuk geceler son 30 yıldır her ayın en sıcak ve en soğuk gecelerinin ortalamasını göstermektedir. (<http://www.meteoblue.com> , 2022).



Şekil 4.38. Muğla'da bulutlu, güneşli ve yağışlı günler (<http://www.meteoblue.com>, 2022).

Yukarıdaki şekilde göre Muğla'da en çok temmuz ve ağustos aylarında güneş olduğu görülmektedir. Aralık ayında ise en az güneşlenme sürelerinin olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.15. Muğla ilinin 1991-2020 yılları arası meteorolojik verileri.

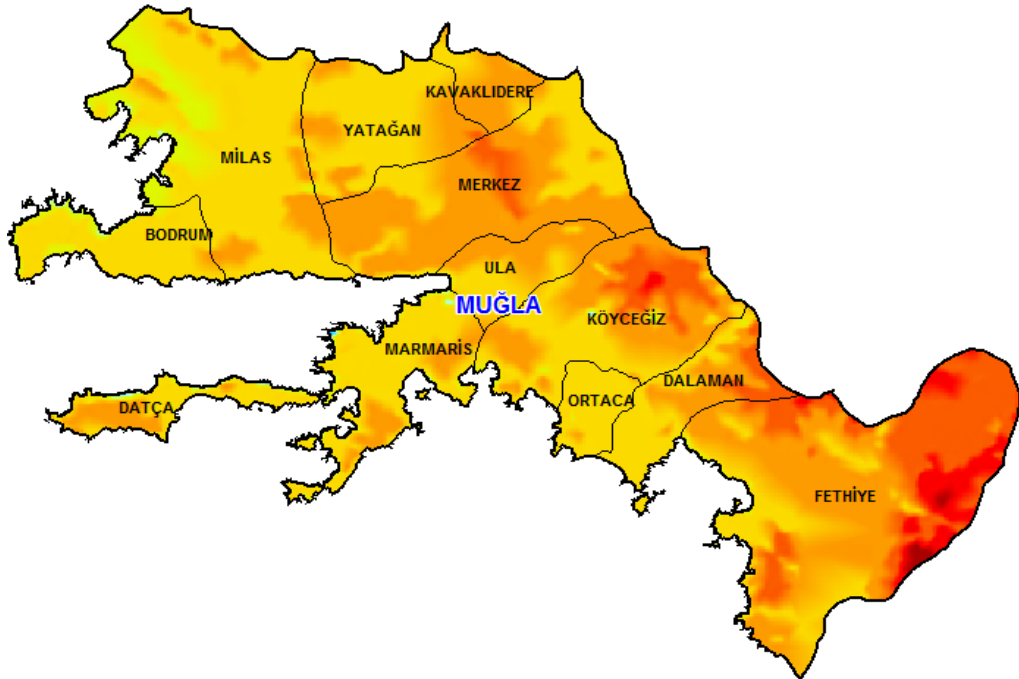
MUGLA	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ölçüm Periyodu (1928 - 2021)													
Ortalama Sıcaklık (°C)	5.3	6.1	8.5	12.7	17.8	22.8	26.4	26.3	21.9	16.2	10.8	7.0	15.1
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	9.8	11.0	14.2	18.9	24.3	29.6	33.4	33.6	29.3	23.1	16.7	11.5	21.3
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	1.6	1.9	3.5	7.0	11.4	16.1	19.7	19.6	15.3	10.3	5.9	3.2	9.6
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	3.5	4.5	5.8	7.3	8.7	10.6	11.4	10.9	9.5	6.8	4.7	3.4	7.3
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	15.59	13.71	11.94	9.94	9.53	5.59	2.00	1.94	4.29	8.59	11.00	14.76	108.9
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	244.5	177.0	122.9	64.2	50.3	24.3	11.7	14.7	23.3	73.4	136.1	266.7	1209.1
Ölçüm Periyodu (1928 - 2021)													
En Yüksek Sıcaklık (°C)	20.9	25.5	28.8	31.6	39.4	40.8	42.1	41.2	39.2	36.8	29.0	23.8	42.1
En Düşük Sıcaklık (°C)	-12.6	-9.9	-8.5	-3.6	1.0	6.7	10.5	9.0	5.6	0.1	-7.0	-9.0	-12.6

Kaynak: MGM, 2022.

MGM (2022) verilerine göre, ağustos ayında ortalama 33,6 °C ile en yüksek sıcaklığı, ocak ayında ise 1,6 °C ile en düşük ortalama sıcaklığı görmektedir.

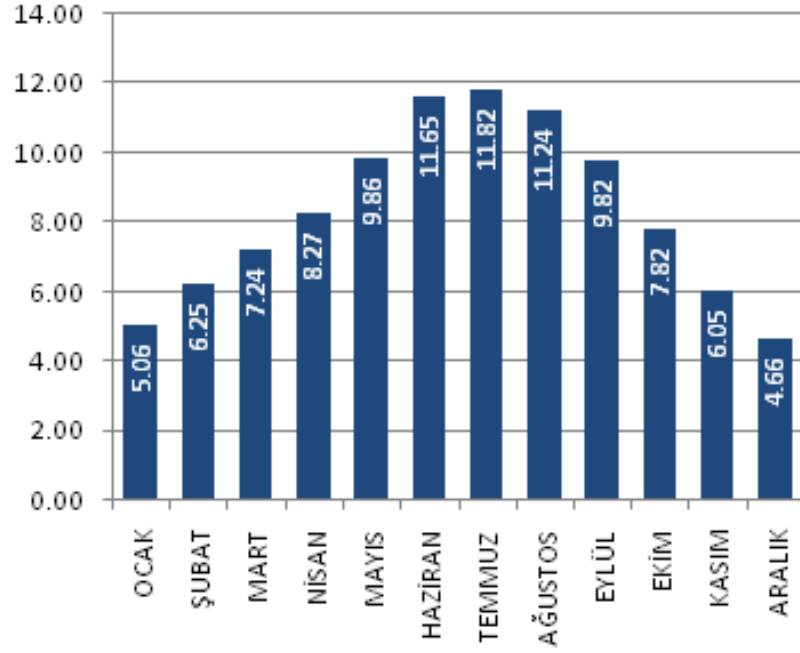
4.6.3. Muğla'nın Güneş Enerjisi Potansiyeli

GEPA verilerine göre Muğla'nın güneş enerjisi potansiyeli grafiği aşağıdaki şekilde verilmiştir.



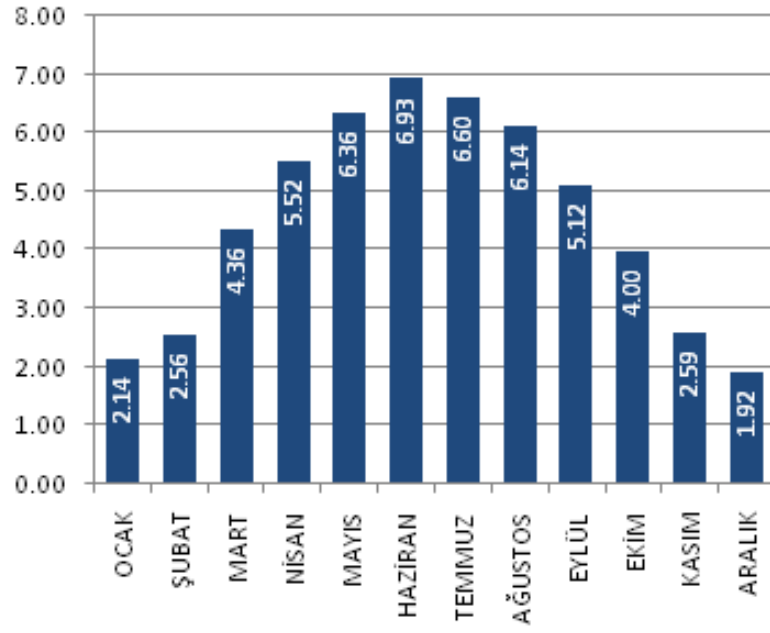
Şekil 4.39. Muğla güneş enerjisi potansiyeli (gepa.enerji.gov.tr, 2022).

Şekil 4.39’da göre Muğla’nın güneş enerjisi potansiyel haritası görülmektedir. Bu haritaya göre Muğla’nın Fethiye ilçesinin güneş enerjisi potansiyeli daha yüksek olduğu için bu ilçede kurulması muhtemel bir güneş enerjisi santralinin potansiyeli incelenmiştir.



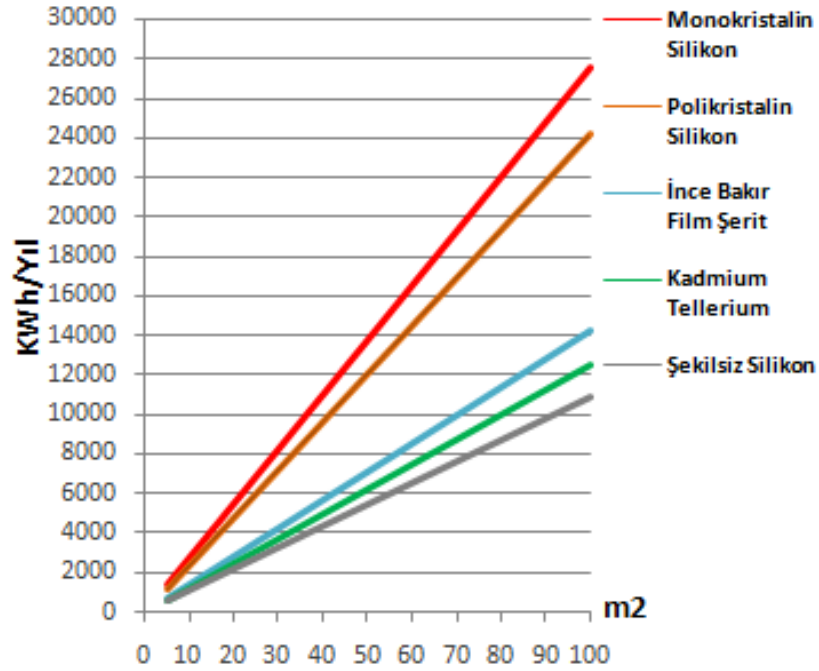
Şekil 4.40. Muğla ili Fethiye ilçesinin aylara göre güneşlenme süreleri (Saat) (gepa.enerji.gov.tr, 2022).

Şekil 4.40’a göre Muğla ili Fethiye ilçesinin en çok temmuz ayında 11.82 saat güneşlenme süresi olduğu, en az ise Aralık ayında 4.66 saat güneşlenme süresi olduğu görülmektedir.



Şekil 4.41. Muğla ili Fethiye ilçesinin aylara göre radyasyon değerleri (KWh/m²-gün) (gepa.enerji.gov.tr, 2022).

Şekil 4.41'e göre Muğla ili Fethiye ilçesinin en çok haziran ayında 6.93 KWh/m²-gün radyasyon aldığı, en az ise Aralık ayında 1.92 KWh/m²-gün radyasyon aldığı görülmektedir.



Şekil 4.42. Muğla ili Fethiye ilçesinde PV tipi-alan-üretilebilecek enerji (KWh-Yıl) (gepa.enerji.gov.tr, 2022).

Şekil 4.42’de Muğla ili Fethiye ilçesine en uygun PV tipinin monokristalin silikon olduğu belirtilmiştir.

4.6.4. Muğla İli Fethiye İlçesinin Güneş Enerjisi Tesisi Potansiyelinin Hesaplanması

Aşağıdaki tabloda Muğla ili Fethiye ilçesinde kurulması planlanan 2 MWh’lik bir güneş enerjisi tesisine ait veriler yer almaktadır.

Çizelge 4.16. Muğla ili Fethiye ilçesinde 2 MWh’lik güneş enerjisi tesisi potansiyeli

Aylar	Günlük Radyasyon (kWh/m2)	Gün Sayısı	Aylık Radyasyon (kWh/m2)	Üretim Miktarı (kWh)	Kazanç (\$)
Ocak	2,14	31	66,34	140475,08	12477
Şubat	2,56	28	71,68	151782,54	13481
Mart	4,36	31	135,16	286201,57	25420
Nisan	5,52	30	165,6	350658,33	31145
Mayıs	6,36	31	197,16	417486,69	37081
Haziran	6,93	30	207,9	440228,67	39101
Temmuz	6,60	31	204,6	433240,91	38480
Ağustos	6,14	31	190,34	403045,33	35798
Eylül	5,12	30	153,6	325248,31	28889
Ekim	4,00	31	124	262570,25	23321
Kasım	2,59	30	77,7	164529,91	14614
Aralık	1,92	31	59,52	126033,72	11194
Toplam	54,24	365	1653,6	3501501,31	311.003

Çizelgeden elde edilen verilere göre 2 MWh’lik bir güneş enerjisi tesisinin yıllık kazancı 311.003 \$’dır. Tesisin geri ödeme süresi için;

- “Geri Ödeme Süresi: Santral Maaliyeti/Yıllık Kazanç” formülü kullanılmaktadır.

$$1.300.000/311.003 = 4,18 \text{ yıl}$$

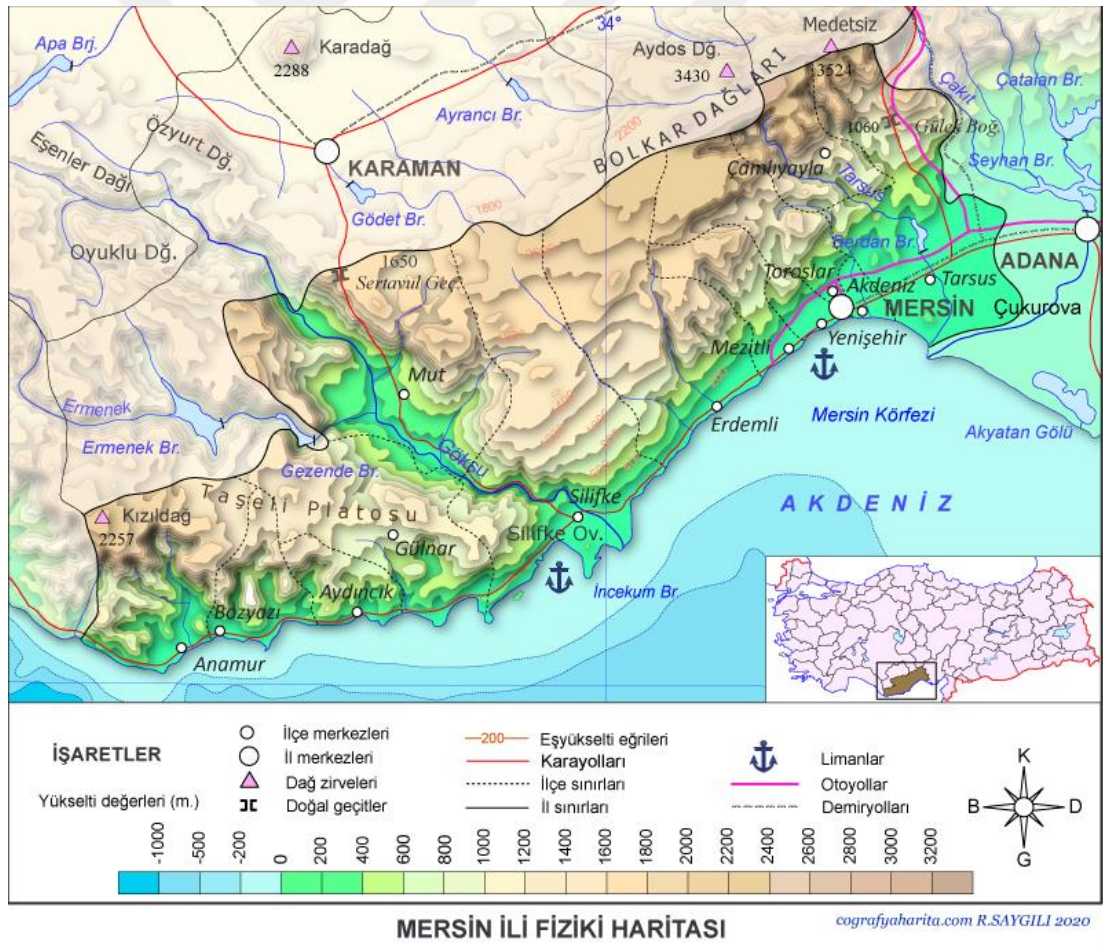
Buna göre tesis 4,18 yıl sonra kendisini amorti etmektedir.

4.7. MERSİN

Bu bölümde Mersin'in coğrafyası, meteorolojik verileri, güneş enerjisi potansiyeli, güneş enerjisi tesisi potansiyeli incelenmiştir.

4.7.1. Mersin'in Coğrafyası

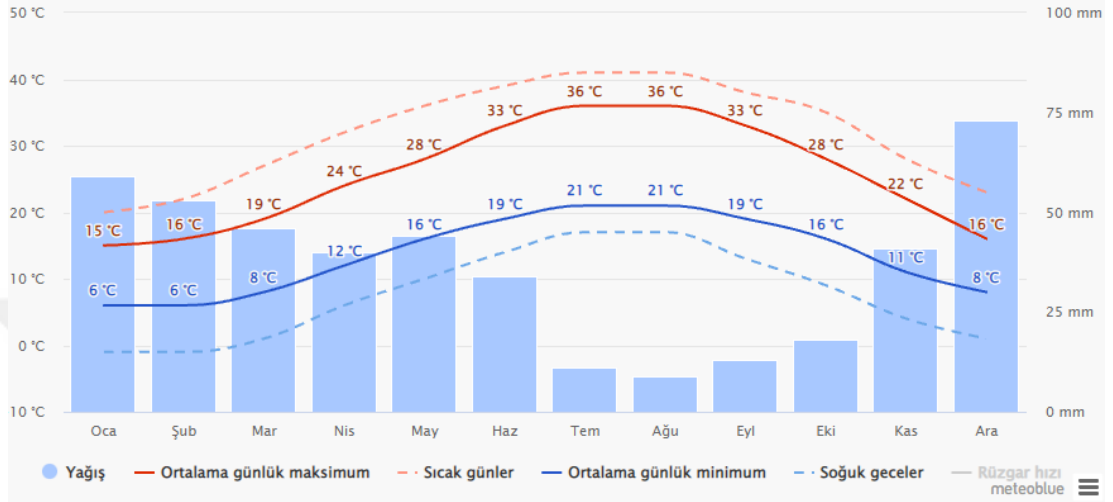
İl yüzölçümünün % 87'si dağlık, % 54'ü ormanlık arazidir. Mersin ili 36-37° kuzey enlemleri ve 33-35° doğu boylamları arasında bulunmaktadır. İlin kara sınırı 608 km, deniz sınırı 321 km olup, yüzölçümü 15.853 km²'dir. Mersin ilinin büyük bir kısmını oldukça yüksek, engebeli ve kayalık Batı ve Orta Toros Dağları oluşturmaktadır (www.mersin.gov.tr) (Şekil 4.43).



Şekil 4.43. Mersin'in fiziki haritası (<http://cografyaharita.com> 2022).

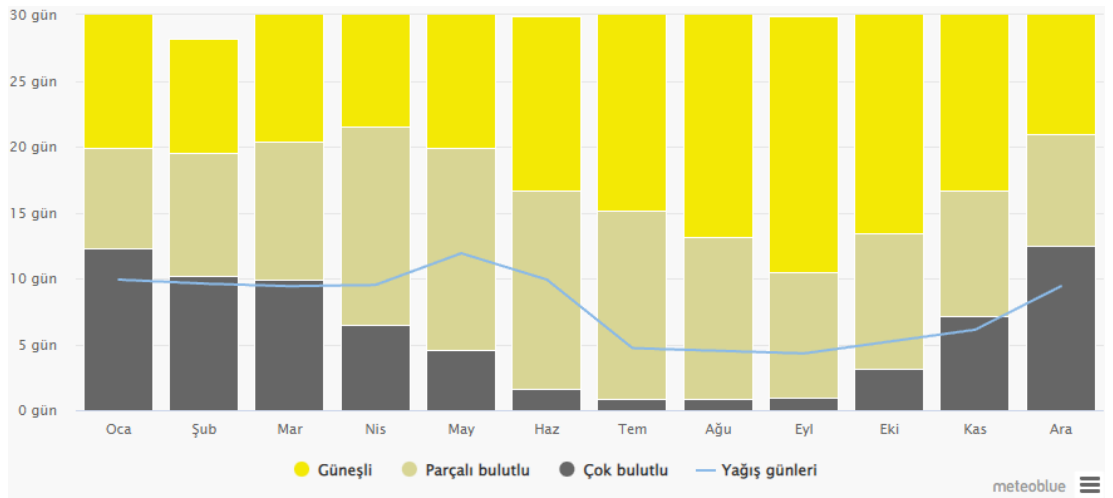
4.7.2. Mersin'in Meteorolojik Verileri

Bu bölümde Mersin'in meteorolojik verilerine ilişkin bilgiler yer almaktadır (Şekil 4.44; Şekil 4.45; Çizelge 4.17).



Şekil 4.44. Mersin'de ortalama sıcaklık ve yağış (<http://www.meteoblue.com> , 2022).

"Ortalama günlük maksimum" her ay için ve Mersin için ortalama bir günün maksimum sıcaklığını gösterir. Aynı şekilde, "ortalama günlük minimum" ortalama minimum sıcaklığı gösterir. Sıcak günler ve soğuk geceler son 30 yıldır her ayın en sıcak ve en soğuk gecelerinin ortalamasını göstermektedir (<http://www.meteoblue.com> , 2022).



Şekil 4.45. Mersin'de bulutlu, güneşli ve yağışlı günler (<http://www.meteoblue.com>, 2022).

Yukarıdaki şekilde göre Mersin’de en çok eylül ayında güneş olduğu görülmektedir. Aralık ayında ise en az güneşlenme sürelerinin olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.17. Mersin ilinin 1991-2020 yılları arası meteorolojik verileri

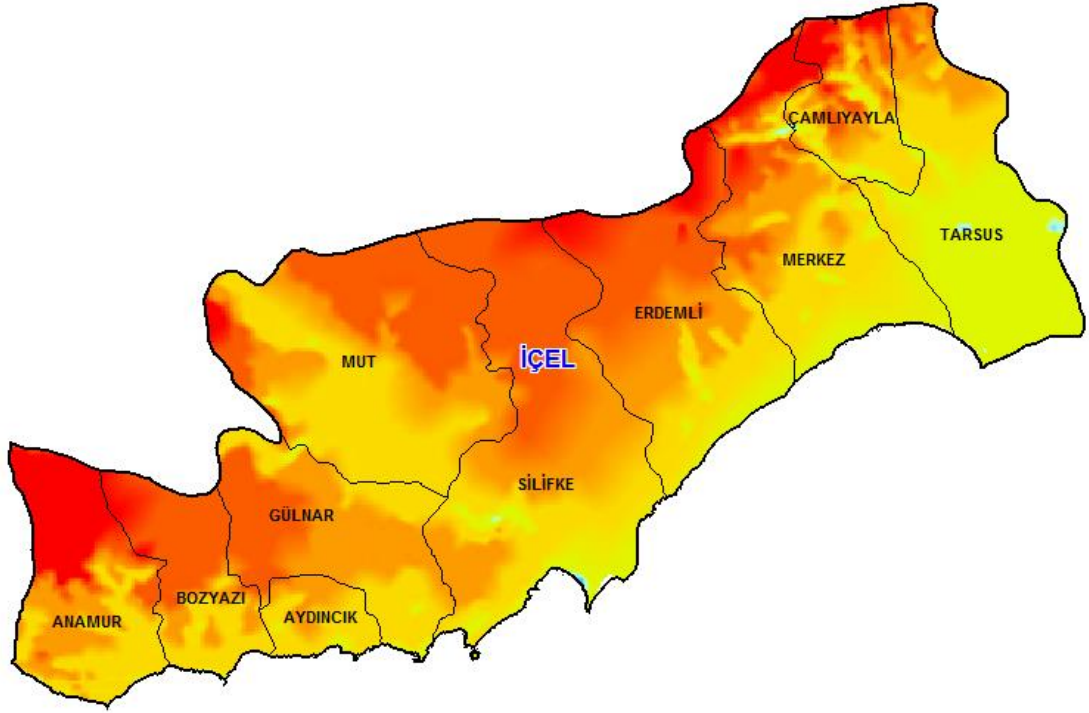
MERSİN	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ölçüm Periyodu (1940 - 2021)													
Ortalama Sıcaklık (°C)	10.2	11.1	13.8	17.5	21.3	25.0	27.9	28.4	25.9	21.6	16.2	11.9	19.2
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	14.6	15.5	18.2	21.6	25.0	28.2	30.8	31.6	30.1	26.8	21.6	16.5	23.4
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	6.4	7.0	9.3	13.0	16.9	20.9	24.1	24.4	21.1	16.4	11.6	8.0	14.9
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	4.8	5.6	6.8	7.6	8.5	9.9	10.0	9.9	9.1	7.6	5.7	4.7	7.5
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	9.69	6.62	6.69	5.08	4.38	2.31	0.46	0.85	1.92	4.00	4.92	9.85	56.8
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	119.9	85.2	56.4	34.3	23.6	10.0	11.3	7.5	12.1	38.2	76.9	138.5	613.9
Ölçüm Periyodu (1940 - 2021)													
En Yüksek Sıcaklık (°C)	25.2	26.5	29.8	34.7	36.0	40.0	38.1	39.8	41.5	37.5	31.0	27.0	41.5
En Düşük Sıcaklık (°C)	-6.3	-6.6	-2.2	0.6	7.0	12.0	16.1	15.0	11.0	2.7	-3.3	-3.0	-6.6

Kaynak: MGM, 2022.

MGM (2022) verilerine göre, ağustos ayında ortalama 31,6 °C ile en yüksek sıcaklığı, ocak ayında ise 6,4 °C ile en düşük ortalama sıcaklığı görmektedir.

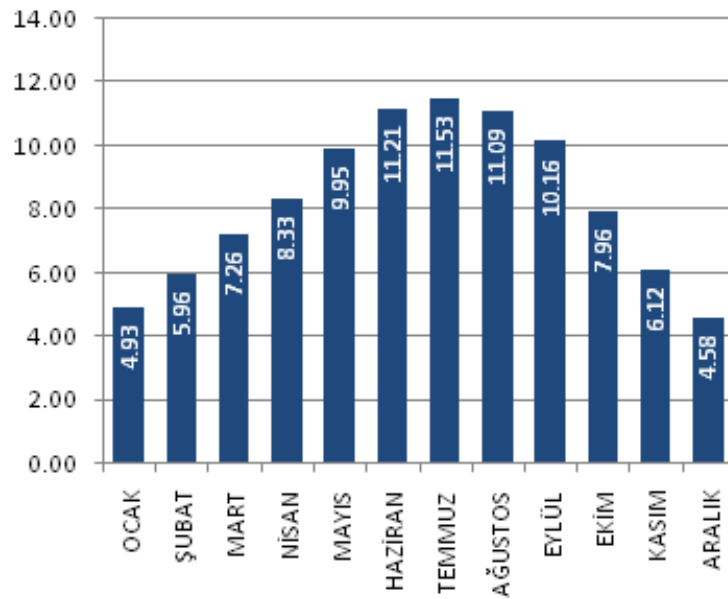
4.7.3. Mersin’in Güneş Enerjisi Potansiyeli

GEPA verilerine göre Mersin’in güneş enerjisi potansiyeli grafiği aşağıdaki şekilde verilmiştir.



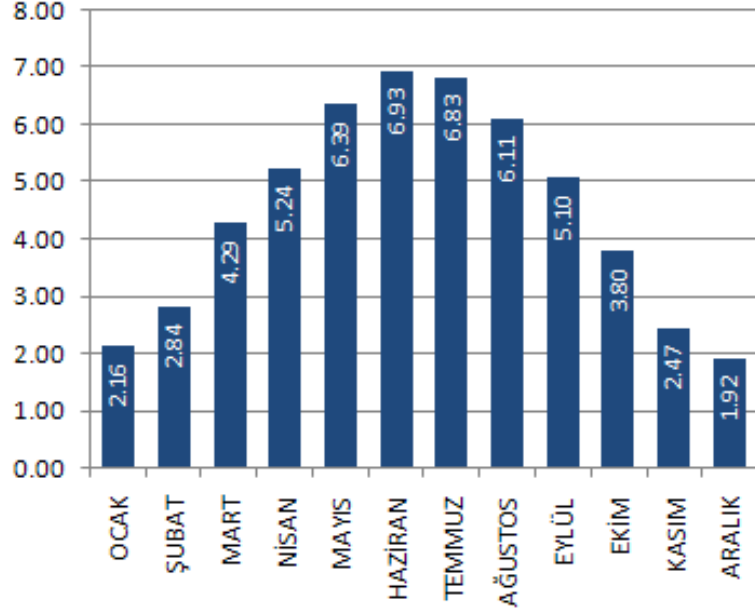
Şekil 4.46. Mersin güneş enerjisi potansiyeli (gepa.enerji.gov.tr, 2022).

Şekil 4.46’da göre Mersin’in güneş enerjisi potansiyel haritası görülmektedir. Bu haritaya göre Mersin’in Erdemli ilçesinin güneş enerjisi potansiyeli daha yüksek olduğu için bu ilçede kurulması muhtemel bir güneş enerjisi santralinin potansiyeli incelenmiştir.



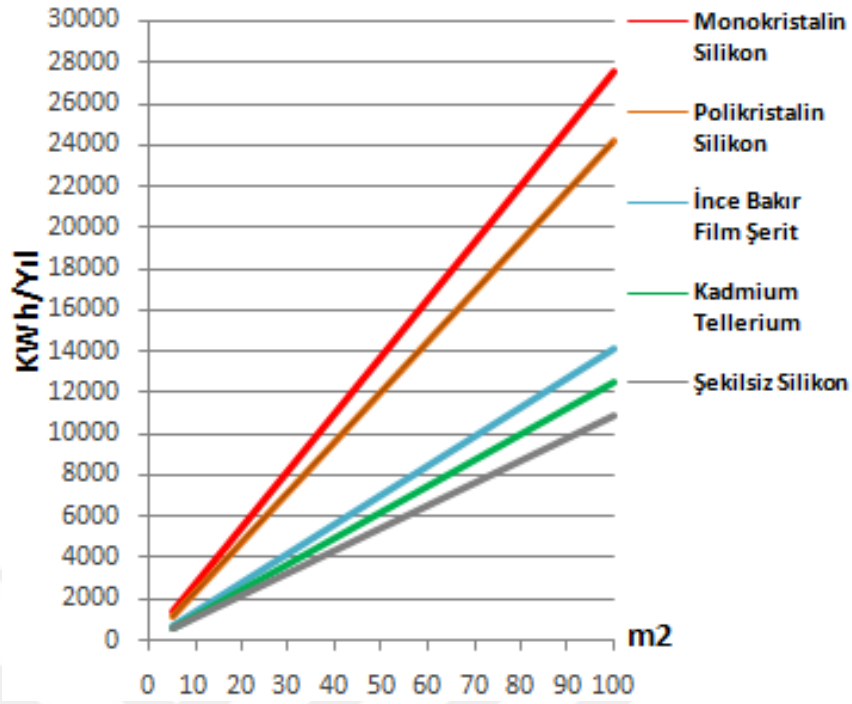
Şekil 4.47. Mersin ili Erdemli ilçesinin aylara göre güneşlenme süreleri (Saat) (gepa.enerji.gov.tr, 2022).

Şekil 4.47'ye göre Mersin ili Erdemli ilçesinin en çok temmuz ayında 11.53 saat güneşlenme süresi olduğu, en az ise Aralık ayında 4.58 saat güneşlenme süresi olduğu görülmektedir.



Şekil 4.48. Mersin ili Erdemli ilçesinin aylara göre radyasyon değerleri (KWh/m²-gün) (gepa.enerji.gov.tr, 2022).

Şekil 4.48'e göre Mersin ili Erdemli ilçesinin en çok haziran ayında 6.93 KWh/m²-gün radyasyon aldığı, en az ise Aralık ayında 1.92 KWh/m²-gün radyasyon aldığı görülmektedir.



Şekil 4.49. Mersin ili Erdemli ilçesinde PV tipi-alan-üretilebilecek enerji (KWh-Yıl) (gepa.enerji.gov.tr, 2022).

Şekil 4.49’da Mersin ili Erdemli ilçesine en uygun PV tipinin monokristalin silikon olduğu belirtilmiştir.

4.7.4. Mersin İli Erdemli İlçesinin Güneş Enerjisi Tesisi Potansiyelinin Hesaplanması

Aşağıdaki tabloda Mersin ili Erdemli ilçesinde kurulması planlanan 2 MWh’lık bir güneş enerjisi tesisine ait veriler yer almaktadır.

Çizelge 4.18. Mersin ili Erdemli ilçesinde 2 MWh’lik güneş enerjisi tesisi potansiyeli

Aylar	Günlük Radyasyon (kWh/m2)	Gün Sayısı	Aylık Radyasyon (kWh/m2)	Üretim Miktarı (kWh)	Kazanç (\$)
Ocak	2,16	31	66,96	141787,93	12594
Şubat	2,84	28	79,52	168383,76	14956
Mart	4,29	31	132,99	281606,59	25012
Nisan	5,24	30	157,2	332871,31	29566
Mayıs	6,39	31	198,09	419455,97	37256
Haziran	6,93	30	207,9	440228,67	39101
Temmuz	6,83	31	211,73	448338,70	39821
Ağustos	6,11	31	189,41	401076,05	35624
Eylül	5,10	30	153	323977,81	28776
Ekim	3,80	31	117,8	249441,74	22155
Kasım	2,47	30	74,1	156906,90	13936
Aralık	1,92	31	59,52	126033,72	11194
Toplam	54,08	365	1648,22	3490109,15	309.991

Çizelgeden elde edilen verilere göre 2 MWh’lik bir güneş enerjisi tesisinin yıllık kazancı 309.991 \$’dır. Tesisin geri ödeme süresi için;

- “Geri Ödeme Süresi: Santral Maaliyeti/Yıllık Kazanç” formülü kullanılmaktadır.

$$1.300.000/309.991 = 4,19 \text{ yıl}$$

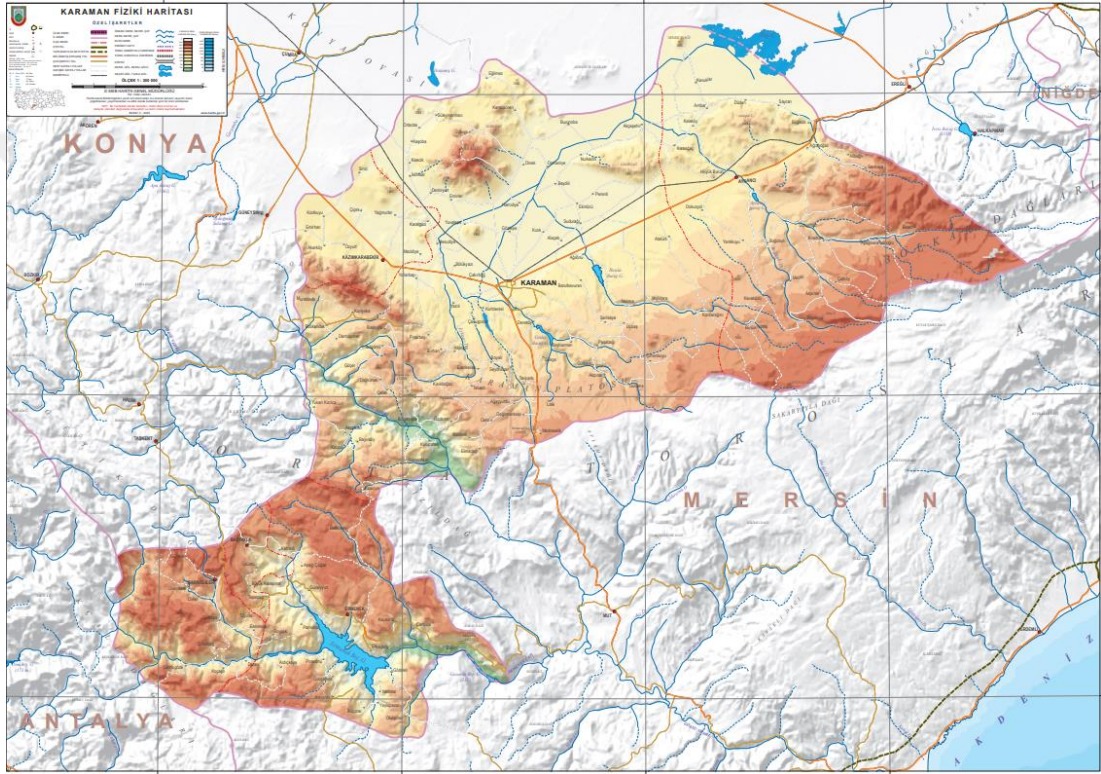
Buna göre tesis 4,19 yıl sonra kendisini amorti etmektedir.

4.8. KARAMAN

Bu bölümde Karaman’ın coğrafyası, meteorolojik verileri, güneş enerjisi potansiyeli, güneş enerjisi tesisi potansiyeli incelenmiştir.

4.8.1. Karaman'ın Coğrafyası

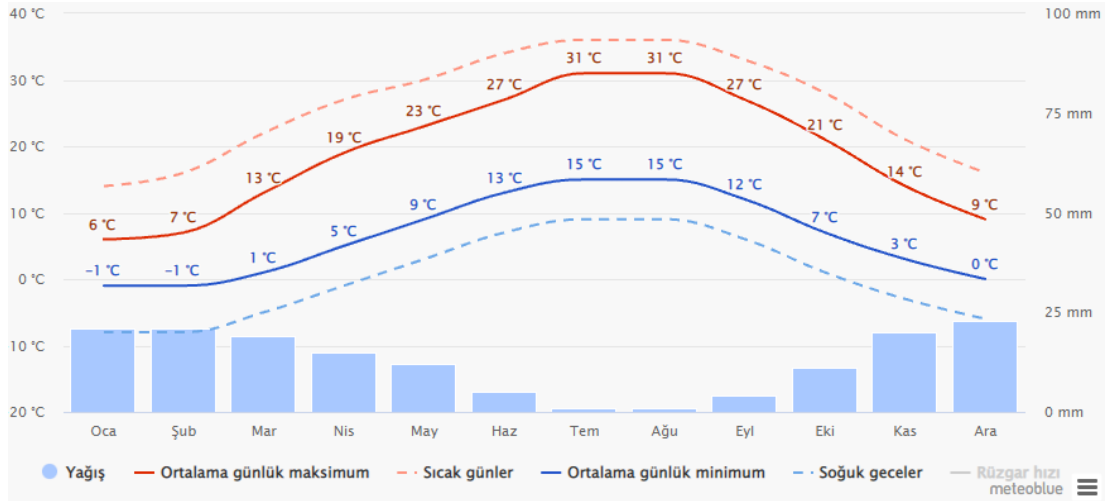
Karaman, İç Anadolu Bölgesi'nin Konya Bölümü'nde yer almaktadır. Yaklaşık 171 km²'lik bir yüzölçümü sahip olan Karaman Şehri, Orta Toroslar'ın kuzey eteğinde olup deniz seviyesinden yüksekliği 1033 m'dir. Karaman Şehri, Büyük Konya Havzası'nın Güneybatısında yer alan önemli kapalı havzalarımızdan biri olan Karaman Havzası'nda yer alır (Delen, 2005: 1) (Şekil 4.1).



Şekil 4.50. Karaman'ın fiziki haritası (www.harita.gov.tr, 2022).

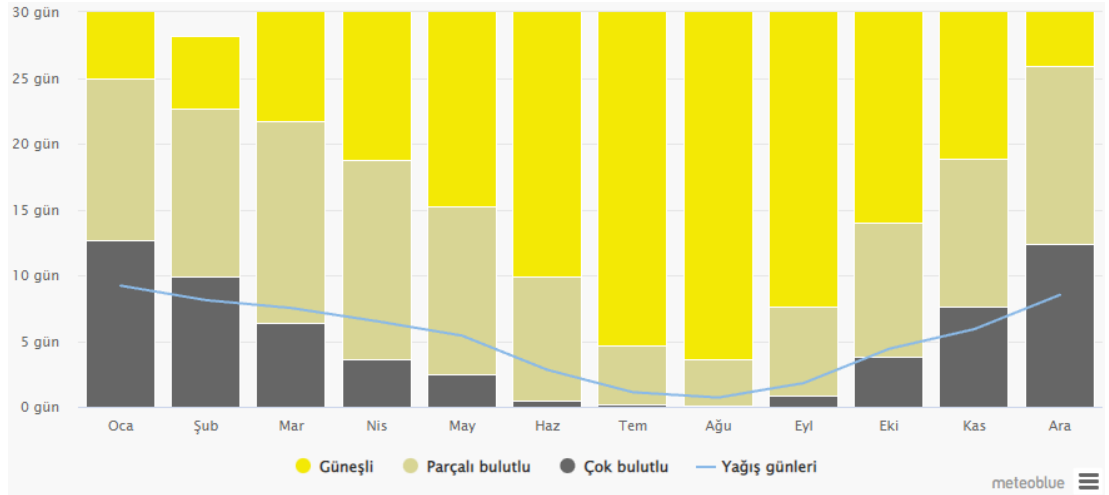
4.8.2. Karaman'ın Meteorolojik Verileri

Bu bölümde Karaman'ın meteorolojik verilerine ilişkin bilgiler yer almaktadır (Şekil 4.51; Şekil 4.52; Çizelge 4.19).



Şekil 4.51. Karaman'da ortalama sıcaklık ve yağış (<http://www.meteoblue.com> , 2022).

"Ortalama günlük maksimum" her ay için ve Karaman için ortalama bir günün maksimum sıcaklığını gösterir. Aynı şekilde, "ortalama günlük minimum" ortalama minimum sıcaklığı gösterir. Sıcak günler ve soğuk geceler son 30 yıldır her ayın en sıcak ve en soğuk gecelerinin ortalamasını göstermektedir (<http://www.meteoblue.com>, 2022).



Şekil 4.52. Karaman'da bulutlu, güneşli ve yağışlı günler (<http://www.meteoblue.com>, 2022).

Yukarıdaki şekilde göre Karaman'da en çok ağustos ayında güneş olduğu görülmektedir. Aralık ayında ise en az güneşlenme süresinin olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.19. Karaman ilinin 1991-2020 yılları arası meteorolojik verileri

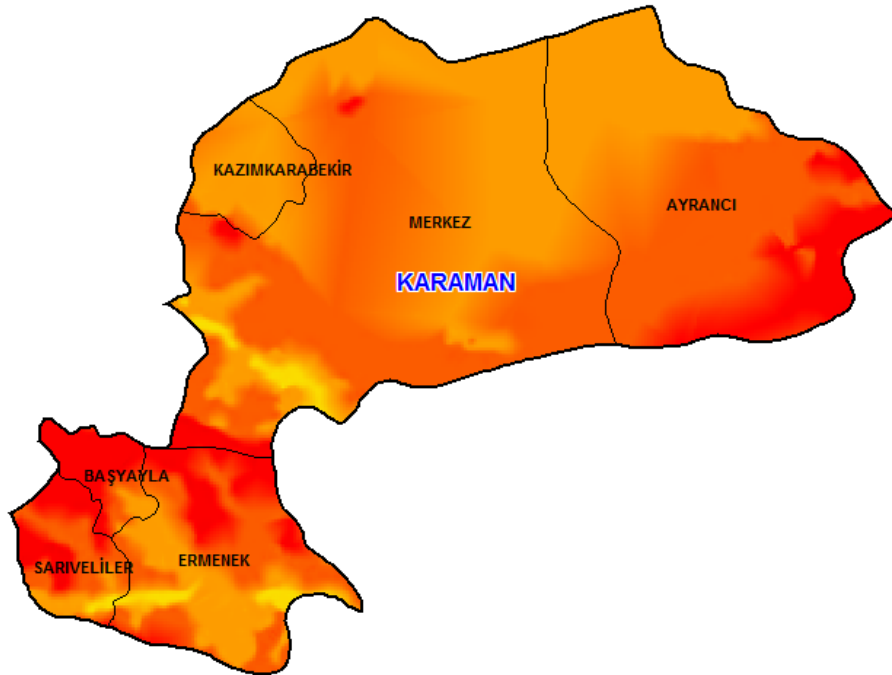
KARAMAN	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ölçüm Periyodu (1951 - 2021)													
Ortalama Sıcaklık (°C)	0.6	2.0	6.4	11.5	16.2	20.2	23.4	23.0	18.8	13.1	7.0	2.6	12.1
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	5.5	7.4	12.5	18.2	23.3	27.7	31.1	31.0	27.2	20.7	13.7	7.6	18.8
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-3.7	-2.6	0.6	5.0	8.9	12.5	15.2	14.7	10.4	5.8	1.2	-1.6	5.5
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	3.5	4.6	6.3	7.8	9.8	11.6	12.6	11.9	10.2	7.4	5.4	3.5	7.9
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	8.46	6.54	8.15	5.92	7.85	6.92	0.62	0.85	1.92	4.69	4.69	10.08	66.7
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	42.2	34.5	36.4	36.4	34.4	24.5	5.3	6.5	8.8	28.2	33.3	47.3	337.8
Ölçüm Periyodu (1951 - 2021)													
En Yüksek Sıcaklık (°C)	21.2	22.3	28.7	32.3	34.4	37.5	40.4	40.4	39.1	33.2	25.8	22.3	40.4
En Düşük Sıcaklık (°C)	-26.8	-28.0	-20.2	-8.3	-3.1	3.1	6.4	3.6	-1.0	-8.5	-21.2	-26.1	-28.0

Kaynak: MGM, 2022.

MGM (2022) verilerine göre, temmuz ayında ortalama 31,1 °C ile en yüksek sıcaklığı, ocak ayında ise -3,7 °C ile en düşük ortalama sıcaklığı görmektedir.

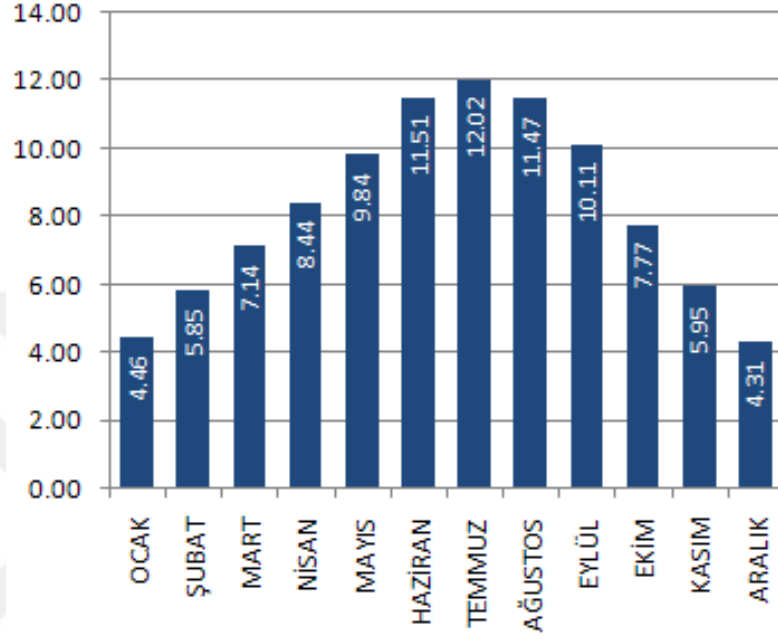
4.8.3. Karaman'ın Güneş Enerjisi Potansiyeli

GEPA verilerine göre Karaman'ın güneş enerjisi potansiyeli grafiği aşağıdaki şekilde verilmiştir.



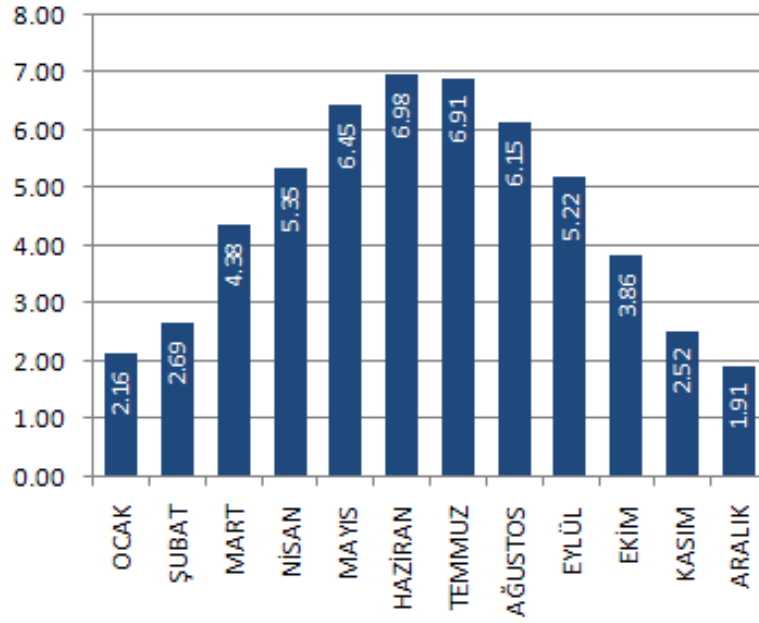
Şekil 4.53. Karaman güneş enerjisi potansiyeli (gepa.enerji.gov.tr, 2022).

Şekil 4.53’de göre Karaman’ın güneş enerjisi potansiyeli görülmektedir. Karaman ilinde genel olarak çok bariz bir güneşlenme farklılığı olmadığı için ilçe bazında değil şehir bazında kurulması muhtemel bir güneş enerjisi santralinin potansiyeli incelenmiştir.



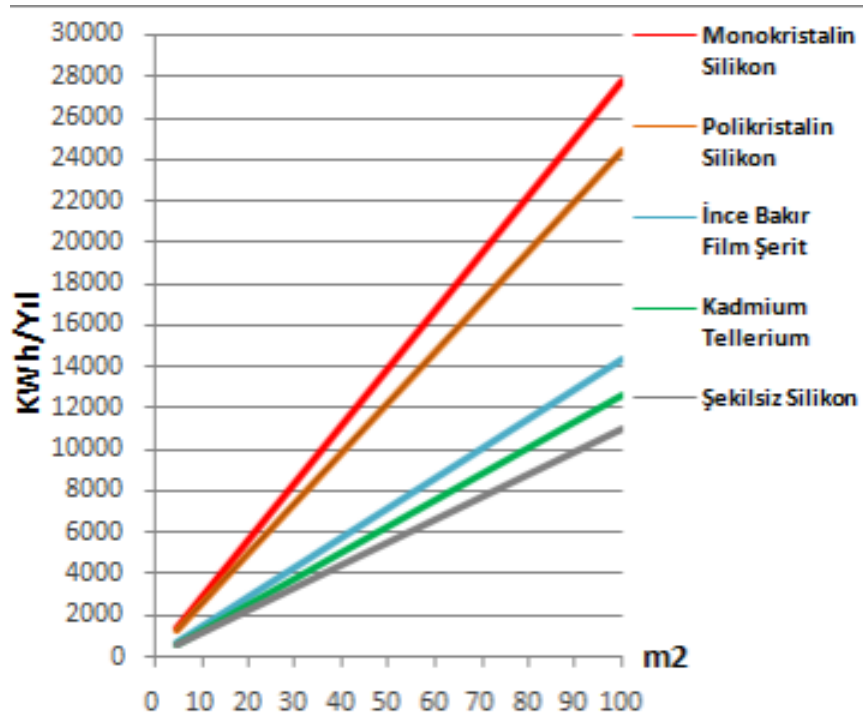
Şekil 4.54. Karaman’ın aylara göre güneşlenme süreleri (Saat) (gepa.enerji.gov.tr, 2022).

Şekil 4.54’e göre Karaman’ın en çok temmuz ayında 12.02 saat güneşlenme süresi olduğu, en az ise Aralık ayında 4.31 saat güneşlenme süresi olduğu görülmektedir.



Şekil 4.55. Karaman'ın aylara göre radyasyon değerleri (KWh/m²-gün) (gepa.enerji.gov.tr, 2022).

Şekil 4.55'e göre Karaman'ın en çok haziran ayında 6.98 KWh/m²-gün radyasyon aldığı, en az ise Aralık ayında 1.91 KWh/m²-gün radyasyon aldığı görülmektedir.



Şekil 4.56. Karaman'da PV tipi-alan-üretilebilecek enerji (KWh-Yıl) (gepa.enerji.gov.tr, 2022).

Şekil 4.56’da Karaman’a en uygun PV tipinin monokristalin silikon olduğu belirtilmiştir.

4.8.4. Karaman Güneş Enerjisi Tesisi Potansiyelinin Hesaplanması

Aşağıdaki tabloda Karaman’da kurulması planlanan 2 MWh’lık bir güneş enerjisi tesisine ait veriler yer almaktadır.

Çizelge 4.20. Karaman’da 2 MWh’lık güneş enerjisi tesisi potansiyeli

Aylar	Günlük Radyasyon (kWh/m2)	Gün Sayısı	Aylık Radyasyon (kWh/m2)	Üretim Miktarı (kWh)	Kazanç (\$)
Ocak	2,16	31	66,96	141787,93	12594
Şubat	2,69	28	75,32	159490,25	14166
Mart	4,38	31	135,78	287514,42	25537
Nisan	5,35	30	160,5	339859,07	30186
Mayıs	6,45	31	199,95	423394,52	37606
Haziran	6,98	30	209,4	443404,92	39383
Temmuz	6,91	31	214,21	453590,10	40288
Ağustos	6,15	31	190,65	403701,76	35857
Eylül	5,22	30	156,6	331600,81	29453
Ekim	3,86	31	119,66	253380,29	22505
Kasım	2,52	30	75,6	160083,15	14219
Aralık	1,91	31	59,21	125377,29	11136
Toplam	54,58	365	1663,84	3523184,53	312.929

Çizelgeden elde edilen verilere göre 2 MWh’lık bir güneş enerjisi tesisinin yıllık kazancı 312.929 \$’dır. Tesisin geri ödeme süresi için;

- “Geri Ödeme Süresi: Santral Maaliyeti/Yıllık Kazanç” formülü kullanılmaktadır.

$$1.300.000/312.929 = 4,15 \text{ yıl}$$

Buna göre tesis 4,15 yıl sonra kendisini amorti etmektedir.

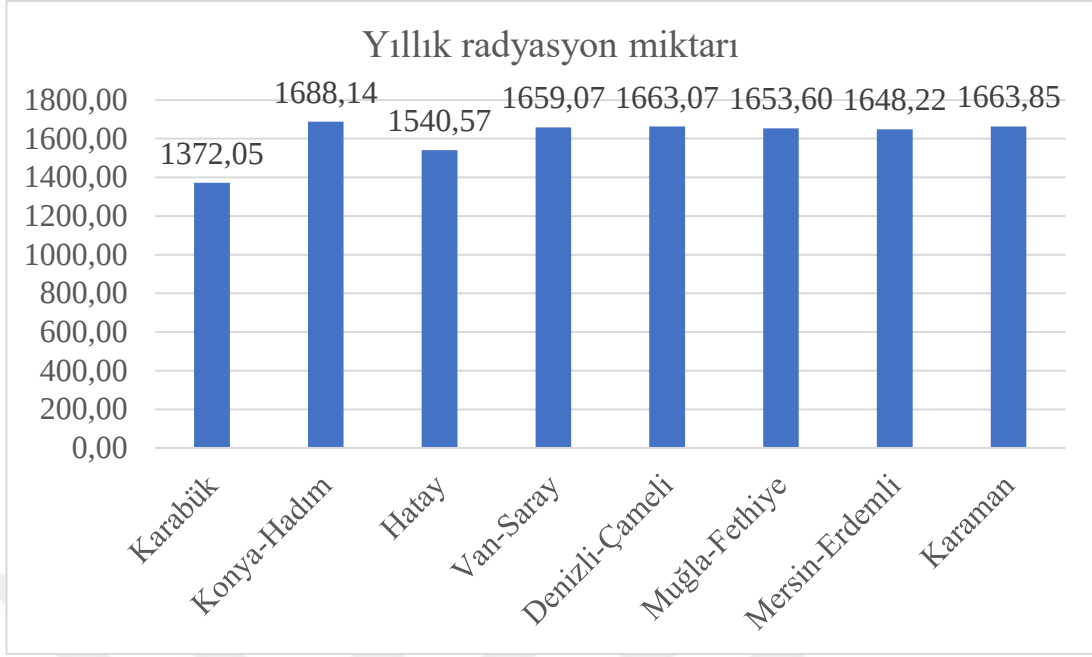
BÖLÜM 5

SONUÇ

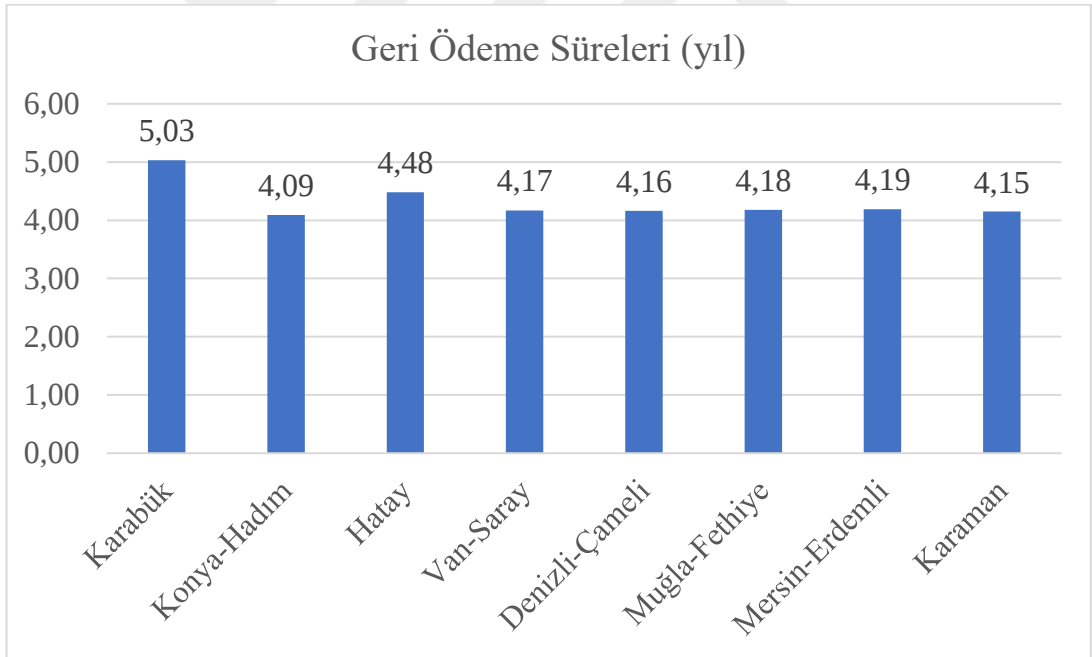
Türkiye'nin birçok Avrupa ülkesine göre güneş enerjisi potansiyeli çok daha fazladır. Türkiye'ye düşen yıllık bazdaki toplam güneş enerjisinin Akdeniz Bölgesi, Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve Ege Bölgesinin güney bölümlerinde son derece yüksek olduğu bilinmektedir. Türkiye'ye kuzey bölümlerine düşen ısıtım miktarının düşük olmasından dolayı, Karadeniz Bölgesinin potansiyelinin nispeten düşük olduğu söylenebilir (ETKB, 2017).

Bu tez çalışmasında yeni nesil güneş panellerinin Türkiye'deki geri ödeme süresine etkisi ele alınmıştır. Hatay, Konya, Karabük, Van, Denizli, Muğla, Mersin ve Karaman illerinin güneş enerjisi potansiyelleri ve geri ödeme süreleri değerlendirilmiştir.

Karabük'ün yıllık radyasyon miktarı $1372,05 \text{ kWh/m}^2$, Konya ili Hadım ilçesinin $1688,14 \text{ kWh/m}^2$, Hatay'ın yıllık radyasyon miktarı $1540,57 \text{ kWh/m}^2$, Van ili Saray ilçesinin $1659,07 \text{ kWh/m}^2$, Denizli ili Çameli ilçesinin yıllık radyasyon miktarı $1663,07 \text{ kWh/m}^2$, Muğla ili Fethiye ilçesinin yıllık radyasyon miktarı $1653,60 \text{ kWh/m}^2$, Mersin ili Erdemli ilçesinin yıllık radyasyon miktarı $1648,22 \text{ kWh/m}^2$ ve Karaman'ın yıllık radyasyon miktarı $1663,85 \text{ kWh/m}^2$ 'dir. Buna göre Karabük ve Hatay hariç diğer bölgelerin nerdeyse eşit miktarda yıllık radyasyon aldığı söylenebilir. En az radyasyon ise Karabük ilindedir.



Şekil 5.1. Bölgelerin yıllık radyasyon miktarları.



Şekil 5.2. İllerin geri ödeme süreleri.

Yapılan analiz neticesinde arsa maliyeti hesaplanmayarak 2MW gücünde kurulan bir tesisin yaklaşık maliyeti 1.300.000 Dolar olarak bulunmuştur. Hesabın yapıldığı tarihe göre Karabük'te 5,03 yıl, Konya ili Hadım ilçesinde 4,09 yıl, Hatay'da 4,48 yıl, Van ili Saray ilçesinde 4,17 yıl, Denizli ili Çameli ilçesinde 4,16 yıl, Muğla ili Fethiye ilçesinde 4,15 yıl, Mersin ili Erdemli ilçesinde 4,19 yıl ve Karaman'da 4,15 yıl geri

ödeme süresinin olduğu belirlenmiştir. Buna göre güneş enerjisi tesisi kurulumu bakımından geri dönüşü en hızlı olan iller sırası ile Konya ili Hadım ilçesi, Karaman, Denizli ili Çameli ilçesi, Van ili Saray ilçesi, Muğla ili Fethiye ilçesi, Mersin ili Erdemli ilçesi, Hatay ve Karabük'tür. Bu bağlamda güneş enerjisi sistemi kurmak adına en iyi bölgenin Konya bölgesi olduğu belirlenmiştir. Ayrıca Van ili Saray ilçesi, Mersin ili Erdemli ilçesi, Muğla ili Fethiye ilçesi, Denizli ili Çameli ilçesi ve Karaman'da hemen hemen aynı geri ödeme süresi olduğu belirlenmiştir. Fakat bu değerlerin yanı sıra, tozlanma, bakım, yağış miktarı, kar, sıcaklık/soğukluk, devlet destekleri vb. gibi etmenlerinde önemli olduğu göz ardı edilmemelidir.

Ayrıca yapılan bu tezde EPIAS'dan alınan sonuçlarda 2022 yılı haziran ayında yıllık ortalama Piyasa Takas Değerinin 88,82 dolar olarak alınmış ve buna göre hesaplamalar yapılmıştır. Bir önceki yılın 01.06.2020-01.06.2021 yılları arasındaki Piyasa Takas Fiyatı 40,65 Dolar olarak görülmektedir. Yani bu durumda küresel ve yerel anlamda oluşan hem savaşlar hem enerji krizlerinin ulusal elektrik fiyatlarını artırması bu tarz yapılacak yenilenebilir enerji tesislerinin daha da değerli yatırımlar haline geldiğini göstermektedir. Bugünün yatırım maliyetlerinde hesaplamış olduğumuz geri dönüşüm süreleri elektrik fiyatlarının sabit olarak ön görülmesi ile yapılmıştır. Küresel değişimlerden dolayı gerçekte oluşacak geri dönüşüm süreçleri çok daha kısa zamanlar da olacağı düşünülmektedir.

Eğer eski tip monokristal güneş panelleri kullanılmış olsaydı panel verimi %15 olacağından geri ödeme süreleri ; Karabük 7.39, Konya Hadım 6.01, Hatay 6.13, Van-Saray 6.13, Denizli Çameli 6.11, Muğla Fethiye 6.14, Mersin Erdemli 6.16, Karaman 6.10 yıl olacaktı.

Güneş enerjisinin kesikli bir enerji olması sebebiyle bu enerjinin hibrit sistemlerle desteklenmesi Hidroelektrik, Rüzgar, Doğalgaz Termik Santralleri vb. kullanımını daha yaygın hale getirecektir. Özellikle güneşten gece faydalanılamaması ve bunun Rüzgar Santralleri ile gece desteklenmesi bu iki yenilenebilir enerjiyi tek çatıda buluşturacaktır. Güneş ve Rüzgar hibrit sistemlerinin ülkemiz içinde araştırılması tez ve makalelere konu olması önerilir.

KAYNAKLAR

Akış, F. “Panaromik asansörlerin enerji ihtiyacının fotovoltaiik güneş panelleri ile karşılanmasına yönelik bir araştırma”. Yüksek Lisans Tezi, T.C. *İstanbul Aydın Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*, İstanbul, (2021).

Anonim. “Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası, GEPA”. <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-gunes> (2019a).

Anonim. “Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı”. <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Gunes> (2019b).

Arslan, İ. “Tekirdağ koşullarında polikristal ve monokristal tip PV güneş panellerinin verimlilik karşılaştırılması”. **Namık Kemal Üniversitesi Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı**, Tekirdağ, (2018).

Atasoy, A. ve Özşahin, E. “Yükseltiye bağlı olarak nüfus değişir mi? Hatay Örneği”. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 6(26), 92-108 (2013).

Bahtiyar, B. “Fotovoltaiik sistemler için gerçek zamanlı bir izleme merkezi tasarım ve uygulaması”. Yüksek Lisans Tezi, **Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Muğla. (2006).

Bayraktar, F.S. “Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi (CSP) uygulamaları için bor katkılı eriyik tuzların termal özelliklerinin incelenmesi”. Yüksek Lisans Tezi, **Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Kütahya, (2020).

Beyoğlu, M. F. "Balıkesir İlinde Çift Eksenli Güneş Takip Sistemi ile Sabit Eksenli PV Sistemin Verimlerinin Karşılaştırılması", Yüksek Lisans Tezi, **Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Balıkesir, 61-72 (2011).

Biçen, T. "Güneş Panelleri ile Elektrik Üretiminin Teknik ve Ekonomik Analizi: Bursa Örneği", Yüksek Lisans Tezi, **Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Bursa, 37-44 (2018).

Boztepe, M. “Fotovoltaiik Güç Sistemlerinde Verimliliği Etkileyen Parametreler”. *Ege Üniversitesi*, İzmir, (2016).

“Konya'nın Coğrafi Yapısı ve Özellikleri”. [http://www.bizimkonya.com/konyacografyasi.html#:~:text=%C4%B0limiz%20topraklar%C4%B1n%C4%B1n%20b%C3%BCy%C3%BCk%20bir%20b%C3%B6l%C3%BCm%C3%BC,km%20\(g%C3%B6ller%20hari%C3%A7\)'dir,\(2022\).](http://www.bizimkonya.com/konyacografyasi.html#:~:text=%C4%B0limiz%20topraklar%C4%B1n%C4%B1n%20b%C3%BCy%C3%BCk%20bir%20b%C3%B6l%C3%BCm%C3%BC,km%20(g%C3%B6ller%20hari%C3%A7)'dir,(2022).)

“Türkiye İlk YGES Kurulumu”, <https://www.enerjiatlasi.com/gunes/buyukcekmece-golu-yuzer-g%C3%BCnes-enerji-santrali.html>, (2021).

“Yüzer FV Sistem Kurulumu”, <https://tr.tyt.com.tr/hydrosolar> (2021).

Burhan, B. “Güneş - rüzgar hibrit sistemlerin maliyet optimizasyonu”. Yüksek Lisans Tezi, *T.C. İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Malatya. (2012).

Ceylan, İ. ve Gürel, A.E. “Güneş Enerjisi Sistemleri ve Tasarımı. 3.Basım”. *Dora Yayınları*, Bursa, (2021).

Cihan, E. “Yenilenebilir Enerji ve Türkiye’de güneş enerjisi”. (Yüksek Lisans Tezi), *Hasan Kalyoncu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Gaziantep, (2019).

Çelik, A. N. ve Koç, F. “Polikristal Tür bir Fotovoltaik Panelin IV Karakteristiğinin Analitik Modellenmesi ve Deneysel Validasyonu”. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 8(4), 2491-2515 (2020).

Çetin, S., Turan, E. ve Bayrakdar, E. “Türkiye’nin güneş enerjisi politikaları”. *Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi*, 54(2), 949-968 (2019).

Çolak, M. Binalarda güneş pili uygulamaları. *Güneş Mimarisi ve Güneş Enerjisi Sempozyumu*, Antalya (1997).

Çolak, Ş. Ç. “Fotovoltaik paneller yardımı ile güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretiminin maliyet analizi ve gelecekteki projeksiyonu”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul (2010).

Daxler Energy. (2022). WM10-144-HC 525-540W MBB Broşürü.

Delen, K. “Karaman il merkezinin beşeri ve ekonomik coğrafya özellikleri”. Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Konya, (2005).

DSİ Planlama Raporu. DSİ 1. Bölge Müdürlüğü, No:221 16260, Bursa, (2021).

Durak, F.S. “Fotovoltaik sistemlerin ekonomik analizi Malatya’daki bir kamu binası örneği”. Yüksek Lisans Tezi, *İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Malatya, (2016).

Durgut, T. “Güneş panel sistemi için farklı bir method geliştirilmesi”. Yüksek Lisans Tezi. *Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Edirne (2014).

Dünya Bankası. “Yüzer güneş santrali raporu”, <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/31880?locale-attribute=es>, (2019).

Elibüyük, U., Üçgöl, İ. ve Acar, M. “Güneş Enerjisinin çevreye olumlu ve olumsuz etkilerinin değerlendirilmesi”. 7. *Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi*, 22-23 Eylül, Mersin, (2017).

Ertürk, F., Akkoyunlu, A. ve Varınca, K. B. “Enerji üretimi ve çevresel etkileri.” *Türkiye Stratejik Araştırmalar Merkezi*. İstanbul, (2006).

Eser, A.M. “Yenilenebilir enerji santrallerinin teknik ve ekonomik açıdan değerlendirilmesi: Türkiye yenilenebilir enerji dönüşüm projesi önerisi”. Yüksek Lisans Tezi, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara (2021).

ETKB. “Yenilenebilir enerji kaynakları biyokütle”. <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-biyokutle>, (2020).

Flora, A., Özenç, B. ve Wynn, G. “Yeni teşvikler Türkiye’nin çatı tipi güneş enerjisi sektörünü aydınlatıyor”. *Institute for Energy Economics and Financial Analysis*. Cleveland, (2019).

Gürbüz, D. “Kir ve tozlanmanın fotovoltaik sistem verimi üzerinde etkisi”. Yüksek Lisans Tezi, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ, (2018).

http://cogrfyaharita.com/haritalarim/2a_mugla_ili_fiziki_haritasi.png, (2022)

<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/58017/Antoine-Cesar-Becquerel>, (2022).

<http://www.mersin.gov.tr/cografya>, (2022)

<http://www.nrel.gov/docs/fy04osti/33947.pdf>, (2022).

<https://gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/pages/78.aspx>, (2022).

<https://powersolar.com.tr/urun/solar-aydinlatma/>, (2022).

<https://www.antalyaenerji.com/gunes-fotovoltaik-pili-nedir-ve-nasil-calisir/>, (2022).

<https://www.aydinlatma.org/monokristal-ve-polikristal-gunes-panelleri-arasindaki-fark-nedir.html>, (2022).

<https://www.cografya.gen.tr/tr/van/>, (2022).

<https://www.gemitrafik.com/gunes-paneli-mppt-nedir/>, (2022).

<https://www.harita.gov.tr/uploads/files/products/denizli-fiziki-il-haritasi-1434.pdf>, (2022)

<https://www.harita.gov.tr/uploads/files/products/karaman-fiziki-il-haritasi-1396.pdf>, (2022)

<https://www.kulu.bel.tr/icerik/kulu-nun-cografi-yapisi>, (2022).

https://www.meteoblue.com/tr/hava/historyclimate/climatemodelled/karab%c3%bck_t%c3%bcrkiye_744562, (2022).

<https://www.piagrid.com/enerji-tesvik-ve-destekleri#:~:text=%E2%80%8DG%C3%BCne%C5%9F%20Enerjisi%20Sistemi%20Hibe%20Deste%C4%9Fi,Yat%C4%B1r%C4%B1m%20bedeli%20KDV%20hari%C3%A7tir>, (2022).

International Energy Agency IEA, “Key world energy statistics”, <https://webstore.iea.org/key-world-energy-statistics-2019>, (2019).

İbrahim, D. “Güneş enerjisi uygulamaları mavi kitap”, Enerji Tabii ve Kaynaklar Bakanlığı ile Bağlı ve İlgili Kuruluşlarının Amaç ve Faaliyetleri, **Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı**, Ankara, (2011).

İEA. Yenilenebilir Enerji Bildirisi, <https://www.iea.org/reports/renewables>, (2020).

İkiel, C. **Muğla'nın Coğrafi Özellikleri**. İzmir: Muğla Kitabı. (2004).

İnan, D. “Geçmişten bugüne enerji kullanımı”. **Temiz Enerji Vakfı Yayınları**, Ankara, (2001).

İrena. “İstatistik zaman verileri”, <https://www.irena.org/Statistics/View-Data-by-Topic/Capacity-and-Generation/Statistics-Time-Series>, (2021).

İzgi, E. ve Özcan, Ö. "Şebekeye bağlı fotovoltaik çatı sisteminin karşılaştırmalı performans analizi", **Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi**, 20 (3): 127–140 (2020).

Karagöl, E.T. ve Kavaz, İ. “Dünyada ve Türkiye’de yenilenebilir enerji”. **SETA Siyaset, Ekonomi ve Toplum Araştırmaları Vakfı**, İstanbul, (2017).

Karamanav, M. “Güneş enerjisi ve güneş pilleri”, Yüksek Lisans Tezi, **Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Sakarya, (2007).

Karpuz, G. "Güneş Paneli Üretiminde Kullanılan Yarı İletken Malzemeler", **Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği Metalurji ve Malzeme Mühendisleri Odası**, Ankara, 1-3 (2020).

Kayabaşı, R. ve Kaya, M. “Fotovoltaik Modüllerde Faz Değiştiren Madde Kullanımı ve Verimlerine Etkisi”, (2020).

Kayapınar, A. “Güneş enerjili hava kolektöründe gizli ve duyulur ısı enerjisi depolamanın deneysel incelenmesi”. Yüksek Lisans Tezi, **T.C. Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Manisa (2019).

Khan, J. and Arsalan, M.H. “Solar power technologies for sustainable electricity generation – a review”. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 55, 414-425 (2016).

Kır, Y. “Güneş paneli parametrelerinin online ölçümü ve uzaktan izlenmesi”. Yüksek Lisans Tezi, *Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Çankırı (2022).

Kocakuşak, R. “Yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisinin Türkiye’deki önemi ve GES kurulum araştırması”. Yüksek Lisans Tezi, *Maltepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2018).

Koçarlan, G. “Sürdürülebilir kalkınma hedefi çerçevesinde Türkiye’nin rüzgar enerjisi potansiyelinin yeri ve önemi”. *Sosyal Bilimler Dergisi*, (4), 53-61 (2010).

Kömürcü, S. “Güneş enerjisi santralleri yatırım analizi ve yatırımcıların karşılaştıkları sorunlar”. Yüksek Lisans Tezi, *Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Gaziantep, (2019).

Lindblä, R., Dongqin, B., Byung-wook, P., Oscarsson, J., Gorgo, M. and Siegbahn, H. (2014). TiO 2 / CH 3 NH 3 PbI 3 Perovskite Güneş Pili Arayüzlerinin Elektronik Yapısı.

Luyao, L. and Qinxiang, W. “Power Generation Efficiency and Prospects of Floating Photovoltaic Systems”, (2017).

Mathur, S.S., Negi, B.S. and Kandpal, T.C. “Geometrical designs and performance analysis of a linear Fresnel reflector solar concentrator with a flat horizontal absorber”. *International Journal of Energy Research*, 14, 107-124, (1990).

Megep, "Güneş Pillerinde Üretilen Doğru Akımın Temelleri", *Millî Eğitim Bakanlığı*, Ankara, (2012).

MGM. “Resmi İstatistikler” <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=H&m=KARABUK> (2022).

Nan, Z., Tong, J., Cui, G. L., Qiaoa, Q., Jia, L.Y., Liangmin, Y. and Petri, M. “High-performance semitransparent polymer solar cells floating on water: Rational analysis of power generation”, *Water Evaporation And Algal Growth*, (2020).

NREL. “Verimlilik”, <https://www.nrel.gov/news/press/2020/nrel-six-junction-solar-cell-sets-two-world-records-for-efficiency.html>, (2021).

Oktik, Ş. “Güneş-elektrik dönüşümleri fotovoltaik güneş gözeleri ve güç sistemleri”. *Temiz Enerji Vakfı Yayınları*, Ankara (2001).

Özarlan, B.. “Rüzgar enerjisinin sürdürülebilir kalkınma üzerindeki ekonomik etkileri: Türkiye örneği”. Yüksek Lisans Tezi, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Eskişehir. (2017)

Özçağlar, A. “Karabük İlinin İdari Coğrafyası. Uluslararası Geçmişten Günümüze Karabük ve Çevresinde Dini, İlmi ve Kültürel Hayat Sempozyumu”, (2015).

Öztemel, E. "Yapay Sinir Ağları", *Papatya Yayıncılık Eğitim*, İstanbul, 13-50 (2012).

Öztürk, H.H. ve Kaya, D. “Güneş enerjisi elektrik üretimi: Fotovoltaik teknoloji kitabı” (2013).

Öztürk, H.H., “Güneş enerjisinden fotovoltaik yöntemle elektrik üretiminde güç dönüşüm verimi ve etkili etmenler”. Yüksek Lisans Tezi, **Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi**, Adana, (2014).

Patel, R. Wind and solar power systems. **CRC Press**, Florida, (1999).

Pearsall, N.M. and Hill, R. “Photovoltaics modules, system and applications, In: Clean electricity from photovoltaics”, **Imperial College**, Sydney, (2001).

Rauschenbach, H. S. “Solar cell array design handbook: the principles and technology of photovoltaic energy conversion”. **Springer Science**, Netherlands, (2012).

Sayın, S. “Yenilenebilir enerjinin ülkemiz yapı sektöründe kullanımının önemi ve yapılarda güneş enerjisinden yararlanma olanakları”. Yüksek Lisans Tezi. **Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Konya, (2006).

Serim, M. “Gökçe barajı üzerine 2 Mw gücünde yüzebilen güneş paneli kurulumunun analizi”. Yüksek Lisans Tezi, **T.C. Yalova Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü**, Yalova, (2021).

SET. “Office, NREL”. <https://www.energy.gov/eere/solar/photovoltaics>, (2022).

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB). <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-biyokutle>. (2021).

TC Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB), “Dünya ve Türkiye enerji ve tabii kaynaklar görünümü 2017”, <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Enerji-ve-Tabii-KaynaklarGorunumleri>. (2017).

TEİAŞ, “Nisan 2022 kurulu güç raporu”. <https://www.teias.gov.tr/kurulu-guc-raporlari> (2022).

TEİAŞ. “Santral kurulu güç raporları”. <https://www.teias.gov.tr/tr-TR/kurulu-guc-raporlari> (2021).

Temiz, F. “Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Arazi Kullanımı / Örtüsü Değişiminin İncelenmesi: Denizli Örneği”. Yüksek Lisans Tezi, **T.C. Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Konya (2017).

Tunçgövdü, K. “İzmir ilinde bulunan binalarda elektrik üretimi için kullanılan fotovoltaik güneş panel tiplerinin verimlilik bakımından karşılaştırılması ve maliyet analizi”. Yüksek Lisans Tezi, **T.C. Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Manisa, (2020).

Turna, M. “Erciş ilçe analizi”. Doğu Anadolu Kalkınma Ajansı <https://www.kalkinmakutuphanesi.gov.tr/assets/upload/dosyalar/ercis.pdf> (2016).

TÜREB “Türkiye rüzgâr enerjisi istatistik raporu”.
<https://tureb.com.tr/yayin/turkiye-ruzgar-enerjisi-istatistik-raporu-ocak2020/128> (2020).

Türkoğlu Elitaş, M. N. “Türkiye’de biyokütle enerji kaynaklarının araştırılması ve OECD ülkeleri ile karşılaştırılması”. Yüksek Lisans Tezi, **Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Karabük, (2016).

Uçar, S. ve Kokulu N. “Antalya bölgesinde yeni tasarlanacak binalarda güneş panellerinin kullanım potansiyelinin incelenmesi”. **4. Ulusal Yapı Kongresi ve Sergisi Yapı Sektöründe Yenilikçi Yaklaşımlar**, TMMOB Mimarlar Odası, 2 Antalya, (2018).

Varınca, K.B. ve Gönüllü M.T. “Türkiye’de güneş enerjisi potansiyeli ve bu potansiyelin kullanım derecesi, yöntemi ve yaygınlığı üzerine bir araştırma”. **I. Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi UGHEK’2006**, 21-23 Haziran 2006, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, (2006).

World Wildlife Foundation (WWF).
https://www.wwf.org.tr/ne_yapiyoruz/iklim_degisikligi_ve_enerji/yenilenebilir_enerji_ve_enerjiverimlilik/kisakisayenilenebilirenerjikaynaklari/ (2021).

Yamaguchia, M., Takamotob, T., Kenji A. and Nicholas E. “Multi-junction III–V solar cells: current status and future potential”, (2015).

ÖZGEÇMİŞ

Zekeriya ŞAHAN, ilk ve orta öğrenimini Gaziantep'te tamamladı; Mehmet Uygun Lisesi'nden mezun olduktan sonra 2007 yılında FÜ Mühendislik Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü'ne girdi; 2012 de "iyi" derece ile mezun olduktan sonra KPSS'den iyi bir puan alarak 2013 yılında Karabük Gençlik ve Spor İl Müdürlüğü'ne Mühendis kadrosunda göreve başladı. Aynı kurumda halen görevine devam etmektedir. Aynı zamanda 2014 yılında Türkiye Basketbol Federasyonu Karabük İl Temsilciliğine atandı. 2022 yılında ise yine Türkiye Basketbol Federasyonu'nda Lig Temsilciliği görevine başladı. Karabük'te bulunan Keltepe Kayak Merkezi tesisinin kurulum ve işletilmesi işlerinin organizasyonunda bulundu. 2019 yılında ise bu işlerin yanında Karabük Keltepe Kayak Merkezi Amirliği görevine getirildi. 2020 yılında başlamış olduğu başlamış olduğu Karabük Üniversitesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda başlamış olduğu yüksek lisans programına devam etmektedir.