

**T.C.
ISPARTA UYGULAMAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**BİR GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALİNİN MALİYET ANALİZİ: AYDIN İLİ
ÖRNEĞİ**

Talha GEZER

**Danışman
Prof. Dr. Hilmi Cenk BAYRAKÇI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA - 2019**



© 2019 [Talha GEZER]

TEZ ONAYI

Talha GEZER tarafından hazırlanan "**Bir Güneş Enerjisi Santralının Maliyet Analizi: Aydın İli Örneği**" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü **Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman

Prof. Dr. Hilmi Cenk BAYRAKÇI

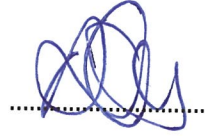
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi



Jüri Üyesi

Prof. Dr. Arif Emre ÖZGÜR

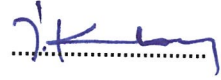
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi



Jüri Üyesi

Dr. Öğr. Üyesi İbrahim KIRBAŞ

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi



Enstitü Müdürü

Prof. Dr. Yusuf UÇAR

.....

TAAHHÜTNAME

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Talha GEZER



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET.....	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Enerji Kavramı ve Dünyadaki Durum.....	1
1.2. Güneş Enerjisi	4
1.2.1. Güneş enerjisinin tarihsel gelişimi.....	7
1.2.2. Dünya’da güneş enerjisinin durumu	8
1.3. Türkiye’de Güneş Enerjisinin Durumu	14
1.4. Güneş Enerjisi Teknolojileri Ve Fotovoltaik Sistemler	18
1.4.1. Monokristal güneş hücreleri.....	20
1.4.2. Polikristal güneş hücreleri.....	21
1.4.3. İnce film güneş hücreleri	21
1.4.4. İnverter teknolojisi	22
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	24
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	29
3.1. Santral Özellikleri, Ekipmanlar Ve Fizibilite Çalışması.....	29
3.1.1. Projenin amacı	29
3.1.2. Sahanın genel özellikleri.....	30
3.1.3. Sahanın bölgesel özellikleri.....	31
3.1.4. Santral kurulumunda kullanılan ekipmanlar ve yöntemler.....	38
3.1.5. Güneş panelleri	40
3.1.6. Panellerin kurulum türleri.....	42
3.1.6.1. Arazi montajı	43
3.1.7. İnverter seçimi	50
3.1.8. Kablolama.....	52
3.1.9. Köşk trafo merkezi	54
3.1.10. Çift yönlü sayaç	55
3.1.11. Yıldırım koruma.....	55
3.1.12. Enerji nakil hattı (ENH).....	56
3.2. PVSOL Analiz Programı ve Enerji Analizi	57
3.3. Fizibilite Detayları.....	63
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	66
4.1. Santral Ekonomik Analizi	66
4.2. Yatırımın Uygulamaya Geçiş Süresi.....	66
4.3. Yatırımın Finansmanı ve Gelir-Gider.....	66
4.3.1. Yatırımın istihdam kapasitesi.....	67
4.3.2. Santral veriminin düşüşü	67
4.3.3. Arazi bedeli.....	67
4.3.4. Dağıtım bedeli	67
4.3.5. Sigorta.....	67
4.3.6. Bakım, onarım	68

4.3.7. Leasing geri ödemesi.....	68
4.3.8. Elektrik üretim geliri.....	68
4.4. Yatırım Detayları	68
4.5. Analiz Yöntemleri.....	69
4.5.1. Geri ödeme süresi	70
4.5.2. İç kârlılık.....	72
4.6. Tesis Gerçek Değerlerinin İncelenmesi	73
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	79
KAYNAKLAR	82
ÖZGEÇMİŞ.....	86



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BİR GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALİNİN MALİYET ANALİZİ: AYDIN İLİ ÖRNEĞİ

Talha GEZER

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Hilmi Cenk BAYRAKÇI

Sanayi devrimi ile birlikte enerji konusunun önemli olmadığı hiçbir alan neredeyse kalmamıştır. Geçmişten günümüze enerji ihtiyacının sürekli olarak artması, enerjisini dönüştürerek kullandığımız tüm fosil kaynakların limitli oluşu ve hızla tükenmesi, tüm dünya ile birlikte ülkeler, devletler, hatta insanların bile enerjinin sürdürülebilirliğinin önemini anlamasında ve bu konuda bilim dünyasına katkı sağlamak için sürekli çalışmasında etkili olmuştur. Dünya ülkeleri enerji bağımlılıklarını aza indirmek için ve daha önemlisi fosil yakıtların çevreye verdikleri hasarı en aza indirebilmek için politikalarında yenilenebilir enerji ya da sürdürülebilir enerji yatırımlarının oranını artırmışlardır. Böylelikle temiz enerji anlamında rüzgâr, güneş ve diğer enerji alanındaki yatırımlar hem mühendislik hemde ülke carisinde önemli rol oynamaya başlamıştır.

Çalışmamızda fotovoltaiik sistem kullanan santralin ne derece verimli çalışacağını ve kurulum yöntemlerini, gerçek veriler ışığında bir enerji santralinin aylık verilerine dayalı olarak üretim farklılıkları araştırılmıştır. Bu tez çalışmasında Aydın'ın Çine ilçesinden kurulması planlanan 1 MW gücünde ki güneş enerji santralinin yatırım aşamasından proje ve sahada ki uygulamasına kadar geçen sürede, yapılacak yatırımlar kullanılacak malzeme ve panel seçimleri, sahanın kurulması düşünülen bölgenin coğrafi olarak önemi, bölge seçimi konusunda çeşitli programlardan yararlanılması incelenmiştir. Yapılan hesaplamaların mevcut yasa tasarısına göre analiz durumları hesaplanmış ve gerçek verilerle kıyaslanmıştır.

Sonuç olarak, ekonomik ve üretim açısından değerlendirmeye alınan sistem tutarlılık, üretim ve mühendislik açısından birbiriyle bağlantısı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Güneş enerjisi, maliyet analizi, fizibilite, ekonomik analiz, güneş enerji santrali.

2019, 86 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

COST ANALYSIS OF A SOLAR ENERGY PLANT: AYDIN PROVINCE EXAMPLE

Talha GEZER

**Isparta University of Applied Sciences
The Institute of Graduate Education
Department of Energy Systems Engineering**

Supervisor: Prof. Dr. Hilmi Cenk BAYRAKÇI

With the emergence of the industrial revolution, there is almost no aspect of life where energy is not important. The demand for energy has continuously increased throughout history. The limitation and the rapid depletion of fossil resources used for energy production underlines the importance of energy sustainability. This viewpoint is shared in many countries, states and even the people around the world. In order to minimize energy dependencies, many countries around the world increased the proportion of renewable energy or sustainable energy investments in their policies. This policy also helps to minimize damage to the environment. Thus, investments in wind, solar and other energy fields in the sense of clean energy have started to play an important role both in engineering and in current government agenda.

In our study, production differences are investigated based on the monthly data of a power plant in the light of the actual data and the installation methods of the power plant using photovoltaic system. In this thesis, the investment stage of the 1 MW power plant planned to be constructed in Çine district of Aydın will be investigated. The investigation will include the selection of the materials and panels to be used, the geographical importance of the region to be constructed and the use of various programs in the selected region. The calculations made according to the current bill were analyzed and compared with the actual data.

As a result, the system is evaluated in terms of consistency, production and engineering.

Keywords: Solar energy, cost analysis, feasibility, economic analysis, solar power plant.

2019, 86 pages

TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda ve literatür araştırmalarımnda yardımcı olan değerli Danışman Hocam Hilmi Cenk BAYRAKÇI'ya teŐekkürlerimi sunarım.

Arazi çalışmalarımnda yardımlarını esirgemeyen değerli arkadaşım Enerji Sistemleri Mühendisi Őeyma ZER'e teşekkür ederim.

Araştırmanın yürütülmesinde maddi ve manevi yardımlarını gördüğüm Ege Solar Kurucusu ve Genel Müdürü Elektrik Mühendisi Muammer KABACAM ve tüm ekibine teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan anneme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Talha GEZER
ISPARTA, 2019

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. 2006 ve 2016 yılları için birincil enerji kaynaklarına göre türkiye kurulu gücü	1
Şekil 1.2. 2007 ve 2017 yılları için birincil enerji kaynaklarına göre türkiye kurulu gücü	2
Şekil 1.3. Elektromanyetik spektrum.....	6
Şekil 1.4. Güneş enerjisinin dağılımı	7
Şekil 1.5. Dünya'daki yıllara göre kapasite ve artış miktarı.....	9
Şekil 1.6. Dünya'daki ışınım değerleri	10
Şekil 1.7. Ülkelerin 2017 yılındaki pv kapasiteleri.....	11
Şekil 1.8. Ülkelerin toplam kapasite karşılaştırması.....	13
Şekil 1.9. 2017 yılı kapasite artışında ilk 10 ülke	14
Şekil 1.10. Türkiye güneş enerjisi potansiyel haritası.....	17
Şekil 1.11. Türkiye'deki pv tipi ve üretebilecekleri enerji	18
Şekil 1.12. Fotovoltaik güneş pilinin çalışma prensibi	19
Şekil 1.13. Monokristal güneş hücresi	20
Şekil 1.14. Polikristal güneş hücresi.....	21
Şekil 1.15. Fotovoltaik güneş panelleri çeşitleri.....	22
Şekil 3.1. Santralin konumu	30
Şekil 3.2. Aydın ili güneş radyasyonu değerleri	31
Şekil 3.3. Türkiye ve aydın global radyasyon değerleri	32
Şekil 3.4. Aydın ve çine ilçesi global radyasyon değerleri	33
Şekil 3.5. Aydın ili ve çine ilçesi güneşlenme süresi	34
Şekil 3.6. Aydın ili rüzgâr şiddeti şeması.....	35
Şekil 3.7. Aydın ili ortalama rüzgâr şiddeti	35
Şekil 3.8. Aydın ili hâkim rüzgâr yönü.....	36
Şekil 3.9. Aydın ili genel istatistik verileri.....	37
Şekil 3.10. Yatırım öncesinde sahanın durumu.....	38
Şekil 3.11. Santralin genel yerleşim planı	39
Şekil 3.12. Aydın ilinde panel tülerinin yıllık enerji üretimi.....	40
Şekil 3.13. Çine ilçesinde panel tülerinin yıllık enerji üretimi	41
Şekil 3.14. Panel kurulumları	42
Şekil 3.15. Enerji dağıtım şirketleri	44
Şekil 3.16. Konstrüksiyon kurulum şekilleri.....	45
Şekil 3.17. Çakma işlemini uygulayan makinelerden gayk.....	46
Şekil 3.18. Konstrüksiyonu hazırlanmış saha	46
Şekil 3.19. Kalıp beton yöntemi uygulaması	47
Şekil 3.20. Delme, çakma, beton uygulaması.....	47
Şekil 3.21. Yük ve bükülme testi.....	48
Şekil 3.22. Tracker sistemi.....	49
Şekil 3.23. Merkezi inverter sistemi	51
Şekil 3.24. Dizi tipi inverter sistemi.....	51
Şekil 3.25. Solar dc kablo örneği	53
Şekil 3.26. Solar ac kablo örneği.....	54
Şekil 3.27. Köşk trafo merkezi.....	55
Şekil 3.28. Enh kurulumu	57
Şekil 3.29. Pvsol sonucu.....	58

Şekil 3.30. Yıllık üretim değeri.....	59
Şekil 3.31. Yıl boyunca üretim değerleri grafiği.....	60
Şekil 3.32. Aylara göre performans.....	61
Şekil 3.33. Yüzey ışıma karşılaştırması.....	62
Şekil 3.34. Panel sıcaklık değerleri.....	63
Şekil 3.35. Santral kurulum aşaması	65
Şekil 4.1. Geri ödeme süresi hesabı.....	71
Şekil 4.2. 25 yıllık pvsol üretim değerleri	72
Şekil 4.3. Üretim değerleri.....	73
Şekil 4.4. Ağustos ayı üretim değeri.....	74
Şekil 4.5. Ekim ayı üretim değeri	74
Şekil 4.6. Ocak ayı üretim değeri.....	75
Şekil 4.7. İnverter çıkış değerleri.....	75
Şekil 4.8. İnverter çıkış değeri.....	76
Şekil 4.9. Temmuz-ağustos üretimi	76
Şekil 4.10. İnvertere dc güç girişi.....	77
Şekil 5.1. Santralin çevre üzerindeki etkisi	80

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 1.1. Enerji kaynaklarının genel sınıflandırması.....	4
Çizelge 1.2. Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyelinin aylara göre dağılımı	16
Çizelge 4.1. Malzeme listesi	69



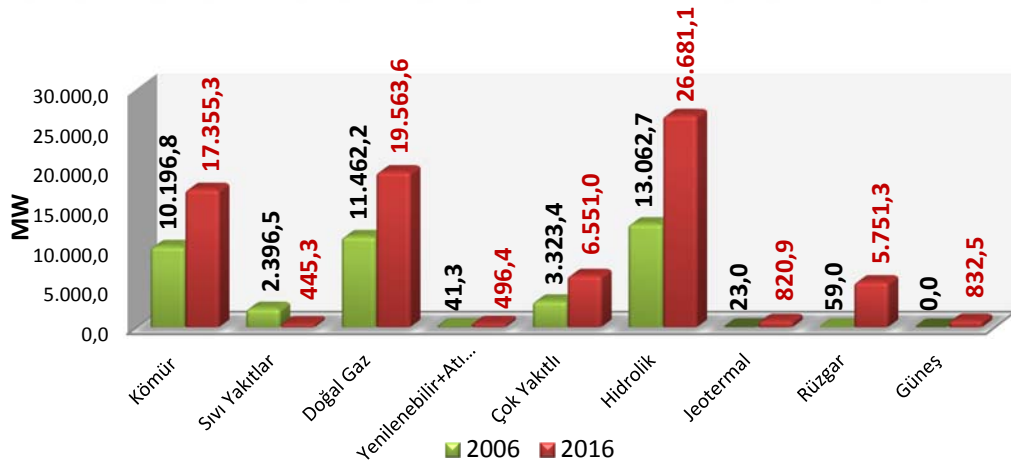
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AC	Alternatif Akım
DC	Doğru Akım
DMİ	Devlet Meteoroloji İşleri
EİEİ	Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü
EPDK	Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
ETKB	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
EDAŞ	Enerji Dağıtım Anonim Şirketi
GES	Güneş Enerji Santrali
GW	Gigawatt
HES	Hidro Enerji Santrali
lb	Pound
JES	Jeotermal Enerji Santrali
j	Joule
kW	Kilowatt
kWh	Kilowatt-Saat
kWp	Kilowatt -Peak
kcal	Kilokalori
K	Kelvin
MKE	Makine ve Kimya Enstitüsü
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
MPPT	Maximum Power Point Tracking (Maksimum Güç Noktası Yakalayıcı)
m	Metre
MW	Megawatt
N	Newton
PR	Performance Ratio (Performan Oranı)
PV	Photovoltaic (Fotovoltaik)
RES	Rüzgâr Enerji Santrali
SAM	System Advisor Model (Sistem Danışman Modeli)
TEİAŞ	Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
V	Volt
YGEM	Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü
YEK	Yenilenebilir Enerji Kanunu

1. GİRİŞ

1.1. Enerji Kavramı ve Dünyadaki Durum

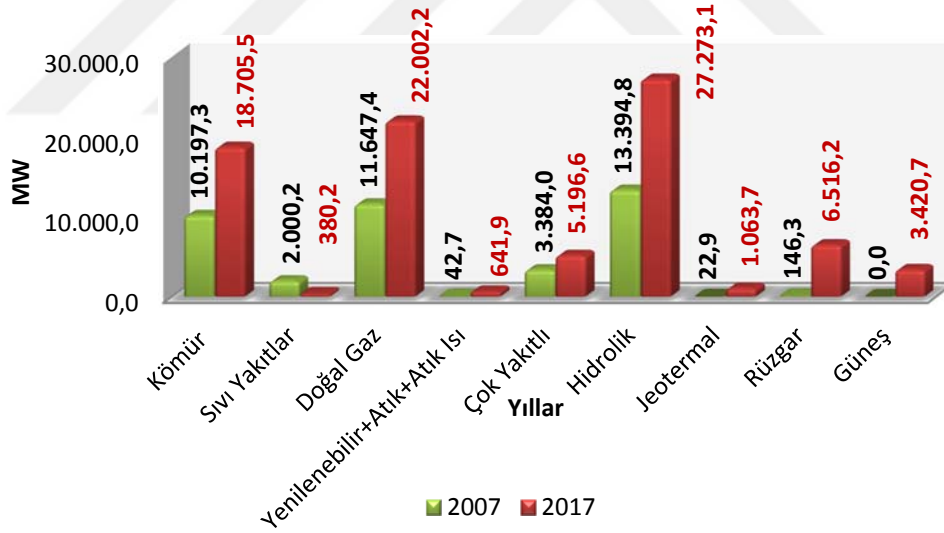
Günden güne tüm Dünya’da aynı zamanda da ülkemizde de artan enerji ihtiyacı ve bu konudaki talebe yönelik çalışmalar oldukça fazladır. Özellikle gelişen ülkemizde yatırımlar arttıkça milli sermayedeki kaynaklarımız ön plana alınmaktadır. Doğal gaz, petrol gibi dışa bağımlılık yaratan enerji kaynakları hem tükenme seneryolarına hem de çevre bilincine karşı tartışma konusudur. Sanayi devrimiyle birlikte günümüze kadar devam eden ve edecek olan bu konular ülkemizde başlıca konularından olmuştur. Dolayısıyla, ülkeler çevre bilinci ve enerji ihtiyaçlarını bağımsız olarak giderebilmek için tükenbilir enerji kaynakları haricinde yenilenebilir enerji kaynaklarını da üretim değerleri arasına almak için yoğun çaba harcamaktadırlar. Şekil 1.1’de birincil enerji kaynakları gösterilmiştir.



Şekil 1.1. 2006 ve 2016 yılları için birincil enerji kaynaklarına göre Türkiye kurulu gücü (TEİAŞ, 2017)

Sanayi devrimi ile birlikte günden güne artan enerji talebi, dünya üzerindeki fosil kaynakların hızla tükenmesine neden olmaktadır. Önceleri ganimet ve toprak için yapılan savaşların yerini, enerji için yapılan savaşlar almaya başlamıştır. Özellikle arka arkaya gelen 1. ve 2. Dünya savaşları ile ardından

1974 yılında ortaya çıkan petrol krizi dünya ülkelerini önemli ölçüde etkilemiştir. Bu tarihten sonra, artış yönünde ivme kazanan petrol fiyatları, enerji ekonomisini önemli ölçüde yönlendirmektedir. Dolayısıyla, özellikle 1974 petrol krizinden sonra, farklı enerji kaynaklarının değerlendirilmesi önemle gündeme gelmiş bulunmaktadır. Konvansiyonel enerji kaynaklarına ulaşım sorunları, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını öne çıkarmış ve çevresel sorunlar da yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının tercihinde rol oynamıştır. Ancak günümüzde, çevresel zorunluluktan öte, ülkelerin kendi enerji taleplerini karşılamak için geliştirdikleri stratejiler bağlamında, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı giderek önem kazanmaktadır. Dolayısıyla, son yıllarda tüm dünya ülkeleri enerji bağımsızlıklarını sağlayabilmek için enerji üretim oranları arasında yenilenebilir enerjinin payını arttırmaya çalışmaktadırlar (Girgin, 2011).



Şekil 1.2. 2007 ve 2017 yılları için birincil enerji kaynaklarına göre Türkiye kurulu gücü (TEİAŞ, 2018)

Şekil 1.1 ve Şekil 1.2'de görüldüğü gibi ufak farklılıklar özellikle 2017 yılında güneş enerjisindeki değişim ve birer yıl ara ile iki şekilden de anlaşılacağı üzere ülkemizin yenilenebilir enerji anlamında hızla katettiği yolu göstermektedir.

Yenilenebilir enerji kaynakları bugün fosil yakıtlar yerine kullanımlarda önemli derecede önem kazanmıştır. Fosil yakıtların kullanımından dolayı oluşan ekonomik ve çevresel felaketler bu enerji tarzının yerini sürdürülebilir enerjiye bırakmasını gerektirmektedir. Bu anlamda da bilim insanları önemli çalışmalara imza atmaktadırlar. Yeni teknolojiler sayesinde hem çevre sorunları önlenebilecek hem de gelecek nesillere daha temiz bir hayat bırakılacaktır. Bu temiz enerjilerin çoğu doğadan gelip yine doğaya dönmektedir. Hidrolik enerji (HES), jeotermal enerji (JES), güneş enerjisi (GES), rüzgar enerjisi (RES) ve biyokütle enerjisi sayılabilecek temiz enerji türlerindedir. Ülkemiz, enerjinin her çeşidinin var olması bakımından oldukça geniş bir ağa sahiptir. Örneğin jeotermal enerji potansiyelinde dinamik bir altyapıya sahip olmasından dolayı, dünya potansiyelinin yüzde sekizine sahiptir. Yine yerşekilleri ve yükseltinin fazla olmasından dolayı potansiyel enerjinin kinetik enerjiye dönüştürüldüğü hidrolik enerji bakımında oldukça verimli akarsu ve nehirlere sahiptir (Yılmaz, 2012).

Bir enerji kaynağını sınıflandırmak için, öncelikle kullanılan kaynakları dikkate almamız doğru olur. Bunun yanında kullanım alanları ve şekil değiştirerek kullanılanları da başka bir sınıflandırmaya tabi tutmamıza yardımcı olur. Kullanılışlarına göre ve tekrar değerlendirilebilmelerine göre enerji kaynakları sürdürülebilir, sürdürülemez ya da yenilenebilir, yenilenemez şeklinde sınıflandırılabilir. Dönüşümlerine göre sınıflandırmada da birincil dönüşümü sağlayan kaynaklar primer enerji kaynakları olarak isimlendirilir. Bunlar arasında petrol, doğal gaz, hidrolik, dalga enerjisi gibi enerji çeşitleri bulunmaktadır. İkincil enerji türleri yani sekonder enerji kaynakları da elektrik, benzin, mazot gibi primer kaynaklardan elde edilen enerji türlerini içermektedir. Aslında yapılan tüm sınıflandırmaların birbiri ile olan ilişkisi sonucunda tekrar kullanılıp kullanılamamasıyla alakalıdır. Çevrim süresince aynı şekilde tekrar kullanılabilirmiş gibi çıkan kaynaklar, tükenmesi olanağı olmayan kaynaklar yenilenebilir enerji kaynakları olarak nitelendirilmektedir. Kendisini bu gibi çevrimler içerisinde yenileyemeyen ya da başka bir form halini alan kaynak çeşitlerine de, yenilenemez ya da sürdürülemez enerji kaynakları adı verilmektedir. Bu enerji türlerinin kendi enerjilerinin kaynağı çekirdek

kaynaklı ya da fosil kaynaklı oldukları gözlemlenmektedir. Fosil kaynaklar dünyanın oluşumundan bu yana çeşitli doğa olaylarının etkisi ile canlı kalıntılarının çeşitlilik geçirmesiyle oluşmuş, günümüz teknolojisinde payının çok büyük olduğu ve kullanım alanlarının çok fazla olduğu bir alandır. Bunun yanında çekirdek kaynaklı enerji üretimi yapan kaynakları düşünüldüğünde, dünyada örnekleri varolan uranyum ve toryum gibi maddelerin zenginleştirilmesi ya da atomik anlamda yıkılması sonucunda elde edilen tehlikeli sınıfta giren enerji kaynaklarıdır. Hem dünyamızın geleceği, hem de sürdürülebilirlik açısından doğru kaynakları doğru yerlerde kullanarak enerji üretmek; kaynak çeşidi ne olursa olsun herkesin düşünmesi gereken ilk önemli konular arasındadır (Koç vd., 2015).

Çizelge 1.1. Enerji Kaynaklarının Genel Sınıflandırması (Koç vd., 2015).

ENERJİ KAYNAKLARI			
Kullanışlarına Göre		Dönüşümlerine Göre	
Yenilenemez	Yenilenebilir	Birincil	İkincil
-Kömür	-Hidrolik	-Kömür	-Elektirik
-Petrol	-Biyokütle	-Petrol	-Benzin
-Doğal gaz	-Rüzgâr	-Doğal gaz	-Mazot
-Uranyum	-Jeotermal	-Nükleer	-Motorin
-Toryum	-Dalga, gelgit	-Biyokütle	-ikincil kömür
	-Hidrojen	-Hidrolik	-Kok, Petrokok
	-Güneş	-Güneş	-Hava gazı
		-Rüzgâr	-LPG
		-Dalga, gelgit	

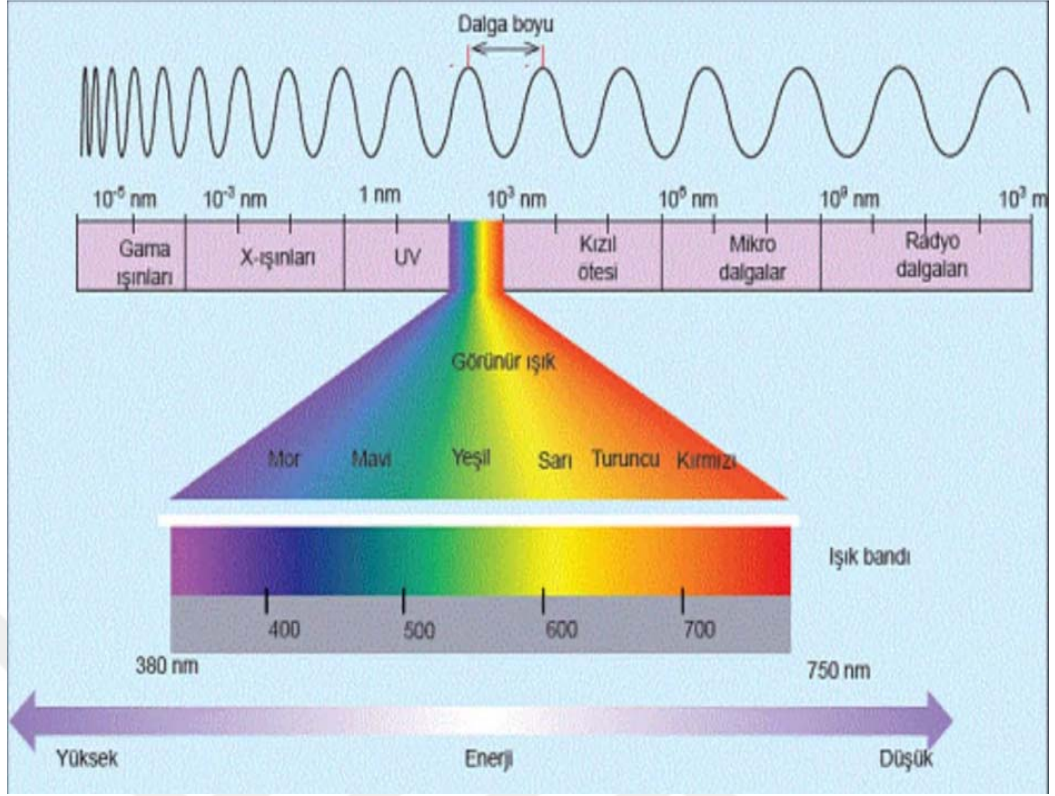
1.2. Güneş Enerjisi

Güneş tüm dünya için ve dünyadaki yaşam için olmazsa olmazlardandır. Bir bakıma yaşamımızı sürdürmemizi sağlayan temel yapılardandır. Güneşin yapısını inceleyecek olursak bir gaz kütlesi olduğunu anlayabiliriz. Bu gaz kütlesi sayesinde de dünyada güneşten gelen ışınların kullanıldığı sistemler ve dolaylı güneşe bağlı kurulan sistemler sayesinde enerji ihtiyacımız sağlamaktayız. Üzerinde yaşadığımız dünyamız yaklaşık olarak 12.727 km lik bir çapa sahiptir. Bununla birlikte güneşin çapı da dünyanın 100 katı kadardır. Yani yaklaşık değere 1.400.000 km civarındadır. Kütlesi bakımından ise

dünyanın 330.000 katına denk gelmektedir. Böyle devasa bir yıldız olan güneş evrende tabii ki tek olarak düşünülemez. Başka galaksilerde güneşten daha büyük birçok yıldız mevcuttur. Güneşin bize olan uzaklığı ise 149 milyon km kadardır. Güneşin merkezinde hidrojen elementinin füzyonuyla sıcaklığı 16 milyon °C civarındadır. Hidrojenin güneş için %90 kadarını oluşturduğu düşünülmektedir (Girgin, 2011).

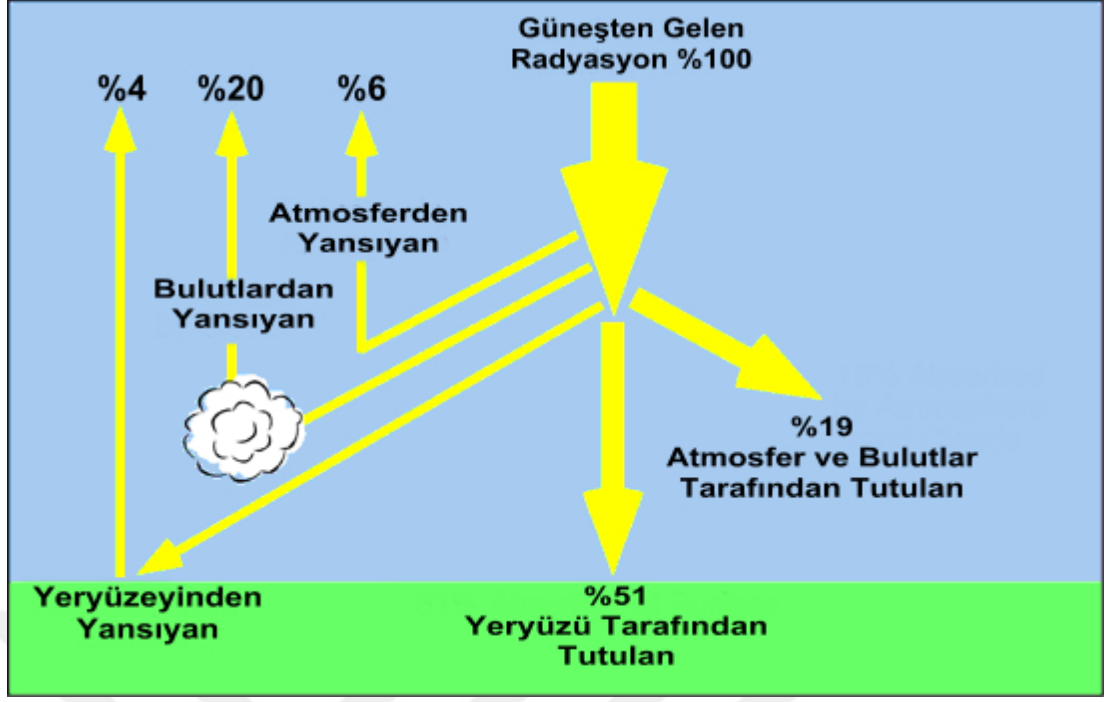
Güneş ile ilgili yapılan inceleme ve araştırmalarda, çok büyük bir enerji kaynağı olduğu ancak bu kaynağın ne zaman tükeneceği sorularıda araştırılmıştır. Yaklaşık olarak 5600 °K yüzey sıcaklığı bulunan bu yıldız, saniyede yaklaşık olarak 600 milyon ton hidrojen tüketmektedir. Ancak yüzde doksanı bu elementten oluşan güneş için tükenme süresi olarak 5 milyar yıllık bir süreden bahsedilmektedir. Bu da güneşi ve güneş enerjisini bizim için tükenmeyen bir enerji kaynağı olarak kabul etmemizi sağlamaktadır.

Güneşte füzyon yoluyla üretilen bu enerji dünyaya gelene kadar uzay boşluğunda elektro manyetik ışına ile yayılmaktadır. Güneşin saniyedeki ışınması ve toplam enerji miktarı göz önüne alındığında dünyaya bunun sadece 4×10^{26} J (joule)'lük kısmı ışına ile ulaşmaktadır. Gelen bu ışınımında dalga boyları farklılık gösterdiği için farklı dalga boylarına sahip ışınım oluşmaktadır. Şekil 1.3 farklı dalga boylarındaki ışınımı görsel olarak daha iyi algılamıza yardımcı olacaktır.



Şekil 1.3. Elektromanyetik Spektrum (Aksoy, 2016).

Gama, ultraviyole, infrared gibi güneşten gelen farklı dalga boylarına sahip ışınlar ve bu ışınların dünyamızda nasıl yayıldığını araştıran uzmanlar bu ışınların bir kısmının dünyanın yüzeyinde emildiğini yani dünyadaki denizler, okyanuslar ve kara parçaları gibi kütlelerce absorbe edildiğini incelemiştir. Hatta bu emilen enerji daha sonra çeşitli döngülerle farklı enerji kollarının da oluşmasına neden olmaktadır. Örneğin hidrolik enerjisi bir çeşit şekil değiştirme sonucu oluşur. Emilen enerji sıcaklığı artırarak buharın oluşmasına bu da çeşitli hava olaylarıyla birlikte nehirlerin akarsuların oluşmasına sebep olmaktadır. Güneş ışınlarının emilemeyen bir diğer kısmında atmosfere girdiği andan itibaren yansıma, kırılma, dağılma gibi yollarla uzaya geri gönderilmektedir. Dünya atmosferinde de giren ışınların bir kısmı dağılmaya uğrar. Yine atmosferde bir kısmı emilerek kaybolur. Emilen bu güneş ışığı moleküllerin enerjisini artırır ve enerjisi artan ortamın ya da nesnenin sıcaklığıda artar. Şekil 1.4’de atmosferde yaşanan bu olaylar gösterilmiştir.



Şekil 1.4. Güneş Enerjisinin Dağılımı (MGM, 2018)

Güneş ışınlarının dünya üzerine hiçbir engele çarpmadan direkt olarak ulaşmasına “direkt veya doğrudan ışıma” denilmektedir. Uzay boşluğundan dünyamıza kadar gelen ve atmosferden dünyaya girdikten sonra herhangi bir şekilde buluttan ya da bir molekülden yansıyan ışınlar da yansıyan veya dağılan ışıma denilmektedir.

1.2.1. Güneş enerjisinin tarihsel gelişimi

Eski çağlardan güneş enerjisi insanlığın temel enerji ısınma ve yaşam kaynağı olarak bilinmektedir. Tarihsel süreçte, insanların en önemli sorunlarından biri olan ısınma problemlerini çözmek adına geliştirdikleri tekniklerle bu durum anlaşılabilir. Bu çalışmalar ışığında, ilk defa Sokrates’in evlerin güney yamaçlarına bakan taraflarına daha çok pencere koymasını ve ışığın evin içerisine daha rahat girmesini sağlamasına yönelik çalışmaları gözümüze çarpmaktadır. Güneşin gücünün aslında düşündüklerinden daha fazla olduğunu anlayan bilim insanları çeşitli araçlar geliştirerek bunları savaşlarda dahi kullanmışlardır. Bazı ordularda ışığın yansıma ve sersemletme etkisinden faydalanmak için kalkanlarını çok parlak maddelerden yaparak saldırıların ilk etabında düşmanı

bu yansımalarla sersemletip dikkatini dağıtmaya yönelik olarak kullanmışlardır. Arşimet çeşitli aynalar kullanarak güneş ışığını odaklamak üstüne çalışmalar yapmıştır. Daha sonrada merceğin bulunması yine bu çalışmaların devamında gerçekleşmiştir. 1700'lü yıllar içerisinde güneş enerjisi ile çalışabilen bir su pompası geliştirilmiştir. Odaklamalı sistemlerin tekrar gündeme geldiği 1800'lü yıllar içerisinde Mohuchok parabolik aynalar ile enerjiyi odaklayıp, buhar makinesi yapabile çalışmalarını gerçekleştirmiştir. Daha sonraki yıllarda ise elektrik enerjisinin gündeme oturması ile bazı malzemeler ile güneş enerjisinden bu konuda yararlanabileceği farkedilmiştir. Gelişen teknolojiler ile yarı iletken maddelerin bu konuda faydalı oldukları anlaşılmıştır. Güneş pillerinin gelişmesi ile farklı alanlarda kullanımları arttı ve gelişmeye devam etmiştir. Günümüz teknolojisi sayesinde de, artık şebekelerimize bağlı yüksek elektrik üretim yapabilen santraller kurmak oldukça sıradan bir hale gelmiştir (Dağlı, 2018).

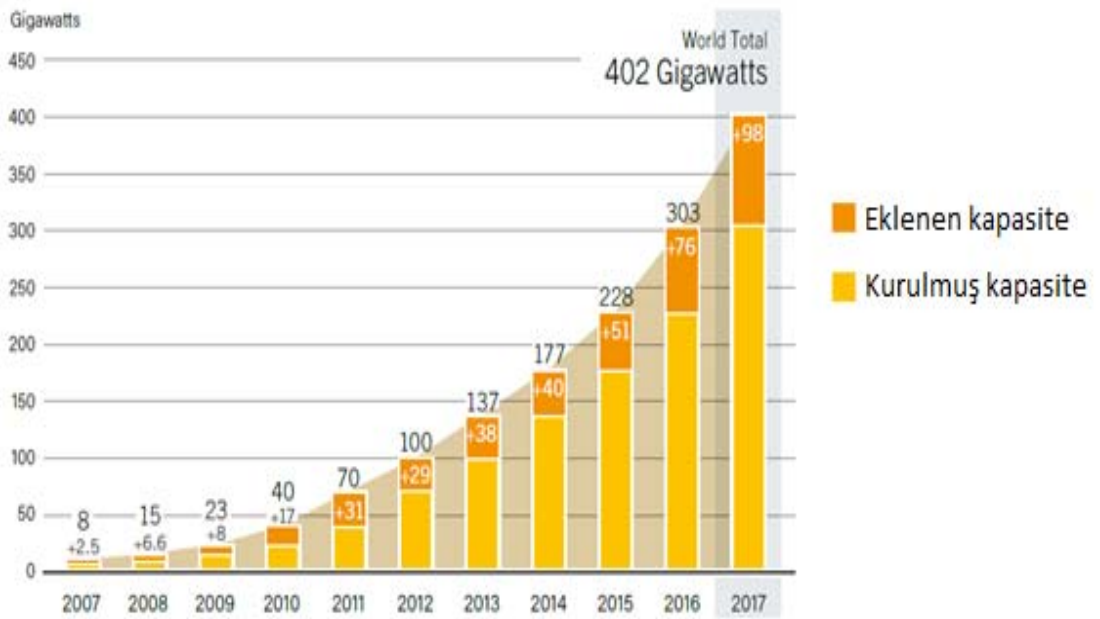
1.2.2. Dünya'da güneş enerjisinin durumu

Dünya üzerinde yaşamın sürdürebilmesi için gerekli olan her şey mevcuttur. Ancak insanoğlunun, karakteristik özelliği gereği ve kendi arasındaki rekabetten dolayı, her zaman yıkıcı olma eğiliminde olduğu gözlemlenmiştir. Her ne kadar doğamızı, atmosferimizi, suyumuzu sonumuzu düşünmeden kullanıyor olsak da, belki bizim göremeyeceğimiz ancak gelecek nesillerin yaşamını etkileyecek olaylardan kaçınmamız gerekmektedir.

Dünyanın enerjisi açısından da yaşamın çoğu buna bağlı olduğu için kullanım koşulları ve enerji üretim alanları çok önemlidir. Kullanım koşulları dendiğinde son dönemlerde aklımıza gelen elektronik eşyalardaki performans ve verimlilik artışları, daha az enerji kullanarak daha verimli kullanım şartları sağlamaktadır. Bununla birlikte atmosfere salınım yapılan karbon monoksit ve türevleri gazlar içinde ülkeler ve insanlık adına farkındalık yaratılmaya çalışılmakta ve ülkelerce konu üzerine antlaşmalar imzalanmaktadır.

Ülkelerin, şirketlerin bu konulardaki hassasiyetleri her geçen gün artsa da, dünyamıza verdiğimiz tahribat yadsınamaz derecede fazladır. Bu yüzden enerji alanındaki sürdürülebilirlik çalışmaları, yenilenebilir enerji alanlarındaki yatırımların artışı son derece önem kazanmaktadır. Doğaya zararın en az şekilde dokunacağı ve bu yöndeki çalışmaların ileriki kuşaklara olumlu yönde etkisi için rüzgâr, güneş ve diğer sürdürülebilir enerji kaynaklarından olabildiğince çok fayda sağlamak, her ülkenin ya da hükümetin asli görevlerinden olacağı düşünülmektedir.

Dünyanın önde gelen üreticileri ve özellikle güneş enerjisi sektörüne Çin'in girişinden sonra piyasalardaki rekabet gereği yatırım maliyetlerinin oldukça düştüğü gözlemlenmiştir. Çin, Amerika, Hindistan ve Japonya gibi ülkeler yenilenebilir enerji alanında büyük ataklar yaparak fotovoltaik sistemlerden elektrik üretimi ve karbon salınım oranlarının azaltılması konusunda dünyada başı çekmektedirler. Renewables 2018 raporuna göre (REN21) küresel kapasite 2017 yılında 98 gigawatt artış göstermiştir. Şekil 1.5 2007 ve 2017 yılları arasındaki dünya çapında yıllara göre güneş enerjisinden yararlanma oranlarını göstermektedir.

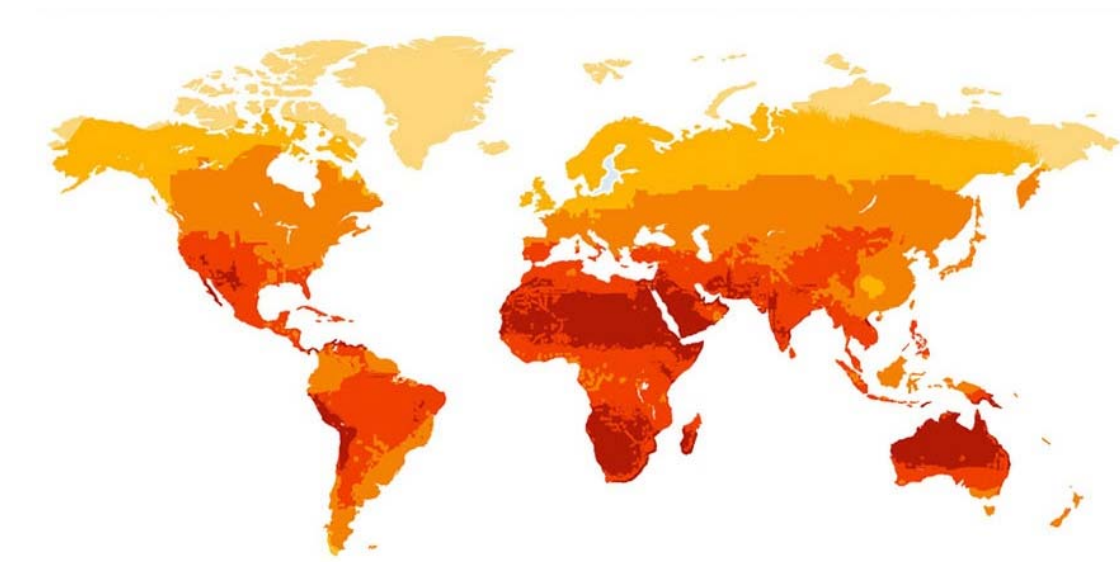


Şekil 1.5. Dünya'daki yıllara göre kapasite ve artış miktarı (REN21, 2018a)

2017 yılı için dünya üzerinde fotovoltaik sistemlerden üretilen doğru akım (DC) gücü yaklaşık olarak 300 Gigawatt civarındayken, yine bu yıl içindeki yatırımlar ve sektördeki hareketlilik ile 98 Gigawattlık bir artış olmuştur.

Dünya üzerinde son zamanlarda bu kadar yoğun ilginin yaşanmasında, devletlerin gelecek kuşaklar için tehlikenin daha çok farkına varması ve aynı şekilde insanları bu yönde yatırımlar yapmak için teşvikler sunmasının önemi oldukça fazladır.

Güneş enerjisinin bizim için sonsun olarak nitelendirilebileceğimiz bir enerji kaynağı olduğunu düşünürsek, bu yöndeki çalışmalar hız kesmeden devam edeceği düşünülmektedir. Dünyanın tüm genelinde yapılan çalışmalarda, tüm dünyada tüketilen enerjinin yaklaşık olarak 15.000 katı güneşte zaten üretilmektedir. Ülkemizin güney kısımları ve dünyanın da ekvator kısımları güneş enerjisinin geliş açısına göre yararlanılabilecek en verimli alanlar olarak görülmektedir. Şekil 1.6'da dünyanın güneş enerjisinden en iyi şekilde faydalanan bölgeleri gösterilmektedir.



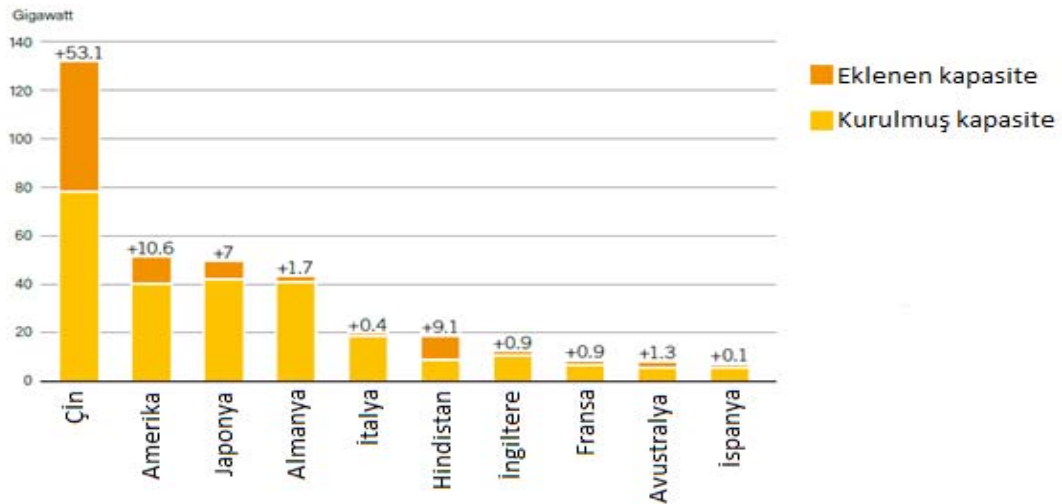
Şekil 1.6. Dünya'daki ışınım değerleri (Haydaroğlu, 2017).

Güneşin dünya üzerindeki ışıma değerleri Şekil 1.6'da görüldüğü gibi farklılık göstermektedir. Bu farklılık üzerinde dünyanın elips şekli ve güneş etrafında

dönme hareketini yaparken oluşan açılar da etkili olmuştur. Yine şekildeki bölgeler kWh/m² cinsinde en düşük değeri yani en açık renkte olan bölgeleri 500 kWh/m² en yüksek değeri de 2500 kWh/m² değerini gösterecek şekilde düzenlenmiştir.

Ülkemizde de yatırımlar yapan Çin, özellikle ülkesindeki hava kirliliğini azaltmak, salınan karbondioksit oranlarını düşürmek ve sera etkisi faktöründen kurtulmak için güneş enerjisi ve fotovoltaik teknolojisine hız vermiştir. Tabii ki bu sektörün gelişmesinde elektrik talebinin çok olması ve pazarın büyümesi de etkili olmuştur. Verilerden ve her yıl yayınlanan REN21 raporlarına göre de elektrik üretimi henüz daha genel anlamda dünya çapında yayılmış olmamasına rağmen Almanya, İtalya gibi ülkeler bu sektörde söz sahibi oldukları görülmektedir. Kendi girişimleri ve pazardaki yerlerinin oldukça fazla olduğu bilinmekteydi. Ancak 2017’de Çin dünya genelindeki güneş enerjisinden elde edilen elektrik kapasitesinden daha fazla kapasitede kurulumu ve üretimi gerçekleştirmiştir. Bu yılın sonuna kadar olan hedeflerinde ise yapılan kurulumlar o kadar ilerlemiştir ki, 2020 yılsonu hedefini 131.1 GW kurulum yaparak beklenmedik seviyede bir gelişme göstermişlerdir (REN21, 2018).

Şekil 1.7’de dünya çapında 2017 yılındaki farklı ülkelerin güneş enerjisinde fotovoltaik sistemlerle ürettikleri kapasitelerin karşılaştırılması incelenmektedir.

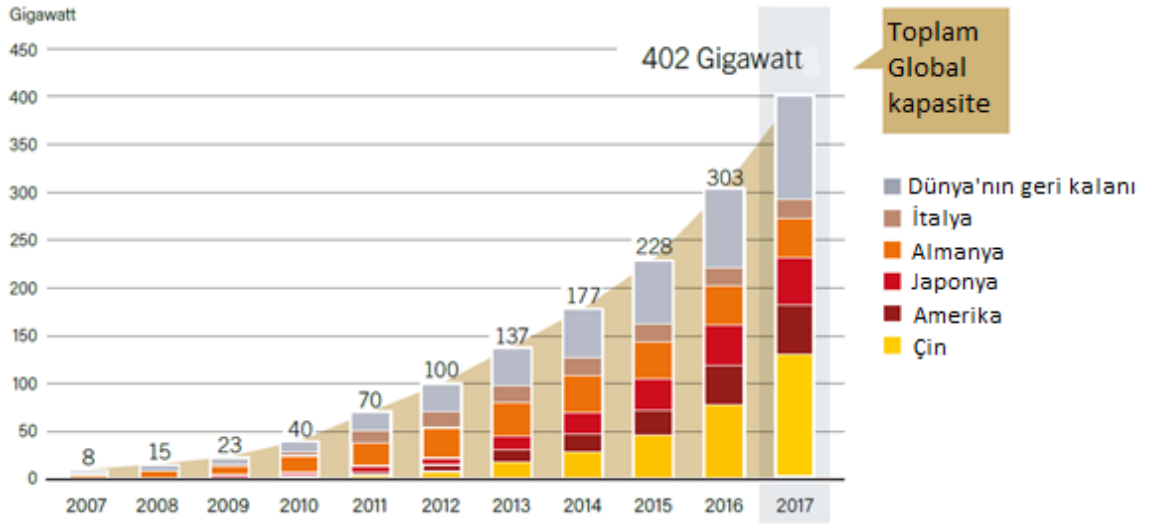


Şekil 1.7. Ülkelerin 2017 yılındaki PV kapasiteleri (REN21, 2018a)

Bu yıllarda Çin'in bu derece büyük yatırımları gerçekleştirmesinde araştırma ve geliştirme çalışmalarının yanında sanayisinin gelişmiş olması ve ön önemlisi de devlet teşvikleri olmasıdır. Ülkemizde de uygulanan üretilen elektrik bazında alım garantisi verilmesi yatırımcıları bu yönde yatırım yapmaya itmekte ve sahaların hızla bitirilmesinde etken olmaktadır. Bu gelişmeler farklı açılardan bakıldığı zaman çok daha iyi anlaşılmaktadır. Çin, bu büyüme ile ve kurulum hızıyla, projelerinde olan termik santrallerin kurulması konuları şimdilik durdurulmasına sebep olmuştur. Bu alınan kararların dünya çapında kirlilik ile mücadele, karbon salınımı gibi konuların hedeflenen değerlerde ilerlemesine bir işaret olarak kabul edilebilir.

Amerika Birleşik Devletleri (ABD), pazar hâkimiyeti ve kendi ülkesinde güneşten faydalanma anlamındaki teşvikleri sayesinde son zamanlarda yüksek kurulum değerlerine ulaşan bir başka ülke olmuştur. Çin'den sonra son yıllarda en çok kapasiteye ulaşan ülkelerden olmuştur. California eyaletindeki yatırımlar hem arazi bedelleri hem de uygun teşviklerle geçtiğimiz senelerde olduğu gibi 2017 senesinde de güneş enerjisinde elektrik üretimi konusunda 5.2 GW'lık ek kurulumla ABD'de ilk sırayı almıştır (REN21, 2018). Çin'in bu kadar çok üretim ve pazar oluşturmaya karşılık ABD, Almanya gibi ülkeler kendi oluşturdukları pazar ve üretim fiyat olarak her ne kadar Çin'in piyasaya girmesinden sonra düşmüş olsa da kendi bölgelerinde etkinliğini korumaktadır.

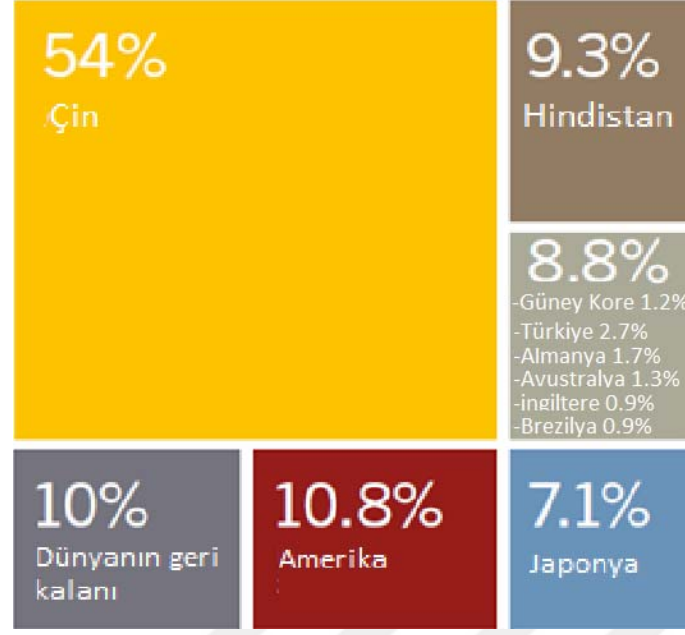
Almanya geçmişten günümüze her daim teknoloji tedarikçisi olma yolunda hızlı adımlar atmakta ve güneş sektöründe de bunu belli etmektedir. Özellikle panel verimliliği anlamında sayısız teknolojiye sahiptir. Ülkelerindeki güneşli gün sayısı oldukça az olan Almanya, buna rağmen yansıyan ısınlardan faydalanması ile güneş enerjisinde elde edilen elektrik üretiminde 2014 yılında rekor kırmıştır. Bunun dışında, üretici bir ülke olması güneş enerjisinden elektrik üretilmesi anlamında kurulan santrallerde kullanılan malzemelerin üretimi ve pazarlanması kapsamında da önemli bir iş hacmine sahiptir. 2030 yılına kadar elektrik üretimi alanında yenilenebilir enerji ve güneş enerjisiyle tüketiminin % 50'sini karşılamayı hedeflemektedir.



Şekil 1.8. Ülkelerin toplam kapasite karşılaştırması (REN21, 2018a).

Şekil 1.8'den de anlaşılacağı gibi, son senelerde Çin diğer ülkelere nazaran farkı giderek açmış görünmektedir. Doğal olarak bu durum rekabet anlamında ülkelerin üretim maliyetlerini düşürmesine ve daha ucuz şekilde yatırımcıya bu malzemelerin ve hizmetlerin ulaşmasına sebep olacağı düşünülmektedir.

Türkiye'nin bundan sonraki yıllarda sıralamaların en üst seviyelerinde yer alması için, kendi milli PV hücreleri üretebilmesi gerekmektedir. Tedarik anlamında pazar masraflarını azaltmak, kaliteli hizmet verebilmek, aynı zamanda servis ağlarını geliştirmek çok büyük önem taşımaktadır. Devletimiz yerli üretim malzemelere ayrı bir teşvik olanağı sağlayarak bu konuda üzerine düşen görevi, yerine getirmekte ve daha da iyileştirerek devam ettirmektedir. Son beş, altı yıl içerisinde ülkemizde yakaladığımız ivme şimdiden diğer ülkeler arasında ilk 10. sıraya girmemizde yardımcı olmuştur. Şekil 1.9'da genel tablo olarak Türkiye'nin yüzdesini görebilme fırsatımız bulunmaktadır.



Şekil 1.9. 2017 yılı kapasite artışında ilk 10 ülke (REN21, 2018b).

1.3. Türkiye’de Güneş Enerjisinin Durumu

Ülkemiz sahip olduğu konum itibariyle güneş enerjisi bakımından çok kıymetli bir coğrafyaya sahiptir. Coğrafyamızın konumu gereği bu enerji türünden yararlanma anlamında son zamanlarda yapılan gelişmeler her ne kadar geç kalınsa da, bu enerji türünün ülkemiz açısından ne derece önemli olduğu artık herkes tarafından benimsenmiş durumdadır. Daha öncelerde olduğu gibi ülkemizin güneş ile tanışması ve yararlanılması anlamında ilk çalışmalar tarım ürünlerinde kurutma işlemi ile başlamıştır. Tüm dünya ile birlikte alternatif enerjinin değeri petrol krizinden sonra çok daha belirgin hale gelmiş ve değeri anlaşılmıştır. Ülkemizde de gerek bilim insanlarının gerekse devlet ve özel sektörün eğilimleri 1960 ve sonrası ile başlamıştır. Ülkemizin seçkin okulları Orta Doğu Teknik Üniversitesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Ege Üniversitesi gibi okullarda güneş ile ilgili araştırma ve deneyler hızlanmıştır. 1975 yılında İzmir’de konuyla ilgili ulusal bir toplantı düzenlenmiştir. 1978 yılında da Türkiye’de hala faaliyet göstermekte olan güneş enerjisi çalışmaları konusunda öncü olan ve araştırmalar yapan Güneş Enerji Enstitüsü (EÜGEE) İzmir’de kurulmuştur. Bununla birlikte ülkenin bilimsel araştırma merkezlerinden olan TÜBİTAK gerek güneş pillerinin araştırma ve geliştirme kısmına verdiği

destekle gerekse kendisine gelen projeleri değerlendirmekle bu alana desteklerini sürdürmektedir. Yine 1992 yılında, 3335 sayılı uluslararası niteliklerdeki teşekküllerin kurulması konusundaki kanunun 1. Maddesine göre bakanlar kurulu 10 Şubat'ta Uluslararası Güneş Enerji Topluluğunun Türkiye bölümü kurulmuştur. Kuruluş Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB), Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü (EİEİ) gibi kurumlarla üretim ve işbirliği anlamında birlikte çalışmaktadırlar. Kurum üretim geliştirme ve araştırma geliştirme konularında güneş enerjisinin kullanımında verimin artırılması, imalat tekniklerinin geliştirilmesi, hizmet standartlarının geliştirilmesi, yatırım yapmak isteyenlere ve konuyla alakalı sektörel bilgi alışverişi sağlamak amacıyla çalışmalarını sürdürmektedir. İzmir'deki enerji enstitüsünde de 23 Aralık 1982 yılında Güneş ısı sistemleri, fotovoltaik sistemler, güneş mimarisi, enerji verimliliği, güneş ışınımlı fotokimya ve diğer enerji çeşitleri, bunların verimlilik ve analizleri konularında çok disiplinli yapıda sektöre destek vermektedir. Ayrıca kuruluş yenilenebilir enerji teknolojileri konusunda sistem tasarımı, fizibilite, optimizasyon, enerji danışmanlığı, verimlilik testleri gibi hizmetlerde vermektedir (Dağlı, 2018).

Güneş enerjisinin yaygın olarak kurutma işleminde kullanılması geleneksel yöntemler ve gelişmelerin ardından ilk defa 1975 yılında düşük ya da yüksek ısı kullanımında gerçekleşmiştir. Nitekim düşük ısı kullanımı ile evlerin ısıtılması ve sıcak su ihtiyaçlarının karşılanması konularında imalata başlanmış çeşitli üreticiler tarafından da kabul görüp, piyasaya bu sistemler sürülmüştür. Yüksek ısı ile birlikte güneş enerjisinden enerji ve buhar üretimine örnek teşkil edecek çalışmalarda 1986 yılında başlamış ve literatürdeki yerini almıştır. İlk olarak Makine ve Kimya Endüstrisi Kurumu (MKE) silindirik parabolik toplayıcıları imal ederek bu konudaki öncülüğü başarmıştır. Sistemlerinde bir sanayi kuruluşunun enerji ihtiyacını toplayıcılar sayesinde çözümlenmelerinin modellenmesi de bilim çalışmalarında yerini almıştır (Dağlı, 2018).

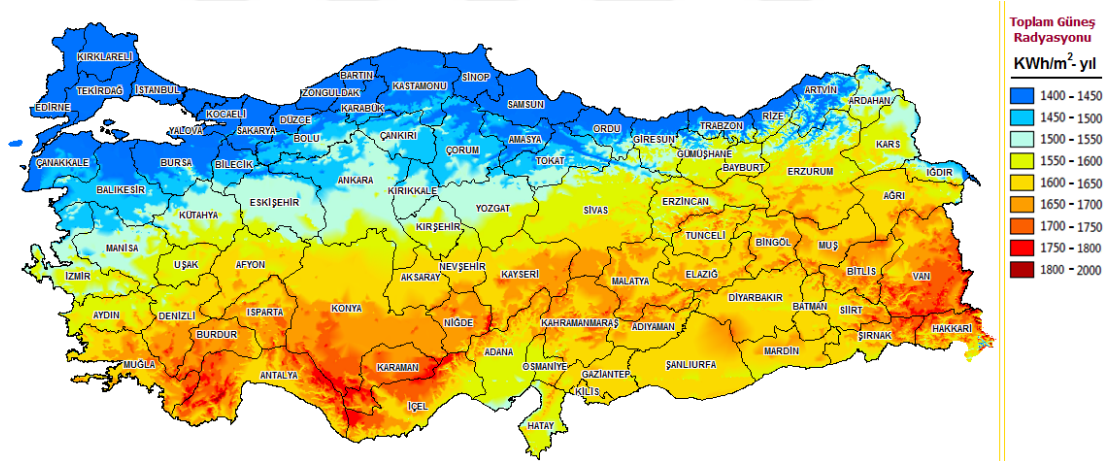
Daha sonraki yıllarda da, güneş enerjisinin evlerdeki ihtiyaçlara cevap verebilmesi açısından çalışmalar hız kazanmış ve bunu desteklemek açısından çeşitli kuruluşlar güneş enerjisinin kullanıldığı sistemlerin mevcut olduğu güneş

evleri kurmuşlardır. Bu güneş evlerinin kimilerinde ısıtma sistemi olarak güneş kullanılmış kimisinde ise güneş pilleriyle evdeki gereçlerin elektrik ihtiyaçlarının bir kısmının karşılanması araştırma ve geliştirme maksatlı olarak kurulmuştur. Ülkemizde yıllık güneşlenme süresi yaklaşık olarak 2640 saat civarında olduğu daha önceki çalışmalarda belirlenmiştir. Bu da Türkiye'yi bu süreden faydalanmak için daha çok teşviklere ve yatırımlara ihtiyaç olduğu anlamını taşımaktadır. Son zamanlarda yapılan araştırma geliştirme çalışmaları ve dünyadaki fotovoltaik gelişmelerde güneş enerjisinden elektrik üretimi verimi %20 civarlarına ulaşmıştır. Türkiye Çin, ABD gibi ülkelerden sonra elektrik üretimini güneş panellerinden karşılama konusunda üst sıralara doğru ilerlemektedir. Lisanslı ve lisanssız elektrik üretimi konularında devletin vermiş olduğu teşvik ve kredilendirme kolaylıkları bu konudaki yatırımcıları da heveslendirmiş ve harekete geçirmiştir. 2014 ve 2019 yıllarındaki kurulu güç değerleri eski değerlere nazaran 40 kat daha fazla artarak hem ülke ekonomisine hem de enerjisine katkı sağlamıştır. Karaman bölgesindeki lisanslı ve lisanssız üretim alanları aynı şekilde Karapınar bölgesinde kurulması planlanan Güneş Enerji Santralleri (GES) bu alandaki yüzdeyi giderek artıracak ve dünyadaki lokomotif bölgelerden biri haline gelmeyi sağlayacaktır. Çizelge 1.2'de aylara göre ülkemizdeki güneşlenme süreleri verilmiştir. Veriler güneş enerjisinin önemini daha iyi vurgulamaktadır (Dağlı, 2018).

Çizelge 1.2. Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyelinin aylara göre dağılımı (EİE).

Aylar	kcal/cm ² -ay	kWh/m ² -ay	Saat/ay
Ocak	4,45	51,75	103
Şubat	5,44	63,27	115
Mart	8,31	96,65	165
Nisan	10,51	122,23	197
Mayıs	13,23	153,86	273
Haziran	14,51	168,75	325
Temmuz	15,08	175,38	365
Ağustos	13,62	158,40	343
Eylül	10,60	123,28	280
Ekim	7,73	89,90	214
Kasım	5,23	60,82	157
Aralık	4,03	46,87	103
Toplam	112,74	1311	2640
Ortalama	308 kcal/cm ² -ay	3,6 kWh/m ² -gün	7,2saat/gün

Türkiye, coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli açısından birçok ülkeye göre şanslı durumdadır. Güneşten dünyaya saniyede yaklaşık olarak 170 milyon MW enerji gelmektedir. Türkiye'nin yıllık enerji üretiminin 100 milyon MW olduğu düşünülürse bir saniyede dünyaya gelen güneş enerjisi, Türkiye'nin enerji üretiminin 1,7 katıdır. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nde (DMİ) tarafından ölçülen, güneşlenme süresi ve ışınım şiddeti verilerinden yararlanılarak EİE tarafından yapılan çalışmaya göre, Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat (günlük toplam 7,2 saat), ortalama toplam ışınım şiddeti 1.311 kWh/m²-yıl (günlük toplam 3,6 kWh/m²) olduğu tespit edilmiştir. Türkiye, 110 gün gibi yüksek bir güneş enerjisi potansiyeline sahiptir ve gerekli yatırımların yapılması halinde Türkiye yılda birim m²'den ortalama olarak 1.100 kWh'lik güneş enerjisi üretebilir durumdadır (Karaman 2010). Şekil 1.10'da Türkiye'nin ışınım ve radyasyon verilerine göre güneş haritası verilmiştir.

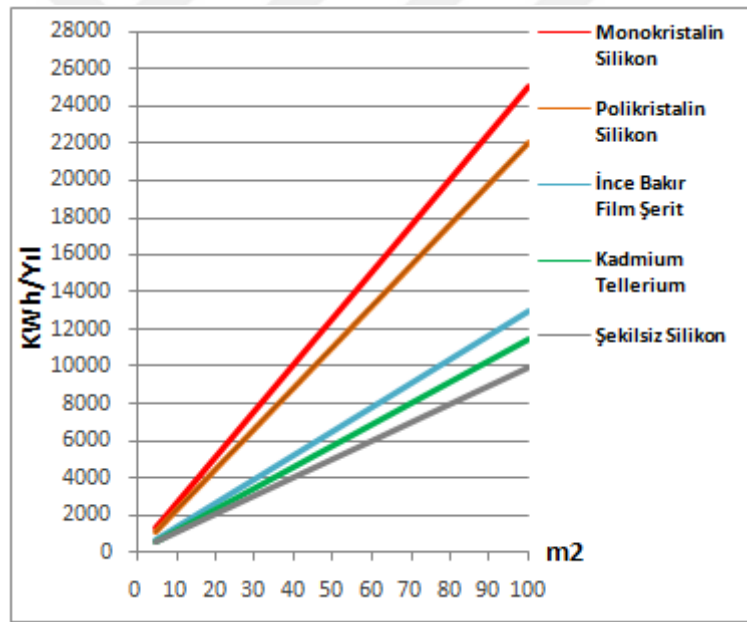


Şekil 1.10. Türkiye güneş enerjisi potansiyel haritası (YGEM, 2018).

Ülkemiz değerlerinden de anlaşılacağı üzere, Türkiye'de diğer bölgelerine nazaran en çok güneş alan bölge, Güney Doğu Anadolu bölgesidir. Karadeniz bölgesi ise diğer bölgelerimize nazaran çok daha az güneş ışığı almaktadır ve güneş ışınlarının geliş açısı da göz önüne alındığı zaman yatırım olarak pek tercih edilmeyen bölgeler arasındadır. Güney Doğu Anadolu bölgesini takip eden diğer bölgeler de Akdeniz, Doğu Anadolu, İç Anadolu ve Ege bölgesi olarak devam etmektedir. Bu verilerin ve yapılan araştırmaların sonuçlarına göre

ülkemizde en fazla üretim Haziran ve Temmuz aylarında gerçekleşmektedir. En düşük üretim değerleri ise Aralık ayında gerçekleşmektedir. Bölgeler arasındaki bu farklılıklara rağmen yatırımcılar ve teknolojiye gelişmeler sayesinde üretim aralığındaki bu farklılıkları kapatmak için araştırmalar ve yeni nesil fotovoltaik gelişmeler devam etmektedir.

Yıllık üretim değerleri ve farklı verimlilik kalitelerine göre PV (photovoltaic) panelleri arasında bağlantıyı gösteren değerler Şekil 1.11'de gösterilmiştir. Şekilde bahsi geçen ürünler yatırım maliyetleri bakımından yatırımcı ve bölgesel şartlara göre en uygun şekilde seçilmek zorundadır. Bazı bölgelerdeki alan sıkıntısı ve zemin şartlarından dolayı da küçük alanlar için yüksek verimliliğe sahip PV panelleri de kullanılmaktadır.



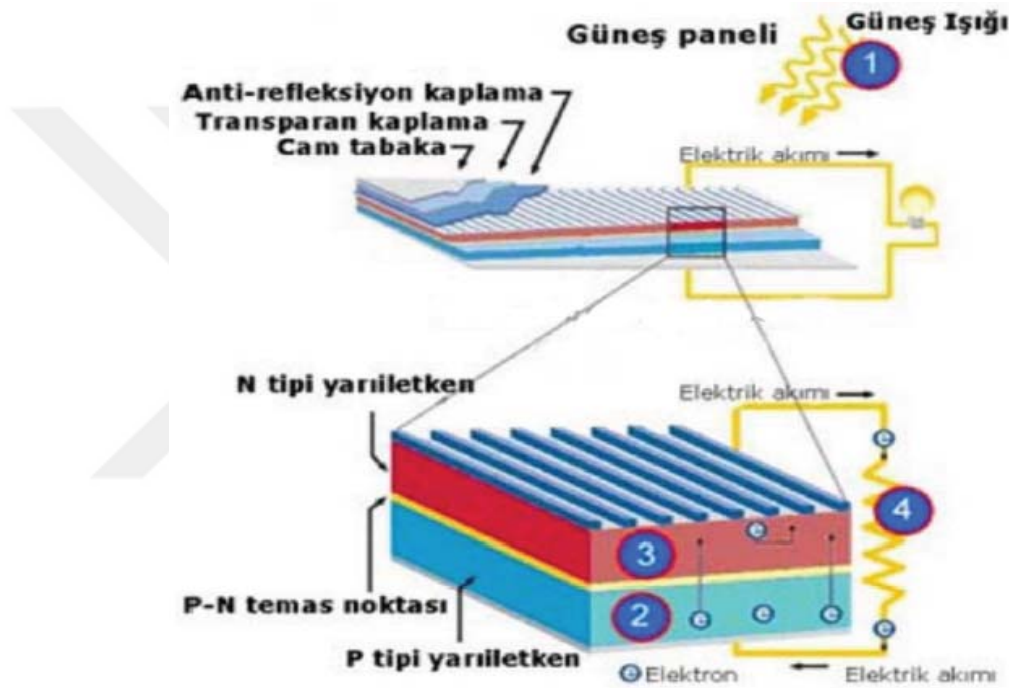
Şekil 1.11. Türkiye'deki PV tipi ve üretebilecekleri enerji (YGEM, 2018).

1.4. Güneş Enerjisi Teknolojileri Ve Fotovoltaik Sistemler

Fotovoltaik (PV) güneş panelleri hem yatırım maliyeti olarak hem de bir santralin kurulumundaki en önemli kısmı oluşturmaktadır. Genel olarak söylemek gerekirse bir yatırımda bu kalem % 60 ile % 80 arasındaki maliyet kısmını karşılamaktadır.

PV paneller günümüzde çok çeşitlenmiş olsa da, maliyet ve kullanım sıklığına göre bir sınıflandırma yapmak bu çalışma açısından daha doğru olabilir. İçerdiği kristal yapı ve kullanılan malzemeye göre farklılaşmaktadır. Bu malzemeler genel anlamda silisyum maddesini içermektedir.

Genel anlamda bu PV modüllerinin çalışma prensibi yarı iletken maddelerin ışınım sonrasında güneş enerjisinden aldığı enerji ile iletken maddeler arasındaki elektron akışı ile sağlanmaktadır (Kantaroglu, 2010).



Şekil 1.12. Fotovoltaik güneş pilinin çalışma prensibi (Koçak, 2018).

Şekil 1.12'ye daha ayrıntılı bakacak olursak, gelen fotonlar absorbe edildikten sonra yarıiletkenler arasında elektronları arası geçişe maruz kalır. Buda kullanılan yarıiletken maddelerin sahip olduğu çok elektrondan az elektrona doğru fotonun enerjisi ile hareket vermesiyle gerçekleşir (Koçak, 2018).

PV panelleri sınıflandırılacak olursa, içinde kullanılan silisyum kristalinin tek ya da çok kristalli olmasından dolayı bunları mono kristal güneş hücreleri ve polikristal güneş hücreleri olarak ikiye ayrılabilir. Doğal olarak bu panellerin

yapım aşamalarındaki ufak farklılıklar hem maliyet açısından hem de verimlilik ve kullanım koşulları açısından farklılık göstermektedir. Bunların dışında ince film güneş panelleri de sektörde kullanılan bir diğer PV örneğidir.

1.4.1. Monokristal güneş hücreleri

Bu tip güneş panellerinin verimlilikleri genel anlamda %20 ile 22 aralığında değişmektedir. Sahip olduğu üretim yöntemleri nitekim kolay ve güvenilir olduğu için uzun süredir tercih edilmektedir. Üretimi esnasında ulaşılan silikon saflığı veriminin yüksek olmasında etkilidir. Şekil 1.13’de monokristal hücrenin görseli bulunmaktadır.



Şekil 1.13. Monokristal güneş hücresi (Kocakuşak, 2018)

1.4.2. Polikristal güneş hücreleri

Sektörde en çok tercih edilen panel tipinden olan polikristal güneş panellerinin en önemli avantajı fiyatlarıdır. Yapım aşamalarına göre monokristal panellerden biraz daha farklıdır. Buradaki amaç hücre yapısının homojenlikten biraz daha uzaklaşmasıdır. Daha nazik bir yapıya sahip olan bu paneller montaj sırasında dikkat edilmesi gerekir. 20 ile 25 yıl arasında ömürleri vardır ancak verimlilik açısından monokristal güneş panellerinde daha düşüktür (Dağlı, 2018). Şekil 1.14’te görsel olarak panel incelenmektedir.



Şekil 1.14. Polikristal güneş hücresi (Kocakuşak, 2018)

1.4.3. İnce film güneş hücreleri

Panel fiyatlarının çok pahalı olması bu konudaki üreticileri daha uygun fiyatlarla üretilebilecek fotovoltaiklere yöneltmiştir. Bunun sonucunda da ince film panellerini üretmişlerdir. Diğer güneş paneli hücreleriyle karşılaştırıldığında 10 kat daha az kalınlığa sahip olmaları montaj kolaylığı açısından önemlidir. Yapım aşamalarında amorf silikon malzeme kullanılır ve bu da kristal olmayan bir silikon türüdür. Son zamanlarda her ne kadar verimleri diğer güneş pillerine nazaran az olsa da, ortalama % 8 civarında bir değerdedirler ve maliyet açısından daha ekonomik ve kurulumun yapılacağı alan konusunda sıkıntısı olan yatırımcılar son zamanlarda bunları tercih etmektedirler. Şekil 1.15'te daha detaylı olarak kullanılan farklı yarıiletken maddelere göre güneş hücresi modelleri gösterilmektedir.

Module Tipi	Yüksek Performans Modüller (Hybrid - Cell)	Mono Kristalin Modüller (Mono Crystalline Silicon)	Poly Kristaline Modüller (Poly Crystalline Silicon)	CIS - Modüller (Copper-İndiyum-Diselenid)	CdTE - Modüller (Kadmiyum Tellurid)	ASi /McSi (Tandem) Modüller (Amorphous Silicon/Micro Crystalline Silicon)
1 kWp - Güç İçin Alan Gereksinimi	6 - 7 m ²	7 - 9 m ²	7,5 - 10 m ²	9 - 11 m ²	9 - 15 m ²	11 - 14 m ²
Kategori	„Kristaline Solar Modüller“			„İnce Film Solar Modüller“		

Şekil 1.15. Fotovoltaik güneş panelleri çeşitleri (Alfa, 2019).

1.4.4. İnverter teknolojisi

Güneş enerjisi teknolojisinde iyi bir saha kurulumunda en önemli kriterlerden biri, seçilen panel ve inverterin uyum içinde çalışması ve maksimum verimin alınabilmesidir. Genel çalışma prensibi, doğru akımı alternatif akıma çevirmektir. Çeviriciler günümüz teknolojisinde çok çeşitlilik kazanmıştır, fakat çalışma prensipleri her zaman aynıdır. Bunlar şebekeye bağlı olarak kullanılabilir gibi, bazı durumlarda da şebekeden bağımsız olarak sistemde kullanılabilirler. Sektörde birçok çevirici markası bulunmaktadır.

İnverterlerin kullanımında bu araçlar bize herhangi bir güç sağlamazlar, sadece var olan gücü şebekede ya da sistemde dengeli bir şekilde kullanmamıza yardımcı olurlar. Çünkü sistemin ya da eşyalarımızın ömrünü korumamız adına dengeli bir enerji akışına sahip olmaları önemli bir husustur.

İnverterler genel olarak üç tiptedirler. Bunları şebekeye bağlı olanlar, şebekeden bağımsız olanlar, merkez inverterlerdir. Çatı uygulamalarında da farklı tipte daha ufak güçte inverterlerin kullanıldığı görülmektedir. Ufak

ölçekte kullanılan bu tarz inverterler bakım ve onarım işlerinin daha hızlı yapılmasını ve herhangi bir arıza durumunda tüm sistemi kapatmaktansa sadece kendi ait olduğu bloğu kapatarak işlem yapılmasına olanak sağlamaktadırlar (Haydaroğlu, 2017).



2. KAYNAK ÖZETLERİ

Güneş enerjisi, yüzyıllar boyunca insanoğlu tarafından değişik şekillerde kullanılsa da güneş enerjisinden elektrik elde edilmesi için gereken ilk çalışmaların 19. yüzyılın ortalarında başladığı görülmektedir. İlk kez 1839 yılında Fransız bilim adamı Becquerel, elektrolit içerisine daldırılmış elektrotlar arasındaki gerilimin, elektrolit üzerine düşen ışığa bağımlı olduğu gözlemleyerek "Fotovoltaik" olayını bulmuştur. Katılarda benzer bir olayın ise ilk olarak selenyum kristalleri üzerinde 1876 yılında G.W. Adams ve R.E. Day tarafından gösterildiği bilinmektedir. Literatür taramalarında 1914 yılında fotovoltaik hücrelerin verimliliğinin % 1 olduğu gözlemlenmektedir. 1954 yılında ise Chapin, Fueller ve Pearson adındaki üç Amerikalı bilim adamının silikon güneş hücresi üzerinde % 6 verimlilik değerine ulaştığı ve güneş enerjisinden elektrik enerjisine dönüşümü ticarileştirme başarısına ulaştıkları belirtilmektedir (Nrel, 2010).

Kahraman (2010), çalışmasında güneş enerjisi ile elektrik üretimi konusunda genel prensipler araştırılmış ve güneş enerjisinin önemi anlatılmıştır. Bu çalışmada SEGS VI santrali baz alınarak, EES programında 30 MWe gücünde parabolik oluklu güneş enerjisi santrali modeli hazırlanmıştır. Bu model kullanılarak santralin İstanbul ve İzmir koşullarında kullanılması halinde üretilebilecek yıllık elektrik miktarı hesaplanmıştır. Üretilecek elektrik miktarı doğrultusunda da santral için ekonomik analiz gerçekleştirilmiştir.

Girgin (2010), çalışmasında Karaman bölgesinde kurulması planlanan 5 MW gücünde 36 farklı fotovoltaik sistemin enerji üretim değerlendirmesi ve ekonomik analizi gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, günümüzde uygulamada kullanılan altı farklı fotovoltaik panel çeşidi, üç montaj yapısı tipi ve iki farklı evirici modeli için enerji üretimi incelemesi gerçekleştirilmiştir. Enerji üretimi incelemesi için PVSYST programı modelleme amaçlı olarak kullanılmış olup meteorolojik veriler için 4 farklı meteorolojik kaynak verisinden yararlanılmıştır. Bununla birlikte, bu yüksek lisans tezi kapsamında, bir güneş enerjisi santralinde kullanılan tüm donanımlar ve güneş enerjisi santralinin

kurulacağı bölgenin yapısı ayrıntılı olarak irdelenmiştir. Çalışmanın ikinci bölümünde, enerji üretimi analizi gerçekleştirilen sistemler için YEK yasa tasarısına göre ekonomik analiz senaryoları gerçekleştirilmiş olup bu senaryolar için Geri Ödeme Süresi hesabı ve İç Kârlılık Oranı yöntemleri kullanılmıştır. 36 farklı sistem için yapılan hesaplamalar sonucu, en uygun sistem seçilmiş ve bu sisteme ait tüm finansal değerler gösterilmiştir.

Al-Badi (2011), yaptığı çalışmada Umman bölgesinde 25 ayrı bölgenin verimlilik çalışmasını yaparak bölgelerde ki günlük radyasyon ve güneşlenme sürelerini baz alarak ekonomik yatırım için uygunluk durumunu incelemiştir.

Tsai ve Tsai (2012), Jones ve Underwood modeline dayalı termal model ile elektriksel modelden faydalanarak PV modülün çevresel parametrelere bağlı davranışını incelemiştir. Elde edilen sonuçlar ile deneysel sonuçları karşılaştırılmıştır.

Özdemir (2013), çalışmada Türkiye’de fotovoltaik sistemler için uygulanabilirliği araştırmak ve finansal değerlendirme yapmak için bu sistemlerin kurulumunun uygun olduğu bölgeler seçerek finansal yatırım teknikleri konusunda incelemelerde bulunmuştur. Araştırmasında seçtiği bölgelerdeki radyasyon oranlarını ve ortalama güneşlenme saatlerini kullanarak üretilecek enerji miktarını karşılamak için ne kadar panel gerektiği sorusuna yanıt aramıştır. Sonuç olarak finansal değerlendirme için bütçeleme tekniklerini kullanıp her bölge için maliyet, geri ödeme, verimlilik hesaplamalarını yaparak kıyaslama fırsatı bulmuştur.

Freeman (2014), santral dizaynında ve hesaplamalarında kullanılan, gölgelenme faktörlerini ve güneş ışınlarının geliş açılarına göre hesaplamalar yapabilecek PVSyst, PVSOL, System Advisor Model gibi programların bu konudaki performanslarını karşılaştırmıştır. Bu sayede kullanılacak olan PVSOL programının diğer programlara göre farklarını ve kullanım çeşitliliklerini görme imkânı bulunmuştur.

Lobera ve Valkealahti (2014), temel ısı transfer mekanizmalarından oluşan toplam enerji dengesine dayalı termal model ile tek diyot modeline dayalı elektriksel model kullanarak PV modül dinamik davranışını incelemiştir. Aynı zamanda simülasyon çalışmaları ile ölçüm sonuçlarını kıyaslanmış ve elde edilen sonuçların örtüştüğü gözlenmiştir.

PV sistemlerin gerçek çalışma şartlarında gölgelenmelerini engellemek olanaksızdır. PV modüllerin üzerinde biriken tozlar, bulunduğu çevredeki nesnelere (ağaç, ev vb.) ve ardışık dizili modüller parça yüzeyine gelen güneş ışınımını engellemektedir. Güneş geliş açısına göre belli periyotlarda PV modüller bu sayede kendi kendine gölgelenmektedir (Brecl ve Topic, 2011; Eke ve Demircan, 2015). Bundan dolayı güneş enerjisinden optimum şekilde yararlanabilmek için PV modül yüzeyleri belli periyotlarda temizlenmelidir. Şekil 3.6'da görüldüğü gibi gölgelenme durumlarında PV modül akım, gerilim güç değişimlerinde düzensizlikler meydana gelmektedir. Klasik maksimum güç izleyicileri (MPPT) bu şartlar altında verimsiz çalışmakta olup, PV modüllerden elde edilebilecek gücü yeterince sağlayamadığı görülmüştür. Bunun üstesinden gelmenin yollarından birisi de Yapay Arı Kolonisi, Parçacık Sürüsü gibi yapay zeka optimizasyon algoritmaları kullanmaktır. Bu yöntemler sayesinde gölgelenme şartlarında PV modüllerden elde edilen gücü daha etkin kullanıldığı görülmektedir (Babu vd., 2015; Seyedmahmoudian vd., 2015).

Saner (2015), yaptığı tez çalışmasında Karapınar ve Karaman enerji ihtisas endüstri bölgelerinde, güneş enerjisi santrallerinin yer seçimi ve çevresel etkilerini araştırmıştır.

Barroso vd. (2016), son zamanlarda termal modellerle elektriksel modeli birleştirerek PV modül güç tahmininde doğru tahminler yapmaya gayret gösterilmektedir. Termal modelde bir boyutlu sonlu farklar metodu ile elektriksel modeli birleştirerek güç üretimi tahmini yapmışlardır. Elektriksel modelde parçacık sürüsü optimizasyon algoritması kullanılmıştır.

Bobaker (2017), çalışmasında Libya’da seçtikleri, güneş enerjisi için en uygun olduğunu düşündükleri bölgede, software System Advisor Model (SAM) yardımıyla iki ayrı sistem kurup bölge için en uygun yatırım sistemini oluşturmuştur. İlk sistem şebekeye bağlı 100 MW gücünde olup, ikincisi 50 MW gücünde depolanabilir sistem kullanılmıştır. Bölgenin kurulum için uygun olduğu ve yüksek kapasitelere sahip olduğu vurgulanmıştır.

Haydaroğlu (2017), çalışmasında sistem olarak tam anlamıyla analiz yapabilmemiz için gerekli olan elektriksel incelemeleri yapmıştır. Sistemin verimliliği ne kadar iyi olursa ekonomik bağdaştırmalarımız da o derece iyi olacağından bu çalışmada gerekli olan püf noktalar ve elektriksel analizler incelenmiştir. Haydaroğlu çalışmasında kullanılacak olan kurulum program paketi dışında PVSyst simülasyonunu kullanmış ve gerekli verileri karşılaştırma fırsatı bulmuştur.

Koçak (2018), yaptığı çalışmada, Büyükçekmece ilçesinde kurulması tasarlanan güneş enerji santralının, 8 farklı sistemin ekonomik analizi ve enerji üretim değerlendirmesini yapmıştır. Bu maksatla, günümüzde uygulamada olan 4 farklı güneş panel türü ve 2 farklı evirici modeline yönelik enerji üretim tetkiki gerçekleştirilmiştir. Bu inceleme için modelleme maksatlı olarak PVSOL programından faydalanılmış olup meteorolojiye has veriler için meteonorm verisinden yararlanılmıştır. Bunun yanı sıra, çalışması dâhilinde, bir güneş enerji santralinde gerek duyulan tüm ekipmanların ve santralin kurulması planlanan sahanın yapısının detaylı bir incelemesi yapılmıştır. Enerji üretimi analizi yapılan sistemlere yönelik olarak ekonomik analiz senaryoları uygulanmış ve bu senaryolar için iç kârlılık oranı ve geri ödeme süresi hesabı yöntemlerinden yararlanılmıştır. 8 ayrı sisteme yönelik olarak gerçekleştirilen hesaplamalar neticesinde, en uygun sistemin hangisi olduğu belirlenmiş ve bu sistemin tüm finansal değerleri hakkında bilgi verilmiştir.

Dağlı (2018), çalışmasında bir yatırımın verilerini finansal analiz yöntemleriyle değerlendirilmiştir. Bunlar arasında net bugünkü değer ve iç verim oranı gibi yöntemler bulunmaktadır. Ayrıca güneş enerji santralleriyle ilgili

yönetmeliklere ve mevzuatlara da değinilmiştir. Geçmişten günümüze kadar olan süreçte yatırım maliyetinin değişimi ve güneş enerjisinin ülkemiz içerisindeki gelişimi ele alınmıştır. Tez içerisinde yer alan güneş enerjisi santralının kurulumundaki parametreler ve fizibilite analizi gerçek verilerle hazırlanmıştır.

Yaman vd. (2018), yaptıkları çalışmada Van ili için potansiyel güneş ve hidroelektrik enerjisi araştırmıştır. Bölgedeki tüm kapasitenin kullanılmasıyla bölge ekonomisinin değişimini ve kalkınmasını incelemişlerdir.

Kocakuşak (2018), yaptığı çalışmada yenilenebilir enerji ve gelişmelerinden bahsetmiş. Dünya'daki ve ülkemizdeki güneş sistemlerinin gelişmelerinden bahsetmiştir. Sonuç olarak ülkemiz bakımından güneş enerjisinden daha faydalı biçimde nasıl yararlanılması gerektiği konusunda tavsiyelerde bulunmuştur.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Santral Özellikleri, Ekipmanlar Ve Fizibilite Çalışması

Enerji üretimiyle ilgili olarak yapılması gereken en önemli çalışmalardan biri olan fizibilite çalışmaları yatırımcı ve varsa işi yüklenici firma açısından çok önemlidir. Bu bilgiler ışığında ve maliyet araştırmaları ışığında yapılacak iş net bir şekilde değerlendirilme imkanı bulur.

3.1.1. Projenin amacı

Uygulanacak olan projede yatırımın konusu ve amacı Aydın ilinin sınırları içerisinde güneş enerjisi kullanılarak fotovoltaik paneller aracılığıyla güneş ışınlarından elektrik üretilmesi suretiyle enerji üretimi yapan bir üretim santrali kurmaktır.

Santral kurulum işlemi bittikten sonra üretilen enerji, kanunlarda belirtilen oranlarda ve fiyatlarda bölgenin bağlı olduğu elektrik şirketine satılarak kar amacı güdülmektedir.

Proje kapsamında bölgedeki elektrik ihtiyacının artması buna karşılık devletin bölgede açtığı kapasite ilanlarına başvurularak, gerekli düzenlemeler yapılmış ve devlet tarafından yatırımcı ve şirket böylesi bir iş gücünü gerçekleştirilmesi hususunda yeterli bulunmuştur. Çağrı mektubunu ilgili kişilere vermeye layık görmüştür. Çağrı mektubunda belirtilen hususlar, projenin incelenmesinden sonra en ince detayına kadar gözden geçirilmiştir. Proje kapsamında yönetmeliğe uygun olmayan noktalar bulunması halinde, bu eksikliklerin giderilmesi ve düzeltilmesi için proje, sahibine geri verilir. Bu işlemlerin yapılması için ek bir süre belirlenir.

Bölgedeki kurulması düşünülen ve gerekli izinleri alındıktan sonra işlemlere başlayan kuruluş ve kişiler, yönetmelik kapsamı içerisinde şebekenin düzenini korumak, yatırımın sağlıklı şekilde tamamlanmasını sağlamak, hem ülke

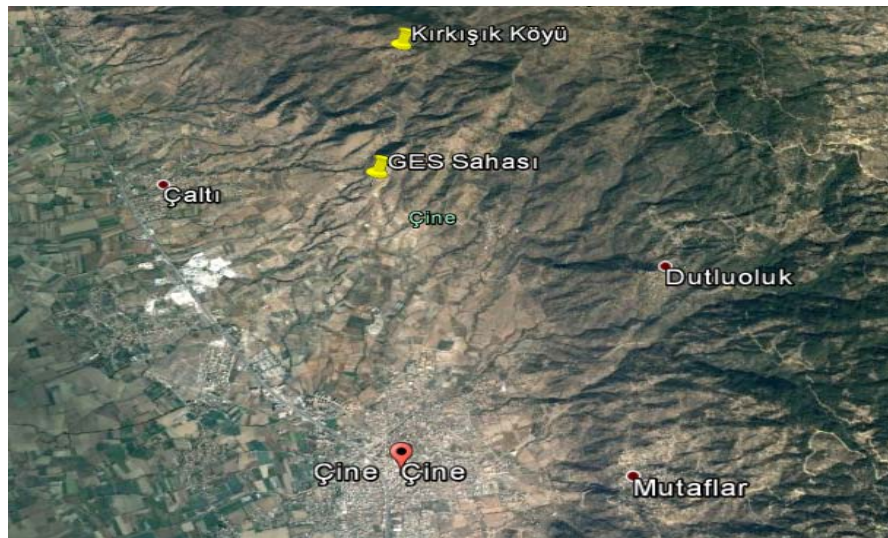
üretimine katma değer sağlamak hem de çevre hassasiyetlerinde üzerlerine düşeni yerine getirmek için çalışmalarını başlatmışlardır.

3.1.2. Sahanın genel özellikleri

Yatırımın bulunduğu alan Aydın ili, Çine ilçesi, Kırkıştık mahallesi ve 174 ada 1 parsel üzerinde kurulmuştur. Mahalle üzerinde geçiş güzergâhları herhangi bir engel teşkil etmemekle birlikte doğal yaşama ve bölge halkını herhangi bir şekilde rahatsız etmeyecek şekilde, malzeme teslimatlarının rahatça yapılabilineceği bir konum üzerinde bulunmaktadır.

Eski adıyla Kırkıştık köyü Aydın iline 48 km (kilometre) uzaklıkta bulunmaktadır. Bağlı bulunduğu Çine ilçesine olan mesafesi de 8 km mesafededir. Bulduğu konum itibariyle ulaşımı kolay, şantiye şartlarında insanların günlük ihtiyaçlarını gidermeleri açısından iyi bir konumdadır.

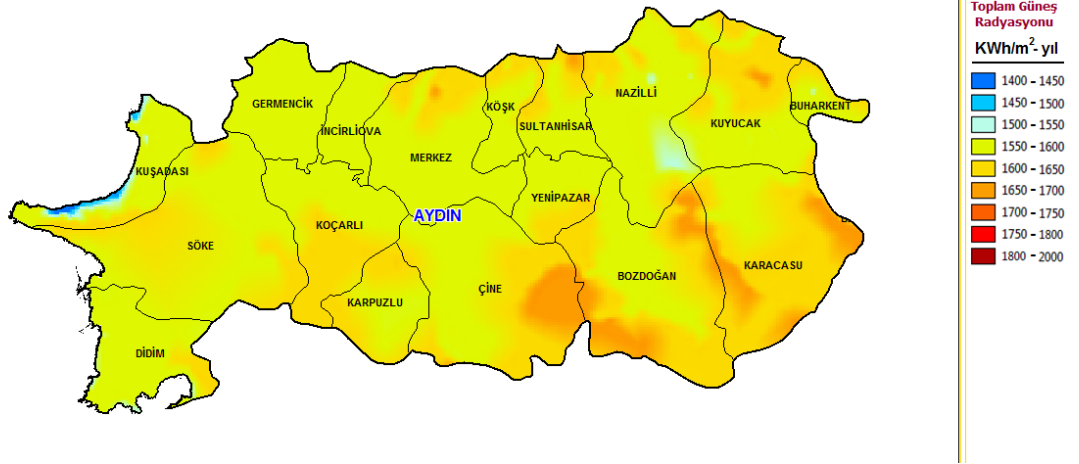
Köy halkı genel anlamda tarımla uğraşmaktadır. Bunun dışında hayvancılık faaliyetleri de yapılmaktadır. Zeytincilik ve buna bağlı olarak zeytin yağı üretimi üretilen ürünlerin başında yer almaktadır. Aşağı yukarı 100 haneli olan köyün nüfusu 200 civarındadır. Şekil 3.1’de santralin konumu gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Santralin konumu

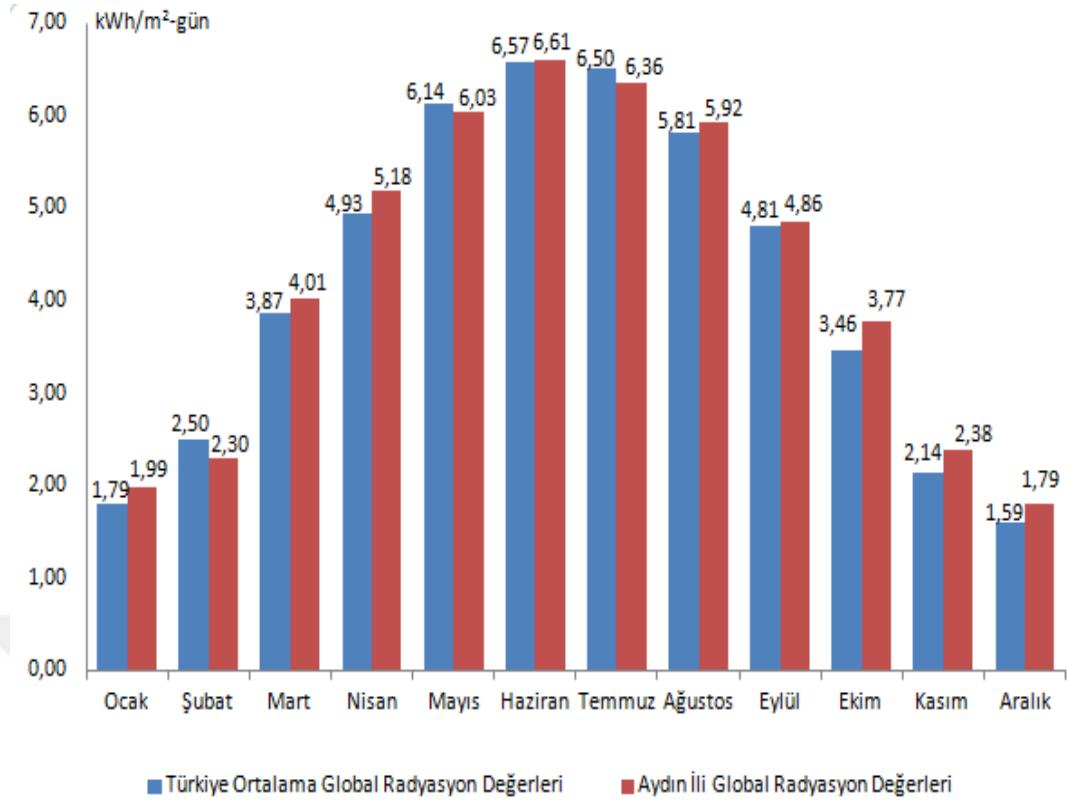
3.1.3. Sahanın bölgesel özellikleri

Kurulacak olan santralde herhangi bir şekilde üretimi etkileyecek gölgelenme oluşturabilecek bir durum söz konusu değildir. Yaklaşık olarak kurulması planlanan sahanın büyüklüğü 20.000 m²'lik bir alan içerisine olması planlanmaktadır. Bölge olarak santralin bulunduğu alan Aydın ili ülkemizin güneşlenme olanakları ve güneşlenme süresi bakımından iyi durumdaki yerlerindedir. Bunun dışında bölgedeki nem ve diğer meteorolojik değerlerinde yatırım öncesinde incelenmiş olması yatırım için fayda sağlayacak unsurlardandır. Şekil 3.2.'de Aydın iline bağlı olarak bölgedeki toplam güneş radyasyonu değerleri görülmektedir.



Şekil 3.2. Aydın ili güneş radyasyonu değerleri (YGEM, 2018)

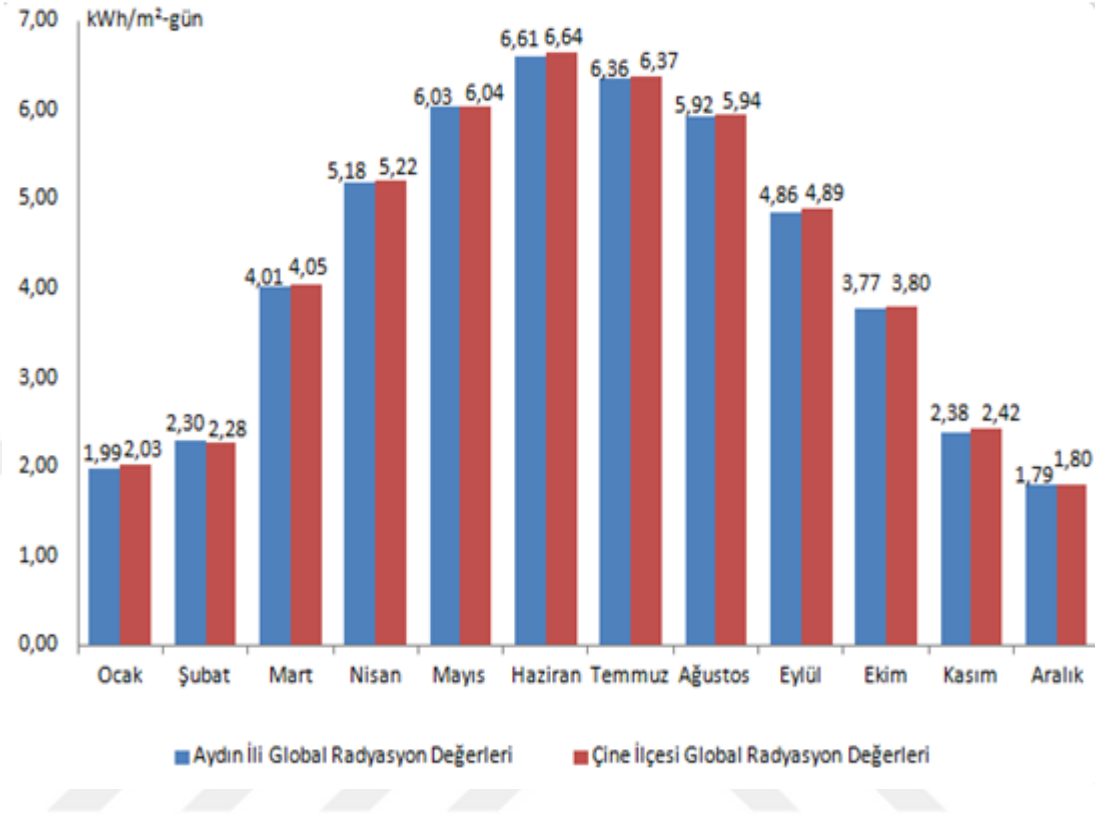
Ülkemizin güney kısımlarına yakın bölgede oluşu sebebiyle ve bu sayede aldığı radyasyon değerleri sayesinde yatırım bölgesi olarak iyi konumda olarak gösterilen Aydın İli bu projede olduğu gibi başka yatırımcılarında dikkatini çekmektedir. Ortalama olarak bakıldığı zaman genel olarak bölgenin yıllık değerleri 1600 KWh/m² ile 1750 KWh/m² olarak değiştiği görülmektedir. Bu değerler Çine ilçesinde biraz daha yoğunlaşarak Aydın İli içerisinde ortalama olarak daha üstte kalmaktadır. Türkiye ortalaması ile Aydın ili kıyaslanacak olursa, Aydın'ın ortalama olarak yine üstte kalacağı görülmektedir.



Şekil 3.3. Türkiye ve Aydın global radyasyon değerleri (YGEM, 2018)

Şekil 3.3'te iki ayrı verinin karşılaştırılmasında kolaylık sağlayacaktır. Genel olarak güneş enerjisinden elektrik üretiminde yaz ayları en fazla üretimin yapıldığı ya da radyasyon değerlerinin çok iyi olduğu zamanlar olarak görülür. Şekilde haziran ayı incelendiğinde, Türkiye genelinde 6.57 kWh/m²-gün olan değer, Aydın ili için 6.61 kWh/m²-gün seviyesindedir. Güneş'ten Dünya'ya gelen ışınların geliş açısında farklılık olmasından dolayı hem Türkiye ortalama global radyasyon değerleri hem de Aydın Global radyasyon değerleri aydan ayda farklılık göstermektedir. Aydın'ın değerlerinin Türkiye ortalamasından yüksek olmasına karşılık, yıl içerisindeki üç ay boyunca Türkiye ortalama global radyasyon değeri daha yüksek bir değerde görülmektedir. Bu aylar şubat, mayıs ve temmuz ayları olarak şekil 3.3'te görülmektedir. Radyasyon değerlerinin ortalamanın üstünde olması kurulması planlanan saha için yatırımcıya sunulacak olan raporda ayrı bir önem kazanmaktadır. Yapılan hesaplamalar ve sonuçları bu değerler ile birlikte olumlu yönde çıkması, yatırımın kurulması

düşünülen bölge için doğru bir karar verilmesi konusunda yatırımcıya yol göstermiş olacaktır.



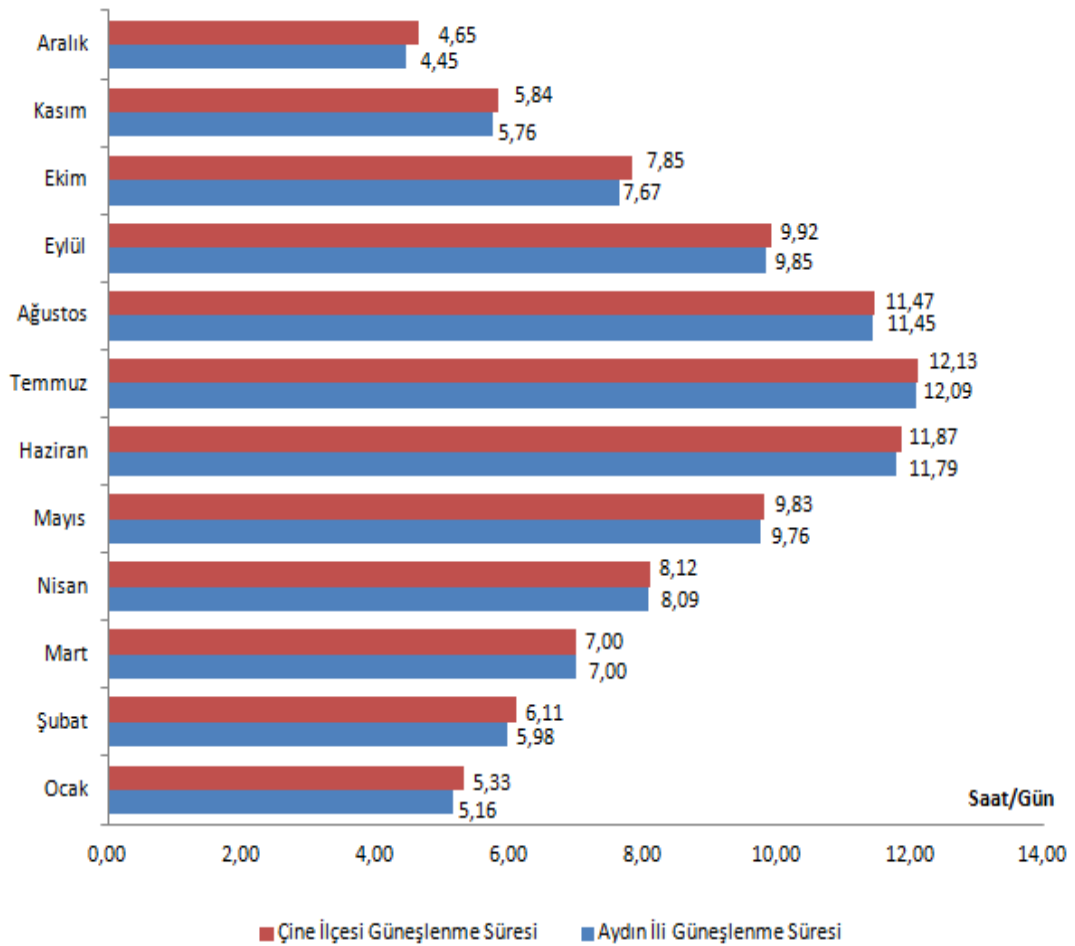
Şekil 3.4. Aydın ve Çine ilçesi global radyasyon değerleri (YGEM, 2018)

Global radyasyon değerleri Şekil 3.4'ten anlaşılacağı gibi özellikle üretimin fazla olacağı aylarda yani yaz aylarında yükselmektedir. Aydın'ın ortalama radyasyon değerleri ve diğer ilçelerin radyasyon değerleri incelendiğinde, Çine ilçesinin radyasyon değerleri yüksek kalmaktadır. Buda kurulumu yapılacak olan projenin beklentileri karşılması açısından olumlu yönde kullanılacak parametreler arasında yer almaktadır.

Global radyasyon değeri güneş ışınlarının dünya yüzeyine çarparken yatay ve dikey olarak düşen miktarı gösteren bir ifadedir. Güneş enerjisi panellerinin enerji üretimi yaparken üzerine düşülmesinin önemi bu sebepten kaynaklanmaktadır. Daha öncede bahsettiğimiz direk ışınların düşme açıları direk olarak ya da difüz dediğimiz yatay şekilde olabilmektedir. Işınım olayı olurken herhangi bir engel ile karşılaşılması direk radyasyon olayına maruz

kalinmasına sebep olur. Ancak herhangi bir engel ya da bulut faktörü işin içine girdiği zaman bu hem fotonun enerjisinde azalmaya hem de üretimdeki orana etki etmektedir. Kısaca bu iki tip radyasyon olayının toplamı bize şekillerde incelediğimiz global radyasyon oranlarını sunmaktadırlar. Bu değer, piranometre denilen bir araç yardımıyla ölçümü gerçekleştirilmektedir (Kökey, 2013).

Üretim için önemli olan bir diğer konuda güneşlenme süresidir. Güneşlenme süresi ne kadar fazla ise elektrik üretimi de o derece fazla olacaktır. Aydın ili için ve Çine ilçesi için güneşlenme süresi Şekil 3.5'te gösterilmiştir.



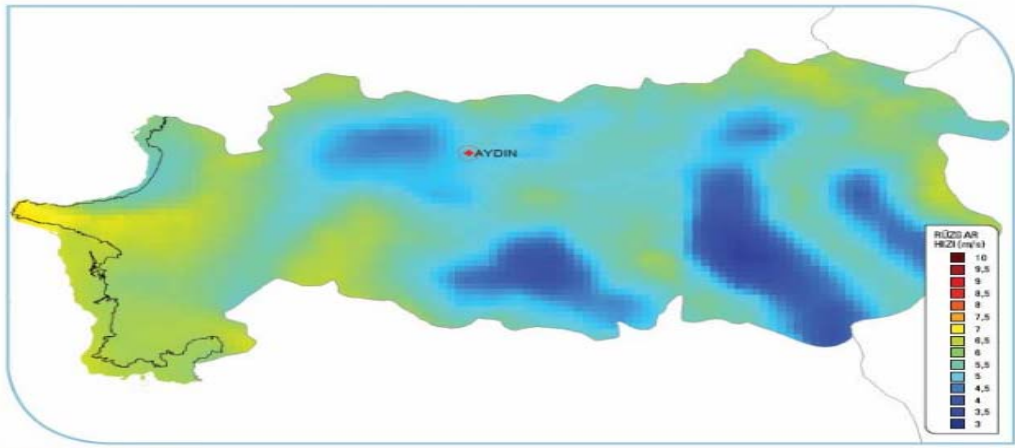
Şekil 3.5. Aydın ili ve Çine ilçesi güneşlenme süresi (YGEM, 2018)

Güneşlenme süreleri kıyaslamalı olarak hem Aydın hem de Çine için Şekil 3.5'te görülmektedir. Aynı il sınırları içerisinde dahi olsa ilçelerin birbirleriyle olan

radyasyon ve güneşlenme süreleri farklılıkları ufak değerlerde de olsa kurulacak santralin verimine etki etmesi beklenmektedir.

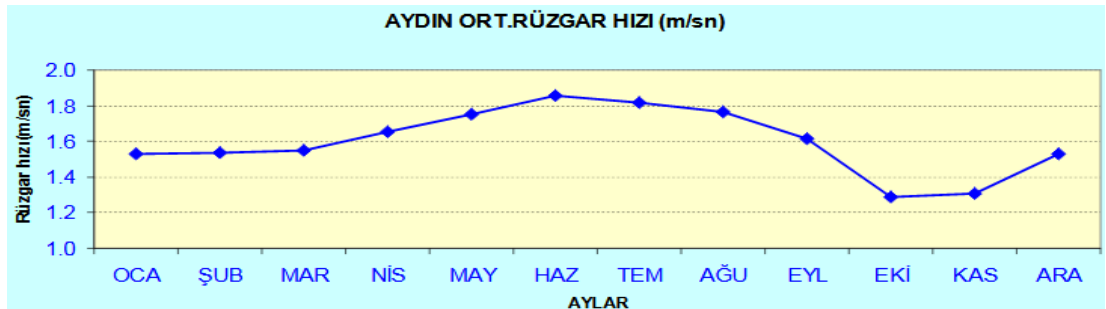
MGM (Meteoroloji Genel Müdürlüğü) Türkiye güneşlenme süresi ortalamasını 2017 yılındaki ölçümlerinde 6.99 saat/yıllık bir oran açıklamıştır (MGM, 2017). Buna kıyasla il ve ilçenin son zamanlardaki güneşlenme değerleri yatırım için ve santraldeki enerji üretimi için elverişli olarak görülmektedir.

Bir diğer faktör bölgedeki rüzgâr haritası ve hâkim rüzgâr yönlerinin araştırılmasıdır. Şekil 3.6'da Aydın için rüzgâr hızı dağılımı verilmiştir.



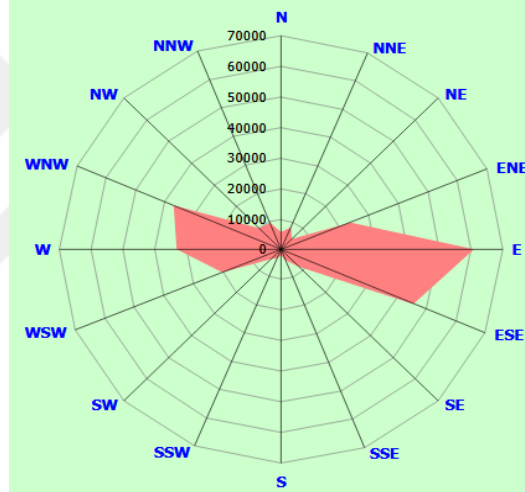
Şekil 3.6. Aydın ili rüzgâr şiddeti şeması (YGEM, 2018)

Çine bölgesinin bulunduğu alandaki genel anlamdaki hâkim rüzgâr şiddeti 3 m/s ile 5 m/s arasında değişmektedir. Yine Aydın için genel ortalama rüzgâr hızını gösteren değerler şekil 3.7'da gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Aydın ili ortalama rüzgâr şiddeti (MGM, 2018)

Rüzgar faktörünün güneş enerji santralleri için önemli bir yeri vardır. Çünkü bilindiği gibi güneşten gelen fotovoltaik ışınlar panel üzerinde enerjisini aktardıktan sonra ister istemez ısı değişimi yaşamaktadır. En basit anlatımla, yaz aylarında Güneş'ten gelen ışınların geliş açısı değiştiği için her canlıda olduğu gibi sıcaklık hissiyatı artmaktadır. Bununla birlikte ısınan panellerde sıcaklık ve panel verimliliği ters orantılı olduğu için fotovoltaik panellerde ufakta olsa verim kayıplarına sebep olabilir. Bunun dengelenmesinde de doğa olaylarından rüzgâr oldukça önemlidir. Çünkü doğal olarak gerçekleşen esinti azda olsa bir sıcaklık düşüşüne sebep olabilir. Panellerin arasında havalandırma yollarında herhangi bir engel olmaması bu husus yüzünden önemlidir. Şekil 3.8'da Aydın ili için hâkim rüzgâr yönü belirtilmiştir.



Şekil 3.8. Aydın ili hâkim rüzgâr yönü (MGM, 2018)

Şekil 3.8'da Aydın için gösterilen hâkim rüzgâr yönü genel olarak değişkenlik gösterebilmesi durumları dışında doğu yönündedir. İkincil rüzgâr yönü de batı kuzey batı doğrultusundadır. Ayrıca kurulacak olan güneş enerji santralinde projelendirme aşamasında panelleri taşıma işlemini yapacak olan çelik konstrüksiyon ya da herhangi başka sistem için rüzgâr yükünün bilinmesi ve buna karşılık montaj tipine karar verilmesi de başka önemli bir husustur. Diğer mekanik durumların hepsi göz önüne alınıp mekanik tasarım tamamlanır. Hâkim rüzgâr yönlerini bilmek tasarımı yaparken yükün PV masalarına hangi yönden vuracağını anlaşılmasında gereksinim duyulan bir başka husustur.

Sıcaklık hususunda da daha öncede belirtildiği gibi, belirsiz bir verim analizinden kaçınmak için bölgesel sıcaklık değerleri ve kurulumu yapılacak ekipmanların bunlara dayanıklılığı anlamında seçiminin doğru yapılması gerekmektedir. Şekil 3.9'da geçmişten günümüze aylara göre ortalaması alınan değerler görülmektedir.

AYDIN	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ölçüm Periyodu (1941 - 2018)													
Ortalama Sıcaklık (°C)	8.1	9.4	11.8	15.9	20.9	25.8	28.4	27.6	23.5	18.4	13.4	9.5	17.7
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	13.0	14.7	17.8	22.7	28.2	33.3	36.0	35.7	32.0	26.2	19.8	14.4	24.5
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	4.3	5.0	6.7	10.1	14.2	18.1	20.5	20.3	16.7	12.7	8.8	5.7	11.9
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	4.1	4.6	5.9	7.2	8.5	10.1	10.8	10.3	9.0	6.9	5.0	4.1	86.5
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	12.8	10.5	9.7	8.3	6.2	2.4	0.7	0.6	2.0	5.6	8.2	12.8	79.8
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	116.5	93.8	71.1	48.2	35.7	13.9	3.7	2.5	12.8	43.8	83.3	121.7	647.0
Ölçüm Periyodu (1941 - 2018)													
En Yüksek Sıcaklık (°C)	23.2	27.4	32.4	35.4	41.5	44.4	44.8	43.8	43.3	38.0	30.7	25.9	44.8
En Düşük Sıcaklık (°C)	-11.0	-5.4	-5.0	-0.8	4.6	8.4	13.4	11.8	7.6	1.6	-4.7	-5.3	-11.0

Şekil 3.9. Aydın ili genel istatistik verileri (MGM, 2018)

Şekilde görüldüğü gibi 1941 ve 2018 yılları arasındaki aylara göre ortalama sıcaklık verileri özellikle yaz aylarında yükselmektedir. Verilerden öğrenilen bilgiler bölgedeki en yüksek sıcaklık değerinin 44.8°C, en düşük sıcaklık değeri de -11°C'dir. Çevresel faktörlerin etkisi bu değerler analiz için kullanılacaktır.

Yağış durumu paneller ya da santraller açısından olumsuz bir etki olarak görülmemektedir. Yağış, sahadaki özellikle kurak aylarda tozlanma ve verim azalmaları göz önüne alındığında yatırımcıların panelleri temizletme masraflarından kurtarması için olumlu sayılabilecek yanlarındandır. Bunun dışında zemindeki doğal habitatın büyüme durumunu göz önüne alırsa nadirde olsa temizlik hizmeti yapılması santralin uzun vadeli açıdan faydasına olacaktır.

Sahada kurulumu yapılacak tesis için düzeltme ve hafriyat işlemleri en az olacak şekilde doğal halinde kalmasına özen gösterilerek yapılmıştır. Santralin kurulum öncesindeki görünümü Şekil 3.10. de gösterilmektedir.



Şekil 3.10. Yatırım öncesinde sahanın durumu

3.1.4. Santral kurulumunda kullanılan ekipmanlar ve yöntemler

Bu bölümde sahalarda kullanılan ekipman ve yöntemlerden bahsedilecektir. Yöntem ve ekipmanlardan en uygun olanının seçilmesi, nedenleri ve sonuçları irdelenecektir. Sahada kullanılan sistemlerle mevcut sektördeki hizmetler karşılaştırılarak aradaki fark daha iyi anlaşılacaktır.

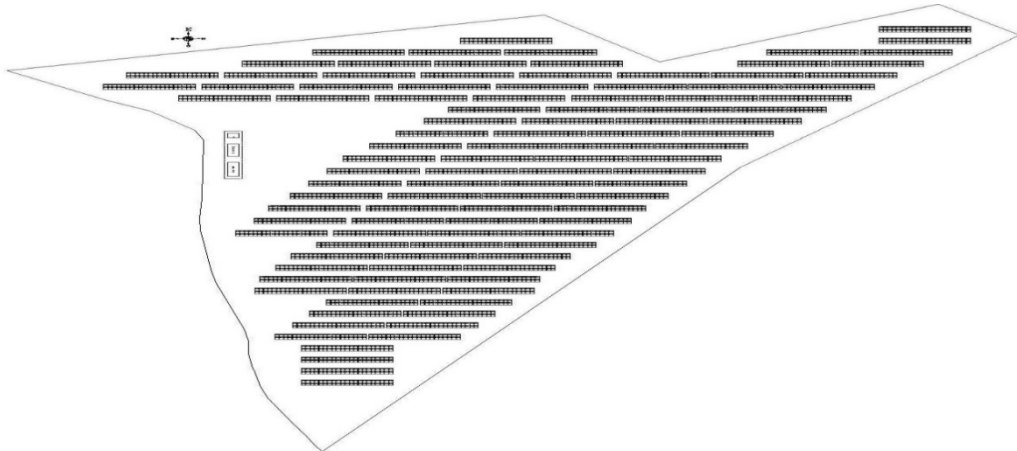
Sahanın etüt çalışmalar ve çevresel faktörler göze alınarak tüm veriler birlikte santralin projelendirme kısmı başlamış olmaktadır. Projelendirme kısmında öncelikle elektriksel ve statiksel hesaplamaların tamamlanması gerekmektedir. Arazi olanakları ve zemin etütlerine göre arazide uygulanacak olan yerleşim

planı dikkatlice yapılması gerekmektedir. Bu çalışmalar yapılırken panellerin taşıyıcı sistemlerinin sıraları birbirleriyle gölgelenme yapmaksınız yerleştirilme yapılması gerekmektedir. Güvenlik payları ve servis yollarını da düşünerek, istenilen güce göre hazırlanması gerekmektedir.

Panellerin iskelet üstüne yerleştirilmesinden önce boş zemine konstrüksiyon doğru bir şekilde yerleştirilmesi gerekmektedir. Buradaki açının yakalanması çok önem arz etmektedir. Çünkü bundan sonra güneş enerjisi panelleri azimut açıları doğru bir şekilde yerleştirilip seri şeklinde bağlanmaları işlemi gerçekleşecektir.

Bunların yanı sıra elektriksel hatların döşenmesinde ve bunların zarar görmeden yerin altına gömülmesinde, kablo kanallarının açılması ve kapatılması işlemleri uygulanmaktadır. Bunlar yapılırken yönetmelikteki direktiflere uygunluk hem can güvenliği açısından hem de tesisin uzun süre sorun yaşamaksızın üretime devam etmesi açısından çok önemlidir.

Şebeke ve güneş enerji santrali arasında iletimi sağlayan hatlarda en az santral kadar önemlidir. Gerekli izinler ve hatların geçeceği yollar önceden belirlenip düzenlenmeli, herhangi bir kural ya da sınır ihlaline düşmeden şebekeye bağlantı sağlanmalıdır. Tüm bu işlemler için başlangıç olarak sayılan genel yerleşim planı şekil 3.11'de verilmiştir.



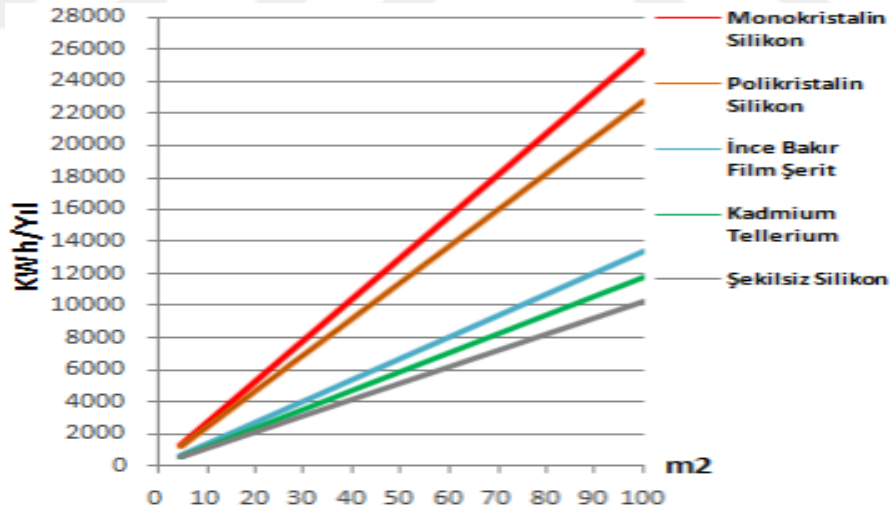
Şekil 3.11. Santralin genel yerleşim planı

3.1.5. Güneş panelleri

Daha önceki bölümlerimizde de bahsettiğimiz gibi Fotovoltaik piller ya da başka ismiyle güneş panelleri ışınların elektrik enerjisine dönüştürülmesinde kullanılmaktadır. Paneller istenilen elektrik üretimine ya da çıkış güçlerinde istenilen değere göre seri ya da paralel olarak bağlanabilirler. Bağlantı grupları projede hesaplamaların elverdiği ölçüde ya küçük güçteki çeviricilere ya da büyük ölçekli ama maliyeti küçük güçtekilere nazaran daha pahalı olan büyük merkez inverterlere bağlanmaktadır. Paralel ve seri bağlama şekillerine göre voltaj 12V ile 600V (volt) arasında değişebilmektedir.

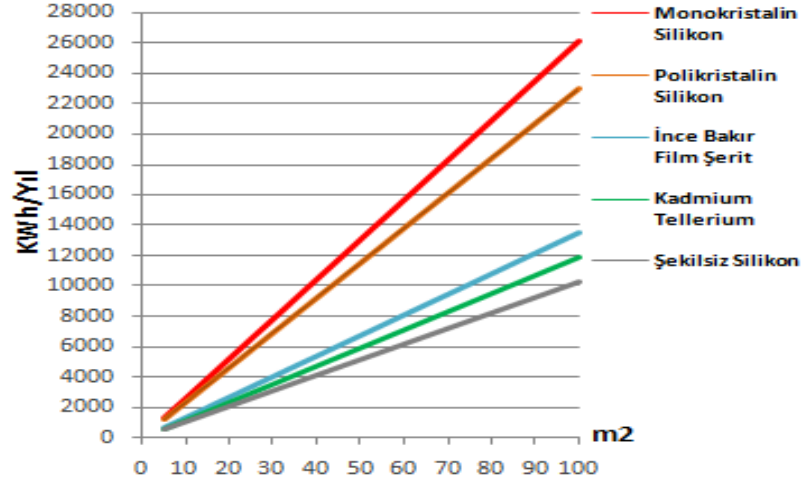
Panel çeşitleri olan monokristal, polikristal, ince film panellerinin dışında esnek solar panel türleri de vardır.

Aydın ve Çine ilçesinde kurulacak olan santralin panel çeşitleri arasındaki üretim değerlerini gösteren şekiller aşağıdaki gibidir.



Şekil 3.12. Aydın ilinde panel türlerinin yıllık enerji üretimi (YGEM, 2018)

Şekil 3.12’de görüldüğü gibi enerji üretim verimliliği açısından yüksek değerlere sahip olan monokristal yapıdaki panel çeşidi diğerlerine nazaran üretim değeri olarak yüksektir.



Şekil 3.13. Çine ilçesinde panel türlerinin yıllık enerji üretimi (YGEM, 2018)

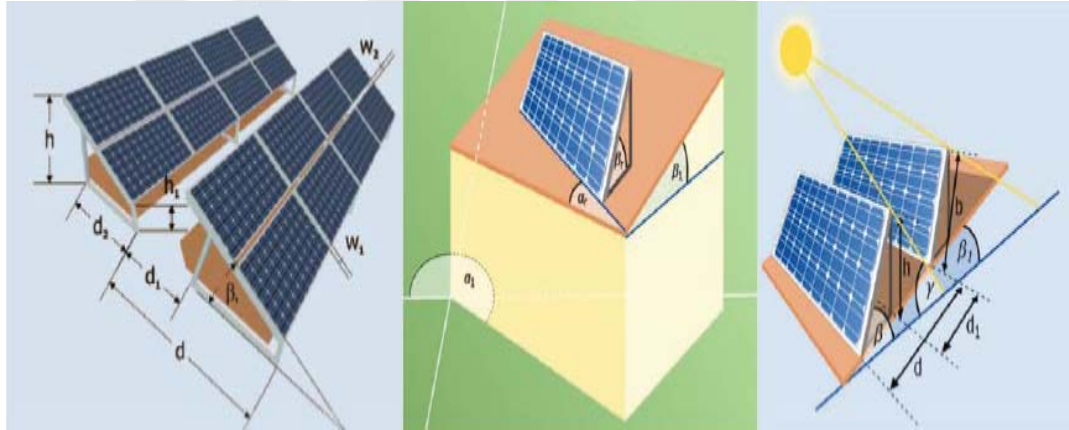
Şekil 3.13'te Çine ilçesinin aynı panel çeşitlerindeki belirli alan için yıllık üretim değerleri kWh/yıl değerinde gösterilmektedir. Bölgenin daha öncede incelediğimiz radyasyon değerleri, güneşlenme süreleri gibi değerleri diğer ilçelere göre daha yüksek değerdedir. Bu sebeplerden dolayı ortalama aydın değerinde görülen monokristal panel türü için yıllık 26.000 kWh üretim yapmaktayken, Çine ilçesinde monokristal panel türü için bu değer 26.000 kWh 'ten daha yukarı bir değer aldığı görülmektedir. Aynı şekilde polikristal yapıda üretim enerjisi bakımından daha üst seviyededir. Bu üretim değerlerini tam anlamıyla elde etmek için santral kurulumunda çeşitli faktörlere dikkat edilmesi gerekmektedir. Bunların başında gölgelenme faktörü gelmektedir. Bir diğer hususta panel üstünde verime etki edecek toz ve kir tabakasıdır.

Güneş paneli teknolojisinde karşılaşılmamak istenen olaylardan en önemlisi gölgelenme riskidir. Bu riski en aza indirebilmek için güneş panellerinde Bypass diyotlar kullanılır. Sistemde ya da herhangi bir çeviriciye bağlı olan panel grubunda geçici süre gölgelenme olduğu zaman üretim seri içindeki en düşük gücü üreten bölüme göre çalışır. Bu gölgelenme giderilmediği zaman üretimsel olarak düşüşe neden olur çünkü sistemde dengesizlik olmaması adına ve herhangi bir arıza yaşanmaması adına üretim seride en düşük üretimsel değere göre yapılır. Bu olayları engellemek adına akım geçici gölgelenme süresinde diyot üstünden geçer böylece güç düşüşü engellenmiş olur.

Tüm bu panel çeşitleri ve teknolojisi içinde Çine ilçesinde kurulacak olan santralde yatırım maliyeti ve uygunluk açısından polikristal panel çeşidi kullanılması kararlaştırılmıştır. Paneller iki sıra dikey şekilde olacak biçimde kurulumu gerçekleştirilmesi uygun görülmüştür. Toplamda bütün güneş enerjisi santrali için 4536 adet 270 W (watt)'lık güneş paneli kullanılması düşünülmektedir.

3.1.6. Panellerin kurulum türleri

Güneş panellerinde elektrik üretimi alanında kurulum yapılabilen yerler en başta arazi tipi santrallerin kurulumu akla gelmektedir. Bunun dışında çatı üstü uygulamaları da fabrika, tesis ya da elektrik açısından öz tüketime sahip her yer için uygulanabilmektedir.



Şekil 3.14. Panel kurulumları (Koçak, 2018)

Şekil 3.14'te görüldüğü üzere panel montaj detaylarında tasarımcı kurulumu yapılacak olan türe göre detaydaki değerleri dikkate alarak sağlıklı bir kurulum tasarımı yapabilmektedir. Şekilde belirtilen; W_1 : Panel dikey aralığı, W_2 : Panel yatay aralığı, h_1 : Alt kenar yüksekliğini belirtmektedir. β_r : Montaj açısı β_1 : Montaj yüzeyinin eğimini, α_r : Montaj yüzeyinin yönünü temsil etmektedir. d : Satır aralığını d_1 : Montaj destek açıklığını, $d-d_1$: Sıra derinliğini, b : panel genişliğini, h : montaj yüksekliğini, γ : Güneş yükselme açısını belirtmektedir (Koçak, 2018). Montaj destek açıklığının gölgelenme etkisinde güvenlik faktörü

ve tolerans değerleri de göz önüne alındığında, bırakılması gereken mesafe uzunluğundan eğer alan müsaitse daha uzun bırakılması, montaj boyunca gereksinim duyulacak olan alanın çalışanlara verilmesini sağlayacaktır. En basit rneği olarak sahaya getirilen panel kutularının daha hızlı ve seri Şekilde herhangi bir kazaya ve kırılmaya yol açmadan çalışılacak alana dağıtılması hususunda çalışacak olan iş makinelerine kolaylık sağlayacaktır. Bu Şekilde hem iş daha hızlı ve kolay Şekilde tamamlanacak hem de gölgelenme riski güvenlik faktörleri sebebiyle daha da garantiye alınmış olacaktır.

Kurulum Şekilleri ne olursa olsun panellerin kullanılacağı yer öncelikle incelenmelidir. Sistem dayanıklı, kolay kolay yerinden çıkmayacak Şekilde kurulması gerekmektedir. Montaj sırasında devrilme ve kayma kazaları dikkat edilmesi gereken hususlardandır.

3.1.6.1 Arazi montajı

Arazi uygulamalarında günümüzde lisanssız güneş enerji santrali ve lisanslı güneş enerji santrali olmak üzere iki çeşit tr bulunmaktadır. Bu tip uygulamalarda elektrik üretimi çatı uygulamalarına nazaran çok daha yüksek değerlerdedir. Günümüz kanunlarının lisanssız güneş enerjisi santralleri için limiti 1 MW (megawatt) tır.

Yatırımcı ya da yüklenici firma yetkili kişileri gerekli izinler için devlet organlarına başvururlar. Ama ilk başvuru tesisin kurulacağı bölgedeki enerji dağıtım Őirketiyle başlamaktadır. Şekil 3.15'te illerin bağlı olduğu enerji dağıtım Şirketleri verilmiştir.



Şekil 3.15. Enerji dağıtım şirketleri (TEİAŞ, 2018)

Başvuru işlemi ve gerekli incelemeler sonrasında çağrı mektubu dediğimiz bir belge kurum tarafından verilir. Bu belge devletin size tanıdığı süre zarfı içinde santral kurulumunu yapmanızı hangi teknik yöntemlerin kullanılması gerektiğini ya da şebeke içinde nereye bağlantı yapılacağını söyleyen bir belgedir. Çağrı mektubu alınması ya da alınmaması durumlarında devletin kapasitelerindeki boşluk durumu da önemlidir.

Aydın ilinde gerçekleştirilecek olan santral için başvuru süreci AYDEM EDAŞ (Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi) tarafından yapılmaktadır. Gerekli belge ve başvuruların tamamlanması, projelerin çiziminin onaylanması, çağrı mektubu alınması işlemlerinde sonra projenin geçerli süre içerisinde yapılması işlemine geçilmektedir. Bu işlemler yapılırken sahanın herhangi bir kurum ya da kuruluşun arazisinden geçilip geçilmediğine bakılır. Enerji nakil hatlarının yasak bölgelerden geçmemesi, maden arazisi olmaması, tarıma elverişli arazi olmaması gibi hususlar dikkate alınmalıdır.

Sahada kurulum işlemine başlanmadan önce uzmanlar tarafından sahaya teknik geziler düzenlenerek durumu ve yapılacaklar çizelgesi hazırlanmaktadır. Bunlardan daha önemlisi bu geziler sırasında güneş enerji santralini iskeletini ve taşıyıcı sistemini oluşturacak materyallerin sahaya monte edilmesinde kullanılacak yöntemlerin belirlenmesi gerekmektedir. Zemin etüdü ve teknik geziler sonrasında uzman kişiler, saha zeminin durumuna göre ve mekanik

tasarımı yapılan projeye göre iskelet sisteminde sahaya çakma işlemi ile mi monte edileceğine yoksa betonlama işlemi ile mi monte edileceğine karar vermektedirler.

Uygulanan konstrüksiyon metotları şekil 3.16’da gösterilmektedir.



Şekil 3.16. Konstrüksiyon kurulum şekilleri (Kocakuşak, 2018)

Arazi kurulumlarında zemine oturtma işlemlerinde iki yöntem vardır. Birincisi betonlama, ikincide çakma işlemidir. Maliyet bakımından hangisi uygunsa o seçilebilir. Bunun dışında hem delme hem de betonlayıp çakma işlemi vardır. Betonlama işleminin bir diğer artısı kullanılan malzemenin toprakla olan bağlantısı kesildiği için nitekim daha uzun ömürlü ve korozyondan etkilenmeyecek bir montajlama yapılmasını sağlamaktır. Bu daha masraflı sayılabilecek bir işlemdir ancak hem sağlamlık hem de uzun ömürlü bir santral iskeleti için uygulanan yöntemlerdendir. Sonuç olarak panel taşıyıcı sistem ne kadar güçlü ve düzgün monte edilirse o kadar sağlam bir santral kurulmuş olacaktır.

Arazi en son, uygulamalı olarak testler ve raporlardan sonra santralin kurulum yapılacağı alan içinde çakma ve çekme testlerine tabii tutulur. Bu testler de örnek çelik galvaniz ayaklar toprağa çakılarak hangi süre içinde ne kadar

kuvvetle yerin altına çakılabilmektedir diye bakılır. Newton/metre değerinde ölçülen bu değerlerde arazinin durumuna göre değişiklik göstermektedir. Genel anlamda 800 ile 1500 arasındaki değerler bu test için olumlu sayılabilecek değerlerdendir. Test yapılırken konstrüksiyon ayakları olabildiğince zorlanarak dayanıklılıkları sınanmaktadır. Eğilme, bükülme anları dayanım saniyesi ya da deformasyon süresi şeklinde raporlanmaktadır. Test işlemleri sırasında ve çakma işlemi sırasında kullanılan makine örneği Şekil 3.17’de gösterilmiştir.



Şekil 3.17. Çakma işlemini uygulayan makinelerden gayk (Erenetürk, 2019)



Şekil 3.18. Konstrüksiyonu hazırlanmış saha (Sbs, 2019)

Şekil 3.18’de çakma işlemi bitmiş bir saha örneği gösterilmektedir. Kalıp beton yöntemi kullanılarak yapılmış bir saha örneği Şekil 3.19’de gösterilmiştir.



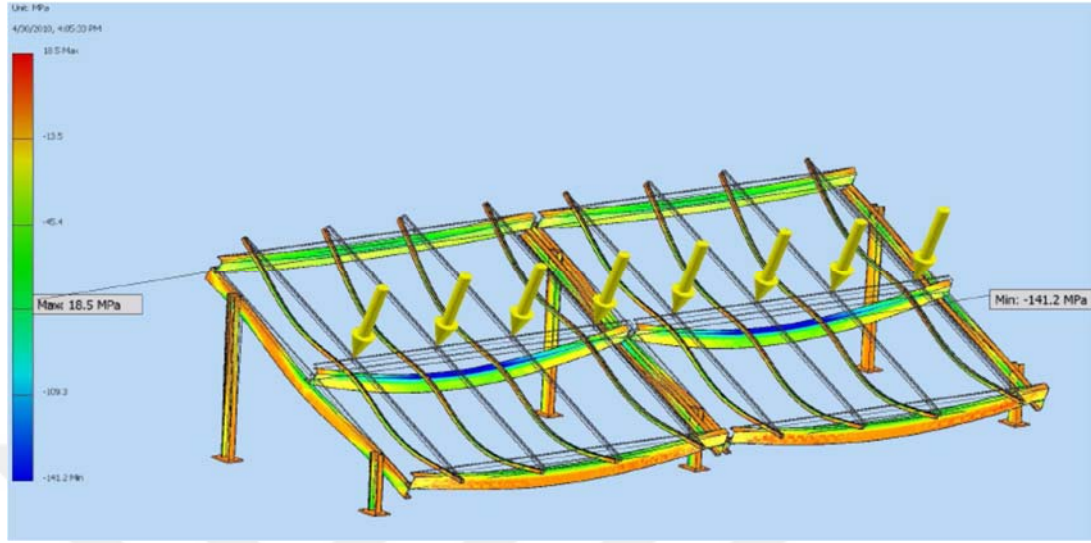
Şekil 3.19. Kalıp beton yöntemi uygulaması (Üçasolar, 2019)

Şekil 3.20’de her iki yöntem ve delme yöntemiyle hazırlanmış saha örneği gösterilmiştir.



Şekil 3.20. Delme, çakma, beton uygulaması (Solarçelik, 2019)

İskeletin sağlamlığını test ederken rüzgâr ve kar yüklerini de unutmamak gerekmektedir. Şekil 3.21’te yük testi örneği gösterilmiştir.



Şekil 3.21. Yük ve bükülme testi (Girgin, 2011)

Santrallerde konstrüksiyon malzemesi olarak çelik ve alüminyum malzemeler kullanılmaktadır. Çelik malzemeler daldırma havuzlarında galvanizleme işlemine maruz bırakılarak aşınma yıpranma ve en önemlisi korozyona karşı koruma altına alınmış olmaktadır. Çelik olan güneş paneli taşıyıcı sistemlerin gri rengi buradan kaynaklanmaktadır.

Çine sahamızda galvanizli çelik panel taşıyıcı sistemi kullanılmıştır. Sahadaki uygulamada çelik galvanizler direk olarak zemin şartlarının uygun olmasından ötürü toprağa çakma metodu ile sabitlenmiştir. Çakma ve çekme testi değerleri 1000 Newton/metre civarında ölçülmüştür.

Arazi montajlarından son olarak bahsedilecek yöntemlerden biride tek ayaklı sehparın kurulumu için yapılan montaj türüdür. Bu yöntem ayçiçeği gibi güneşi takip eden sistemlerde daha çok görülmektedir. Tracker sistemi olarak da bahsi geçen sistemler gün içerisinde güneşten gelen ışınlamaları doksan derece ve buna yakın şekilde almak için tasarlanmışlardır.

Bu sistemlerde takip sistemi için ayrı bir yazılım ve motor aksamı da gerek duyulduğu için maliyetleri yüksektir. Bakımları sabit sistemlere göre biraz daha fazla olmaktadır ancak verimlilik açısından sabit sistemlere göre daha iyi performansa sahiptirler.

Motorlu tracker sistemlerinin yanında alternatif olarak manuel tracker dediğimiz sistemlerde sahalara kurulmaktadır. Bu sistemlerde de yatırımcı mevsimsel olarak tüm sahanın aalarını değiştirebilmektedir. Yani ışınları daha yatay geldiği kış aylarında panel derecelerini geliş açısına göre düzenleyip daha çok verim almayı hedefleyebilir. Bu kurulum çeşidinde de tek ayak özelliği kullanılmaktadır. Bakım masraflarından ziyade mevsimsel tüm kurulan sahanın aı değişimini yapmak ayrıca bir masraf gerektirmektedir. Ancak artı tarafı sabit sistem gibi ortalama açı değerinde de bırakılabilme şansı vardır. şekil 3.22'de tek ayaklı tracker sistemi gösterilmektedir.



şekil 3.22. Tracker sistemi (Phys, 2019)

3.1.7. İverter seçimi

Bilindiği gibi eviriciler, sistemlerde DC (Direct current) ya da doğru akım olarak panellerde de üretilen elektrik enerjisinin, AC (Alternative current) ya da alternatif akım olarak bilinen evlerde kullanabildiğimiz 220 voltluk elektrik enerjisine dönüştürmektedirler. Uzaktan izleme sistemleri ile sahalardaki bu üretim çeşitleri izlenebilmektedir. Evirici standartları hem izleme hem de sistemin korunması açısından çok önemlidir.

Evirici sistemlerinde özellikle saha kurulumlarında merkezi inverter ya da bölünmüş inverter modelleri kullanılmaktadır. Merkezi inverterde kurulumu yapılan saha seri bağlantıları tek bir inverterde toplanıp şebekeye verilmek üzere gönderilebilmektedir. Ama bu tarz durumlarda paneller arasında bağlantıyı sağlayan DC kablolar daha uzun tutulacağı için ve bu kablolar AC kablolarına göre daha hassas olduğu için ilerleyen zamanlarda sorun yaratabilmektedir. AC kablolar toprak altından nitekim daha korunaklı olarak ilerlemektedir. DC kablolarında maliyet düşük olabilir ama ufak çaplı sorunlar santralin ömrünü kısaltabilmektedir. Bu ufak çaplı sorunların neden ve nerede olduğunu bulmakta bakım onarım anlamında gecikmelere sebep olabilmektedir.

Dizi şeklindeki inverter kullanımlarında ise DC kablolar üretim için kısımlara ayrılır böylece hem izlemesi hem de herhangi bir sorunda müdahale edilmesi daha kolay olacaktır. Merkezi inverterin sorun çıkardığı zamanlarda sistem tüm olarak kapatılmak zorunda kalınmaktadır. Dizi sisteminde ise sadece sorunlu olan kısım kapatılıp, onarımı yapıp, devreye tekrardan sokulabilmektedir. Dizi sisteminde AC kablolarına biraz daha uzun tutulmak zorunda kalınabilir. Bu durum kablolarına için maliyet açısından daha fazla yatırım anlamına gelmektedir. Şekil 3.23'da merkezi inverter modeli gösterilmektedir.



Şekil 3.23. Merkezi inverter sistemi (Voltimum, 2019)

Şekil 3.23'da görüldüğü gibi tüm sahanın üretimi ABB firmasına ait tek bir inverter modelinde toplanmıştır.



Şekil 3.24. dizi tipi inverter sistemi (Esn, 2019)

Şekil 3.24'de görüldüğü gibi string ya da dizi oluşturularak kısım kısım toplanmış olan serilerin invertere bağlanma şekilleri gösterilmiştir. Seriler mppt denilen maximum power point tracker olarak adlandırılan izleme girişlerine sokulmaktadır.

Çine sahamızda da hem maliyet hem de yatırım bütçesine uygun olması adına dizi sisteminde kullanılan inverter seçeneği kullanılmıştır. Bu sayede DC kablolamada tasarruf sağlanmak amaçlanmıştır. Ayrıca ileride oluşabilecek arızalarda hemen müdahale seçeneği göz önüne alınmıştır.

Sistemde 36 adet ABB şirketine ait 27.6 kW (kilowatt) gücünde inverter seçeneği kullanılmış olup, diziler 21 sıralı olarak mppt girişlerine bağlantısı sağlanmıştır. Kullanılan inverter güvenlik sistemlerinde kendi içinde ufak bir trafo sistemi bulunduran inverter tipi seçilmesi uygun görülmüştür. Böylece üretilen enerjide doğru akım ile alternatif akım arasında yalıtım görevi görmüş olacaktır. Kayıplar daha da azalmış olacak ve verimin düşmemesi sağlanacaktır.

3.1.8. Kablolama

Kurulacak olan sahalarda kablolama bir başka önemli konudur. Projelendirme kısmından sahada uygulama kısmına kadar her aşamada kablo kısmı gündemde olan önemli kısımlardandır. Üretilen enerjinin sağlıklı şekilde iletilmesi, kabloların düzgün şekilde bulunduğu kısımla bağlantılanması ile sağlanmaktadır.

DC kablolar panellerin birbirleri ile olan bağlantısında kullanılmaktadır. Santrallerin kullanım sürelerinin 25 yıl olduğu göz önünde bulundurulursa, kabloların bu konuda dayanıklı bir şekilde üretime destek vermesi çok önemlidir. Sıcaklık ve yüksek ışıınımdan etkilenmemeleri için DC kablolar panel altlarından götürülmektedir. AC kabloları da DC kablolarına göre çap olarak çok daha büyük olduğundan, yer altından iletimi sağlanmaktadır.

DC kabloların sahadaki ekiplerce güzel muhafaza edilmesi ve güvenlik önlemlerinin alınmış olması bir başka konudur. Maliyet bakımından kablolar üst sıralarda yer almaktadır.

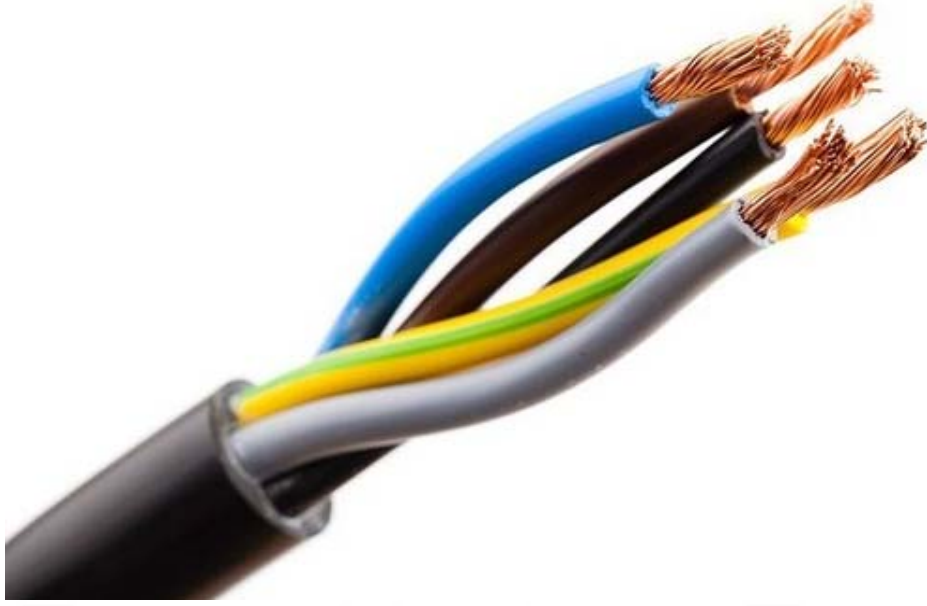
DC kabloların kurulumunda öncelikle mekanik ekibi ardından da elektrik ekibinin girmesi daha avantajlıdır. Elektrik ekibi mekanikçileri etkilemeyecek şekilde kablo kanalı çalışmalarını yürütebilir. Mekanik aksam tam olarak oturtulduktan sonra DC kabloların bağlantısının yapılması, mekanikçilerin sistemlerini kurma sürecinde cıvatalarını sıkarken herhangi bir sıkışma ve DC kablolarda deformeye neden olmaması için çok önemlidir. Fark edilmeyen deformeler ark atlamalarına ve sistemin arıza vermesine sebep olabilmektedir.

Şimdiki teknolojilerde tedarikçiler yüksek ısı ve sıcaklıklara dayanıklı kablo üretimleri gerçekleştirebilmektedirler. AC kablolar içinde bazı yatırımcılar ayrıca kabloları koruyucu başka bir boru sisteminden de geçirmektedirler.

Solar kablo görünümleri şekil 3.25 ve 3.26'da gösterilmektedir.



Şekil 3.25. Solar DC kablo örneği (Hepsisolar, 2019)



Şekil 3.26. Solar AC kablo örneği (İndiamart, 2019)

3.1.9. Köşk trafo merkezi

Santrallerde enerji üretimi yapıldıktan sonra enerji transferini şebekeye sağlamak maksadıyla kurulan yapılardır. TEİAŞ'ın bu kapsamda öngördüğü güvenlik ve kurulum şartnamelerine uygun şekilde, daha önce yerleri belirlenmiş olan köşkler vinç yardımıyla sahaya yerleştirilirler.

Ana toplama panosu, trafo, giriş ve çıkış hücreleri, kesici hücreleri köşkün içindeki ekipmanlardandır. Sahadaki tüm kablolamalardan ve toplama panolarından gelen enerji burada bir noktada toplanarak trafoya iletilmektedir. Trafoda istenen voltaj değeri ne ise enerji buna dönüştürülebilmektedir. Köşkün içindeki diğer hücrelerde santralin ve şebekenin güvenliği için bulundurulması zorunlu olan kendine has görevleri olan hücrelerdir (Kocakuşak, 2018). Şekil 3.27'da köşk görseli gösterilmektedir.



Şekil 3.27. Köşk trafo merkezi (Eltes, 2019)

Saha kurulumlarında yukarıda bahsedilen bütün ekipmanlar için ayrı ayrı toplama panoları ve köşk gibi yapılar oluşturulmak zorundadır. Çünkü santral ve şebeke buna bağlı olarak üretim gerçekleştirmektedir. Ancak çatı uygulamalarında genel anlamda öz tüketim karşılanacağı için bu tarzda herhangi bir gereksinime ihtiyaç yoktur. Gerekli olan trafo ve alt yapı kurulumu yapılacak yere bağlanılarak temin edilmektedir.

3.1.10 Çift yönlü sayaç

Her santral, işyeri, fabrika gibi üretim yapabilecek ve tüketim yapabilecek yapılar için bu araç kullanılmaktadır. Bölgesel elektrik dağıtım şirketi bu sayaç sayesinde santralin saat başına ürettiği enerji miktarını ölçmekte ve ay sonunda üretim, tüketim değerlerine göre fiyatlandırma yapmaktadır.

3.1.11 Yıldırım koruma

Güneş enerji santralleri genel olarak açık arazilere kurulan tesislerdir. Bu nedenle üretim amacıyla çalışan santrallerde bazen doğa koşullarından ötürü yıldırım düşmesi meydana gelebilmektedir. Çok yüksek miktarlarda enerji ile açığa çıkan yıldırımlar büyük hasarlara yol açabilmektedirler.

Herhangi bir kazaya ya da santralin çalışmasına engel olmamak adına güneş enerji santrallerinin hemen hemen hepsinde yıldırımdan koruma sistemleri bulunmaktadır. Parotoner sistemleriyle belirli aralıklarda konan bu koruma çubukları topraklama sistemleri ile santrale zarar vermeden yıldırımdan koruma sağlamaktadır.

Santrallerin sigortalanması işlemlerinde gereklilik olarak da yıldırım koruma sistemleri bulundurulması zorunluluktur (Girgin, 2011).

3.1.12 Enerji nakil hattı (ENH)

Güneş enerjisi santrallerinde ya da başka santrallerde fark etmeksizin enerji nakil hatları bir ağ sistemi gibi ülkemizde her alanda vardır. Evlerimize ulaşan elektrik bu sayede bizlerle buluşmaktadır.

Üretimi yapılan enerji nakil hattına iletiildiği zaman şebekedeki dengeye uyum sağlayarak TEİAŞ'ın o bölgedeki trafo merkezine gelmektedir. Buradan da yine nakil hatlarıyla bizlere ulaşmaktadır. Nakil hatlarında beton ya da örme direk sistemi kullanılmaktadır. Örme direk sisteminde öncelikle parçalar birleştirilir daha sonra da direğin ayakları betonlanarak sabitlenir. Makaralar yardımıyla da gerekli hat çekilerek en yakın trafo merkezine bağlanılır. Mesafe hat boyunca kayıpların azalmasını önlemek adına kısa tutulmalıdır. Uzun mesafeli nakil hatlarında kayıplardan dolayı hattı uzatmamak, dolandırmamak gerekir. Bunların yapılması aşamalarında kurulacak hattın yasaklanmış bölgelerden geçmemesine de dikkat edilmesi gerekmektedir. Şekil 3.28'de enerji nakil hattı kurulum örneği gösterilmektedir.



Şekil 3.28. ENH kurulumu (Raven, 2019)

3.2. PVSOL Analiz Programı ve Enerji Analizi

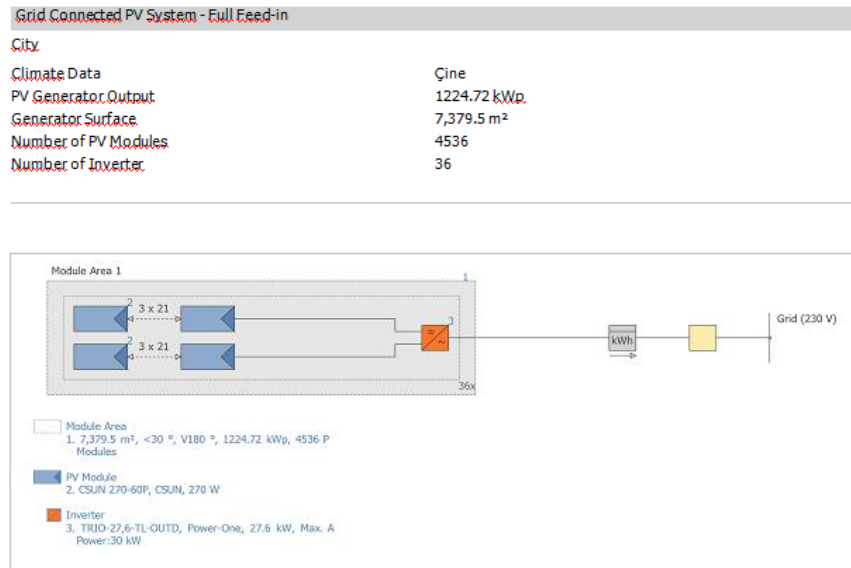
Güneş enerji santrallerinde yıllık olarak üretilecek enerji miktarının doğru şekilde hesaplanması, bir enerji santralinde maliyet ve yatırım öncesinde ve sonrasında tahminlerinin devam edebilmesi için ve doğru bir yatırım yapılmış olduğunu kontrol etmek için en önemli basamaktır. Bu anlamda kullanacağımız program dünya çapında birçok kullanıcısı olan ve doğru tahmin verilerini sunabilen PVSOL programıdır. Programda detaylı projelendirme ve üç boyutlu analiz seçenekleri bulunduğu gibi, üç boyutlu analiz yapmadan direk hesaplama kısımlarına da geçilebilmektedir. Bu program kendi içinde barındırdığı Meteororm programı dataları ile kurulumunu yapmak istenilen bölgede en yakın istasyon verileriyle birlikte hesaplamalar yapabilen bir program türüdür.

Veri tabanlarında 1986-2005 arasındaki sunuları barındıran sistem 8000 civarında iklim verisine sahiptir. Aynı zamanda program sahalarda sıkça kullanılan panel modellerini, evirici modellerini ve elektriksel bağlantı kombinasyonlarını yapmada imkân sağlamaktadır. İçerisinde de 13000 panel

modeli ve 3100 den fazla evirici modeli kayıtlı olan PVSOL programı kendini düzenli olarak güncellemektedir.

Sonuç tablolarında nakit akış verileri, üretim değer sonuçları detaylı şekilde gösterilmektedir. Sistemde kombinasyonu yapılan dizi ve inverter hesaplamaları için elektriksel değerleri birbirini desteklemiyorsa hata olarak göstermekte ve hesaplamaları kontrol etmeniz gerekmektedir.

Programda yapılan hesaplamalara göre Şekil 3.29'de Çine ilçesinde kurulacak olan güneş enerji santralinin ilk yıl elektrik üretim raporu sunulmaktadır.



Şekil 3.29. PVSOL sonucu

Şekil 3.29'den de anlaşılacağı gibi PVSOL'un kendi iklim istasyonlarından ve Çine için yaptığı hesaplamalar sonucunda santralin üretimi 1224,72 kWp olarak hesap edilmiştir. Kullanılan panel sayımız 4536 ve 270 kW 'lık paneller kullanılmıştır. 36 adet dizi inverter ile sistem elektriksel olarak bağlanmıştır.

Şekil 3.30'de yıllık üretim değerleri gösterilmiştir.

The yield	
Energy produced by PV System (AC)	2,071,982 kWh
Spec. Annual Yield	1,691.80 kWh/kWp
Performance Ratio (PR)	82.2 %
CO ₂ Emissions avoided	1,242,933 kg / year

Şekil 3.30. Yıllık üretim değeri

Çine'deki güneş enerji santralinin yıllık üretim değerleri enerji üretimi olarak 2.071.982 kWh olarak hesaplanmıştır. Yapılan bu üretimin çevre duyarlılığı ve doğaya katkısı çok önemlidir. Bu anlamda yıllık 1.242.933 kg CO₂ salınımını önlenmiş olunacaktır. Sistemin komple performans oranı ise, % 82.2 olarak PVSOL hesaplamalarında belirlenmiştir.

Sistem performansı, gerçek PV enerjisi ile teorik maksimum PV enerjisi arasındaki orandır. Gerçek PV enerjisi, AC üretiminin stand-by kullanımının hariç olan kısmını ifade etmektedir.

$$PR = \frac{[StbyHPV]}{[(MTI - (-YG)) \times MA \times MV]} \quad (3.1)$$

Performans oranının hesabında kullanılan değerler denklem 3.1'de verilmiştir.

Buradaki terimler;

PR : Performan oranı

StbyHPV : PV enerji (AC) stand-by kullanımı hariç kısmı

MTI : Modül üzerine gelen toplam ışın

MYI : Modül yüzey yansımaları

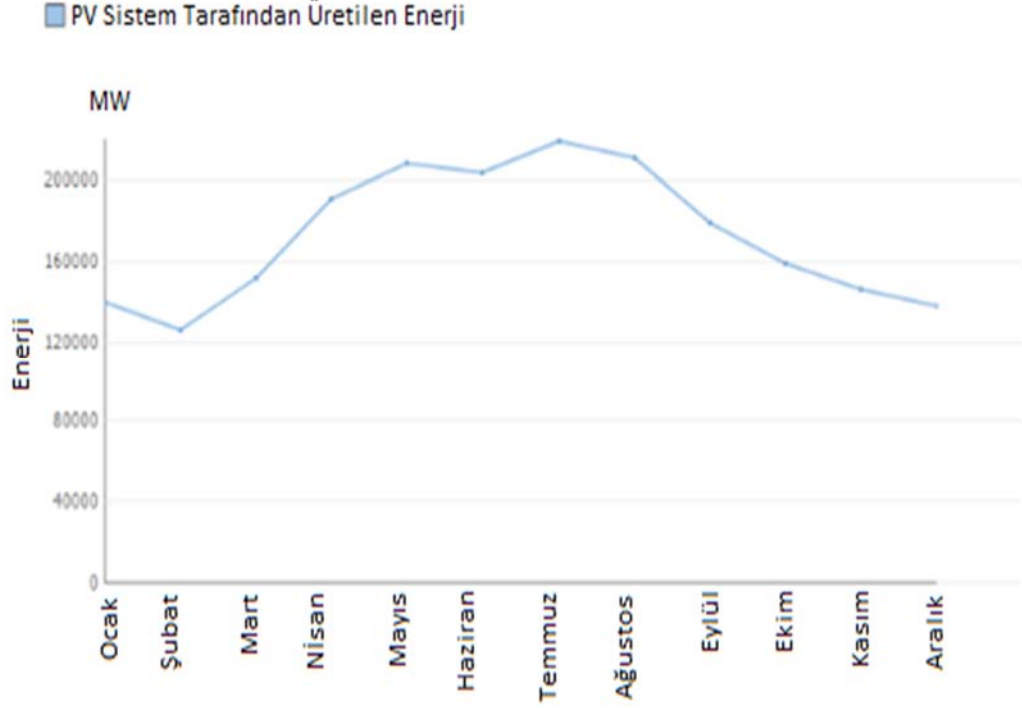
MA : Modül alanı

MV : Modül verimi olarak alınmıştır.

Bir yıl içerisindeki aylara göre ortalama üretim miktarını da PVSOL aracılığıyla görselleme olanağı bulunmaktadır. PVSOL daha önce de bahsedildiği üzere kendi sistemine ait meteorolojik bilgileri bu analiz için yapmaktadır. Yıllara göre aylık ortalama güneşlenme süreleri, ışın şiddetleri gibi ya da bulutlu ve yağmurlu gün sayısı ortalamaları daha önce bahsettiğimiz yöntemlerle

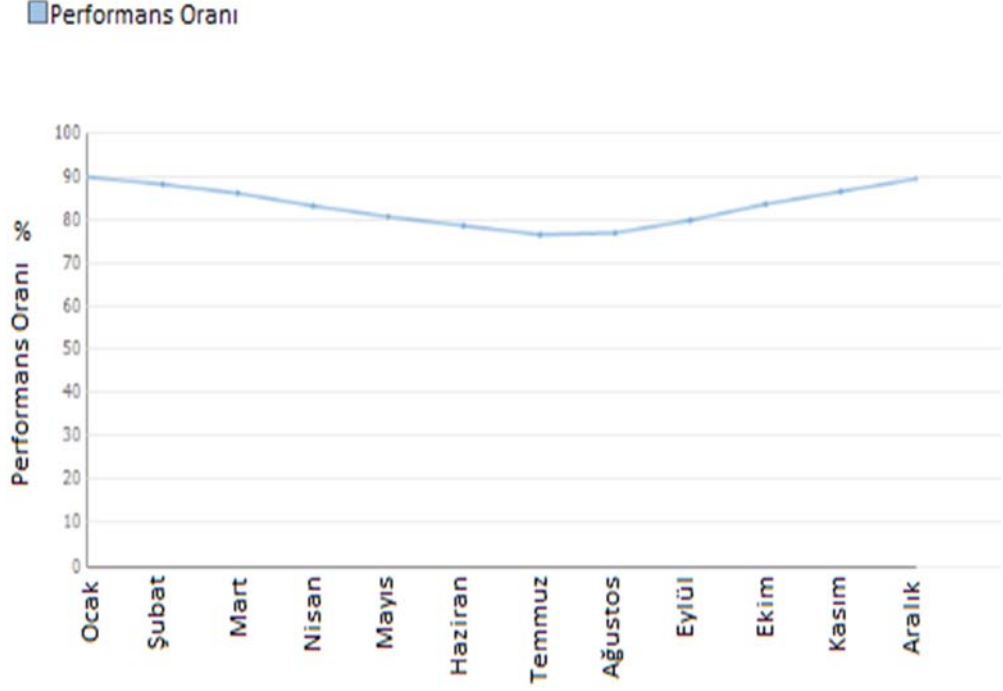
araştırılmıştır. Program sayesinde bu verilere ulaşabilmesi, grafik üzerinde daha kolay olmaktadır. Aydın ili genel anlamda güneşlenme ve radyasyon bakımından zengin bir skalaya sahip olduğu için değerler genel anlamda yüksek çıkmaktadır.

Aylık olarak bir yıl içerisindeki üretim tahmini Şekil 3.31’de verilmiştir.



Şekil 3.31. Yıl boyunca üretim değerleri grafiği

Görüldüğü gibi Aydın ilinde hâkim olan iklim sayesinde ve güneşlenme süreleri içindeki bulutsuz gün sayıları, aylara göre üretimde ciddi artışlar meydana getirmiştir. Yaz aylarında üretim artarken kış aylarında üretim azalmaktadır.

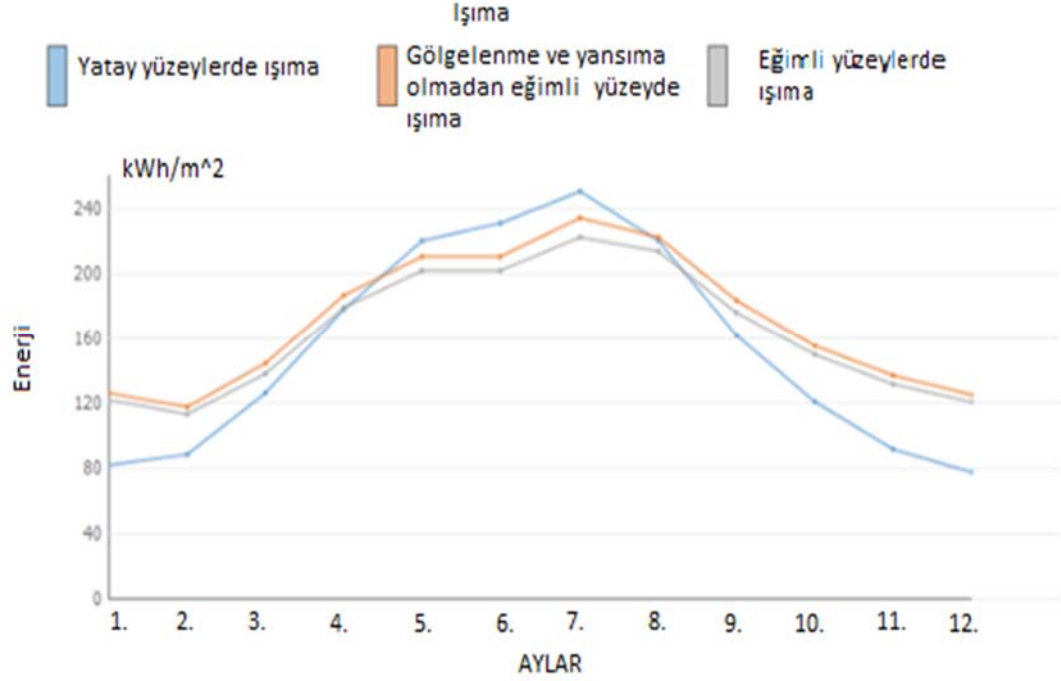


Şekil 3.32. Aylara göre performans

Şekil 3.32'de gösterilen grafikte sistemin yıl içerisinde aylara göre analizini PVSOL programının sunduğu verilere göre inceleme fırsatımız bulunmaktadır.

Mevsim normallerinde daha önce incelediğimiz Aydın ilinin sıcaklık karakteristiği bu grafik için oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Sistemin zarar görmeden ve sağlıklı işlemesi için alınan her önlem büyük bir zarurettir. Görüldüğü gibi sistemin sıcak aylardan etkilenmesi nitekim üretimin yüksek olsa da sistem performansında düşmeye sebep olmuştur. Bunun asıl sebebi de sıcak havalarda sistemin panellerinin ısınmasından kaynaklı olarak performans düşüşü yaşanmasıdır.

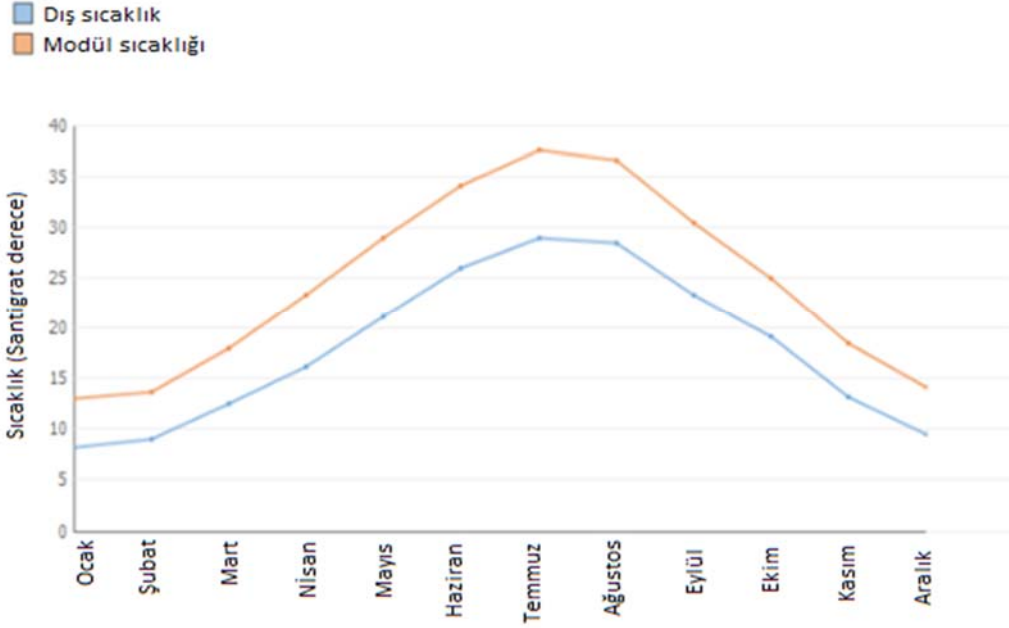
Şekil 3.33'te yüzey alanlarından yansıyan ışımaya durumlarının karşılaştırılması verilmiştir.



Şekil 3.33. Yüzey ışıma karşılaştırması

Şekil 3.33'te yatay yüzey temel alınarak herhangi bir ışıma süresinin açılı yüzeyler ile arasındaki karşılaştırma yapılmıştır. Bu karşılaştırma sırasında yansımaya olmayan ve gölgelenme olmayan eğik yüzeyle, eğimli ve yatay yüzey karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

Güneş enerji santrallerinin malzeme ve aksamının üretiminde çevre faktörlerinin birçoğu göz önüne alınmaktadır. Ancak dayanıklılık ve performanslarında bazı kabullerin yapılması gerekmektedir. Örneğin fotovoltaik güneş panellerinde çalışma koşulları 25 derece olarak kabul görür ve buna göre hesaplamaları devam ettirilmektedir. Buna standart test koşulları da denilmektedir. Daha önce de sıcaklık ve performans analizi yapılan sistemde, fotovoltaik güneş hücresinin sıcaklık ile ilgili bir başka bağlantısı incelenecektir.



Şekil 3.34. Panel sıcaklık değerleri

Şekil 3.34'ten de anlaşılacağı gibi bazı aylarda performansın etkilenmesi oldukça normaldir. Standart test koşullarında üretilen ve test edilen paneller performans değerlerinde bu sebepten dolayı düşüş olmaktadır. Haziran ayında hava sıcaklığı Aydın için ortalama 25 derece iken panel üretim halinde olduğundan dolayı panel sıcaklığı 30 derecelere yaklaşmaktadır. Çevre faktörleri arasında sıcaklık ile panel sıcaklığı doğru orantı şeklinde benzerlik göstermektedir. Sıcaklık ve performans ise ters orantı halindedir. Bu hesaplamalara sadece sıcaklık değeri değil aynı zamanda rüzgâr, nem, yağmur gibi faktörlerde her zaman etki etmektedir. Önemli olan sistemin ve santralin her koşulda sekteye uğramadan normal çalışmasına devam etmesidir.

3.3. Fizibilite Detayları

Önceki bölümlerde ara başlıklar olarak bahsettiğimiz fizibilite çalışmalarını tek bir başlık altında görmek adına aşağıda sıralı halde belirtilmiştir;

1. Yatırımın Konusu : Güneş panellerinden elektrik enerjisi üretimi
2. Yatırımın Amacı : Kurulacak olan santralden şebekeye elektrik satışı

3. Alıcı Kurum : Aydem Elektrik Perakende Satış A.Ş.
4. Kurulu Güç : 1225 kWp DC – 999 kWe AC
5. İl/İlçe : Aydın/Çine
6. Mahalle : Kırkışık
7. Ada/Parsel : 174/1
8. Koordinatlar : 37,6141(E) X 28,0611(B)
9. Kuruluş Tipi : Arazi
10. Kullanılan Panel : Csun 270-60p
11. Panel Cinsi : Polikristal
12. Panel Verimliliği : %16
13. Panel Sayısı : 4536
14. Yüzey Alanı : 7,379.5 m²
15. Panel Eğim Açısı : 30°
16. Azimut Açısı : 0° (tam güney)
17. İnverter Markası : Power-one
18. İnverter Modeli : TRIO 27.6TL
19. İnverter Sayısı : 36
20. Sistem Performansı : % 82,2
21. Yıllık AC Üretimi : 2.071.982 kWh
22. Yıllık Oran : 1,691.80 kWh/kWp
23. CO₂ Emisyon Değeri : 1.242.933 kg/yıl

Fizibilite bilgileri yukarıda belirtilmiştir (Dağlı, 2018). Belirtilen fizibilite çalışmaları Aydın Çine santralının tüm hesaplamalarını, yöntem seçimlerini, maliyet göstergelerini, analiz tablolarını yansıtmaktadır. Belirtilen bilgiler PVSOL programı altyapısında incelenmiş ve düzenlenmiştir.

Tesisin kurulum aşamaları ve fizibilite çalışmalarının ardından çalışmalar hızlı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Tesis 3 aylık zaman içerisinde elektirik üretebilecek konuma getirilmiştir. Şekil 3.35'de santralin kurulum esnasında çekilmiş olan görüntüsü gösterilmektedir.



Şekil 3.35. Santral kurulum aşaması

4.ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Santral Ekonomik Analizi

Bir santralin yatımcı açısından en önemli kısmı, yapacağı yatırımın ekonomik analizi ve yatırdığı finansal ücretin kendisine geri dönüp kar etmeye başlayacağı zamanı bilmektir. Bu sebeple yapılan hesaplamalar geri ödeme planları bilgilendirme amaçlı ve yatırımın değerinin açıklanabilmesine yönelik yapılacaktır. Maliyet analizinde kabul edilen ve maliyete dâhil olmayan kalemler mevcuttur. Aşağıda faklı başlıklar altında açıklanacak konular dikkate alınan değerlere işaret etmektedir. Fiyatlandırmalar dolar kuru üzerinden hesaplanacaktır.

4.2. Yatırımın Uygulamaya Geçiş Süresi

1,225 MWp gücündeki güneş enerji santralının inşaatına 16 Mart 2018 tarihinde başlanmış olup, inşaat 3 ay sürede tamamlanmıştır. GES'in ADM Elektrik Dağıtım A.Ş. tarafından ön kabulü 21 Haziran 2018 tarihinde gerçekleşmiştir. Tesisin geçici kabulü (nihai kabul), TEDAŞ Genel müdürlüğü tarafından 7 Temmuz 2018 tarihinde gerçekleşmiştir. GES sahasında üretilen elektrik bu tarihten itibaren Aydem Elektrik Perakende Satış AŞ'ye satılmaya başlanmıştır.

4.3. Yatırımın Finansmanı ve Gelir-Gider

Güneş enerji santralinde tesisin %100 öz sermayeli veya %20 öz sermaye %80 leasing finansmanı kullanılarak yapılması ön görülmüştür. Bunun sebebi başka yatırımlar olabilme ihtimalidir. Hesaplamalar her iki seçenek göz önüne alınarak yapılmıştır. Güneş enerji santralının maliyet analizi yapılırken, net gelir hesapları üzerinden yorum yapılmıştır. Gelir ve gider kalemleri yasa ve yönetmeliğe uygun şekilde belirlenmiş olup, fiyatlandırmalar dolar kuru üzerinden belirlenmiştir. Yapılan maliyet araştırmalarında da net kazanç olarak bu kalemler arasındaki bağlantı kullanılarak hesap edilmiştir.

4.3.1. Yatırımın istihdam kapasitesi

3 aylık inşaat döneminde istihdam edilen personel sayısı 21 kişidir. Güneş enerji santralının işletme döneminde istihdam edilen personel sayısı 1 kişidir. Personel gideri olarak yıllık 5.280 dolar yansıtılmıştır.

4.3.2. Santral veriminin düşüşü

Güneş enerji santralının 25 yıllık üretim hayatı boyunca yıllar içinde azalarak devam eden bir verimlilik söz konusudur. Garanti kapsamında, fotovoltaik güneş panellerinin standart güç (verim) kaybının her yıl doğrusal olarak azalacağı ve 25 yılda toplam %20 düşüş olacağı öngörülmüştür. Santralin genel verim düşüşünün öngörülenden daha düşük çıkması olası bir sonuçtur.

4.3.3. Arazi bedeli

Yatırımı yapan kişilerce arazi bedeli için herhangi bir ücret ödenmeyip, tesisin kurulacağı alan yatırımcının tapulu kendi malıdır.

4.3.4. Dağıtım bedeli

Dolar kurundaki artış, cari artış göz önünü alınarak kWh başına 11,7848 kuruş olan sistem kullanım bedeli dolar bazında yıllık %10 oranında azalacağı öngörülmüştür. İlk yıl için sistem kullanım bedeli yıllık 43.512 dolar olarak belirlenmiştir.

4.3.5. Sigorta

Güneş enerji santrali yıllık olarak 3.517,30 dolar (\$) karşılığında özel bir sigorta şirketine sigortalanmıştır. Sigorta şirketinin sahadaki organizasyonlarda gerekli şartlarının hepsi yapılması gerekmektedir. Örneğin tel çit konulmadan sahaya herhangi bir malzeme indirilmemesi gibi kurallar sigortanın devamı ve olası olumsuz ihtimalleri en aza indirmek için gerektiği gibi sahada uygulanmıştır.

4.3.6. Bakım ve onarım

Bakım onarım çalışmaları, tesisin güvenli çalışması ve uzun ömürlü olabilmesi için çok gerekli olan kalemlerdendir. Verim düşüşü bu çalışmalarla en azda tutulup santral kazancı arttırılmak istenmektedir. Bakım onarım işlemleri inşaat işlerini yüklenen firma tarafından yıllık olarak düzenli şekilde yapılacaktır. İlk yıl bakım onarım ücreti olarak 2000 dolar alınması kaydı ile her yıl artı 500 dolar koyarak tesis ömrü boyunca devam edecektir.

4.3.7. Leasing geri ödemesi

Yapılan yatırımın leasing kullanımındaki geri ödeme planı da hesaba katılmıştır. Leasing sisteminde banka santrale ortak olarak düşünülebilir. Geri ödeme sisteminde bankanın kredilendirme yapabilmesi için kendi belirlediği oranlardaki ödeme oranları kullanılacaktır.

4.3.8. Elektrik üretim geliri

Elektirik üretim geliri olarak PVSOL programından da hesap edilen elektrik değerleri için dolar kurunda devletin sabit alım garantisi olan 0.133 dolar temel alınmıştır. KWh elektrik üretimi için tesisin yatırımcıya kazandıracığı gelir bu kurdan hesap edilmiştir.

4.4. Yatırım Detayları

Çizelge 4.1'de santral ile ilgili ayrıntılı yatırım kalemleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Malzeme listesi

Sıra	Malzeme listesi	Miktar	Birim	Toplam fiyat
1	Fotovoltaik panel	4536	Adet	\$682.622,64
2	Evirici	36	Adet	\$121.904,68
3	Konstrüksiyon	1	Set	\$227.900,00
4	AG Pano	1	Adet	\$38.926,43

5	1x150mm ² NYY Kablo	2040	Metre	\$60.984,96
6	5x25mm ² NYY Kablo	1400	Metre	
7	1x6mm ² PV1-F Kablo	30500	Metre	
8	PV-Stick Konektör	700	Adet	
9	Haberleşme Kablosu	1000	Metre	
10	CAT6 Kablo	3	Metre	
11	Tel Çit	1	Set	\$14.188,79
12	Topraklama Malzemesi	1	Set	\$11.611,59
13	1x50mm ² Örgülü Bakır	660	kg	
14	65x65x7 Galvaniz Kazık	30	Adet	
15	1x50 Sarı-Yeşil PVC	500	Metre	
16	SCADA Sistemi	1	Set	\$17.195,42
17	Güvenlik Sistemi	1	Set	\$16.903,00
18	Kamer Güvenlik Sistemi	1	Set	
19	Beam Bariyer	1	Set	
20	Trafo Beton Köşk	1	Set	\$37.200,55
21	Dağıtım Merkezi	2	Set	\$34.048,75
22	Enerji Nakil Hattı	1	Set	\$13.519,52

Çizelgeden de anlaşılacağı gibi güneş enerji santralının kurulumunda kullanılan malzemeler ve fiyat listesi toplamda 1.277.006,33 Amerikan dolarına tekabül etmektedir. Bu toplam fiyat listesinde KDV (katma değer vergisi) hesaba katılmayarak yapılmıştır.

4.5. Analiz Yöntemleri

Güneş enerji santralının kurulumu için gerekli olan aşamaları, malzeme ve donanım değerlerin bilinmesi, analizi yapabilmek için gereken konulardır. Çalışmada konular, hem bilgi vermek hem de analizde kullanılacak verilere yönelik çalışmaları içermiştir.

Analizlerin yapılmasında en önemli etken yatırımın gerekli olup olmadığını anlayabilmektir. Gelir getirmesi beklenen projelerde yatırımcı için ne kadarlık sürede ne kadar kazanacağını görmek çok önemlidir. Bununla birlikte sahadaki uygulamalar kısmında saha için nelerin gerekli olduğu ya da feragat edilebilecek hususlar yine bu veriler üzerinden karar verilebilir.

Geri ödeme süresi metodu ve iç kârlılık yöntemleri ile yatırımın ne kadar uygulanabilir ve güvenilir olacağını görme fırsatı bulunacaktır. Geri ödeme

süresi hesabı ile yapılan analiz, yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biridir. Bu yöntemde herhangi bir oran kıyaslanmasına girilmez ve maliyetin tamamlanıp, kazanç kısmına geçileceği zaman aralığına bakılır.

4.5.1. Geri ödeme süresi

Yatırımcı ve tedarikçi firmalar için ya da üstlenici firmalar için karşı tarafa yapacakları işlemleri anlatmada en önemli ve anlaşılır yöntemlerden olan geri ödeme süresi hesabı, yatırımcı ve yetkililere büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Bu işlem sırasında kârlılık oranları düşünülmez. Sadece yatırımın net kazançlarının, maliyet açısından değerleri karşılayabilmesi temel alınır.

Denklem 4.1’de geri ödeme formülü açıklanmıştır. Eşitlikte kullanılan terimler;

GÖS: Geri ödeme süresi(yıl)

YT : Yatırım tutarını(\$)

Nng: Net nakit girişi(\$/yıl)

YG : Yıllık gider(\$/yıl) olarak alınmıştır.

$$GÖS = YT / (Nng - YG) \quad (4.1)$$

Geri ödeme süresine göre maliyet analizinde yapılan araştırmada gerekli değerleri bulduktan sonra tablo olarak Şekil 4.1’de gösterilmiştir.

Yıl	Enerji Üretimi (kWh)	Elektrik Satış Fiyatı (USD/kWh)	Yıllık Gelir (USD)	Kümülatif Gelir (USD)	Leasing Ödemesi Yıllık (USD)	Sistem Kullanım Bedeli Yıllık (USD)	Sigorta Gideri Yıllık (USD)	Bakım - Onarım Gideri Yıllık (USD)	Personel Gideri Yıllık (USD)	Kümülatif Gider (USD)	Kümülatif Net Fayda (USD)
2018	2.071.982	0,133	275.574	275.574	-405.957	-43.512	-3.517	-2.000	-5.280	-460.266	-184.693
2019	2.054.715	0,133	273.277	548.851	-214.715	-38.834	-3.517	-2.500	-5.280	-725.112	-176.261
2020	2.037.449	0,133	270.981	819.831	-214.715	-34.657	-3.517	-3.000	-5.280	-986.281	-166.450
2021	2.020.182	0,133	268.684	1.088.516	-214.715	-30.927	-3.517	-3.500	-5.280	-1.244.220	-155.704
2022	2.002.916	0,133	266.388	1.354.903	-505.822	-27.596	-3.517	-4.000	-5.280	-1.790.435	-435.532
2023	1.985.649	0,133	264.091	1.618.995		-24.623	-3.517	-10.000	-5.280	-1.833.855	-214.860
2024	1.968.383	0,133	261.795	1.880.790		-21.968	-3.517	-10.500	-5.280	-1.875.120	5.670
2025	1.951.116	0,133	259.498	2.140.288		-19.597	-3.517	-11.000	-5.280	-1.914.515	225.773
2026	1.933.850	0,133	257.202	2.397.490		-17.482	-3.517	-11.500	-5.280	-1.952.294	445.196
2027	1.916.583	0,133	254.906	2.652.396		-15.593	-3.517	-12.000	-5.280	-1.988.684	663.712

Şekil 4.1. Geri ödeme süresi hesabı

Hesaplamalardan da anlaşılacağı gibi, güneş enerji santralının geri ödemesi 6 yıl 11 ay şeklinde hesap edilmiştir. Ayrıca şekil 6.1’de güneş enerji santralının %80 leasing durumunda banka tarafından belirlenmiş olan oranlarda geri ödeme miktarları da gösterilmektedir. Santral 6. yılından itibaren kendisinin amorti sürecini karşılamakta ve yatırımcısına kazandırmaya başlamaktadır. Sistemin kârlılık oranı da dikkate alan analiz yöntemiyle de santralin değeri anlaşılacaktır. Santral ömrü 25 yıl olarak kabul edilmiştir. Daha önce PVSOL ile yapılmış olan hesaplamalardaki enerji üretim değerleri kullanılmıştır. Bu değerler gerçek tesis değerleri ile daha sonra karşılaştırılacaktır. Şekil 4.2’de PVSOL üretim değerleri 25 yıl için verilmiştir.

Yıllar	Üretim Miktarı (kWh/Yıllık)	Yıllar	Üretim Miktarı (kWh/Yıllık)
1	2.071.982	14	1.847.517
2	2.054.715	15	1.830.251
3	2.037.449	16	1.812.984
4	2.020.182	17	1.795.718
5	2.002.916	18	1.778.451
6	1.985.649	19	1.761.185
7	1.968.383	20	1.743.918
8	1.951.116	21	1.726.652
9	1.933.850	22	1.709.385
10	1.916.583	23	1.692.119
11	1.899.317	24	1.674.852
12	1.882.050	25	1.657.586
13	1.864.784		

Şekil 4.2. 25 yıllık PVSOL üretim değerleri

4.5.2. İç kârlılık

Bir diğer çok kullanılan analiz yöntemlerinden iç kârlılık, iç verimlilik oranıdır. Bu oran proje seçimlerindeki önemli bir orandır. Yatırımcıya çıkan sonuç doğrultusunda yüzdesel anlamda yatırımın uygun olup olmadığını gösterir. Bu analiz kâr üzerinden yapılmaktadır ve faiz oranları da işin içine girmektedir. Başka kaynaklarda bu oranı net şimdiki değer oranını sıfıra eşitleyen değer olarak da tanımlamaktadırlar. Başka bir tanımla, gelirlerin bugüne indirgenmiş değerleri toplamının, masrafların bugüne indirgenmiş değerlerinin toplamına eşitlenen iskonto oranıdır. İskonto oranı yüzde 10 olarak kabul edilecektir. Bulunan değer eğer iskonto değerinden büyükse yatırım olumlu olarak düşünülür. Denklem 4.2'de analiz formülü verilmiştir.

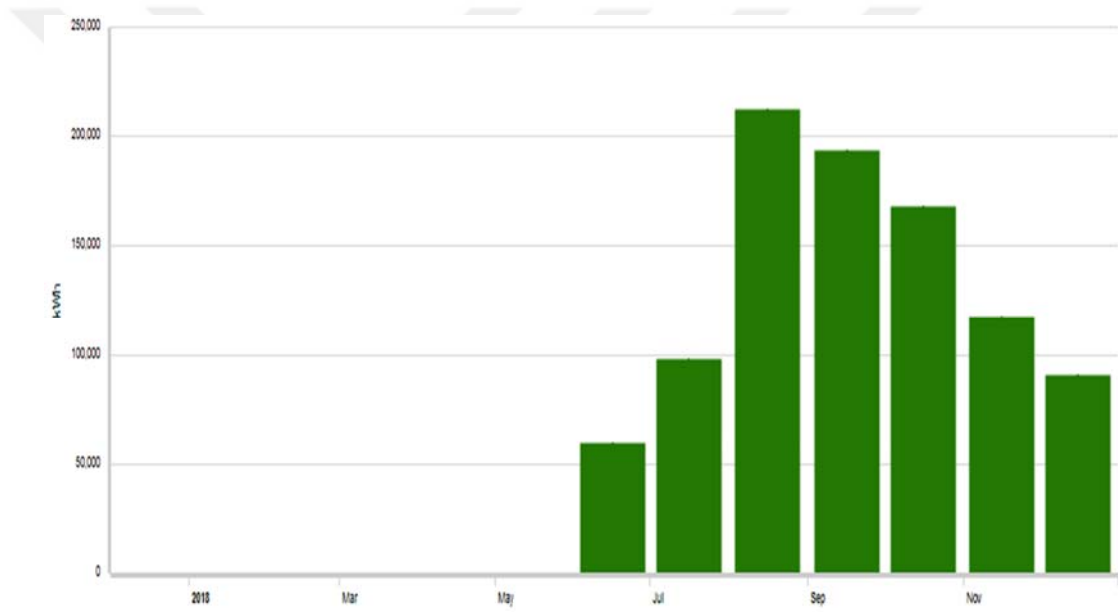
$$\sum \left[\frac{C_n}{(1+r)^n} \right] = \sum \left[\frac{F_n}{(1+r)^n} \right] \quad (4.2)$$

Formüldeki "C_n" maliyet, "r" faiz oranını, "F" fayda, "n" ise süreyi belirtmektedir. Yapılan hesaplamada Aydın/Çine'de ki santral için iç kârlılık oranı %18 çıkmıştır. Yatırımın doğru bir yatırıma işaret ettiğini pozitif çıkan iç

kârlılık oranı da desteklemektedir. Böylece her iki metotla da santralimizin yatırımcısını ve yüklenici firmasını desteklediğini seçilen malzeme ve yapılan her türlü mühendislik hesap ve işleminin doğru olduğunu anlaşılmıştır.

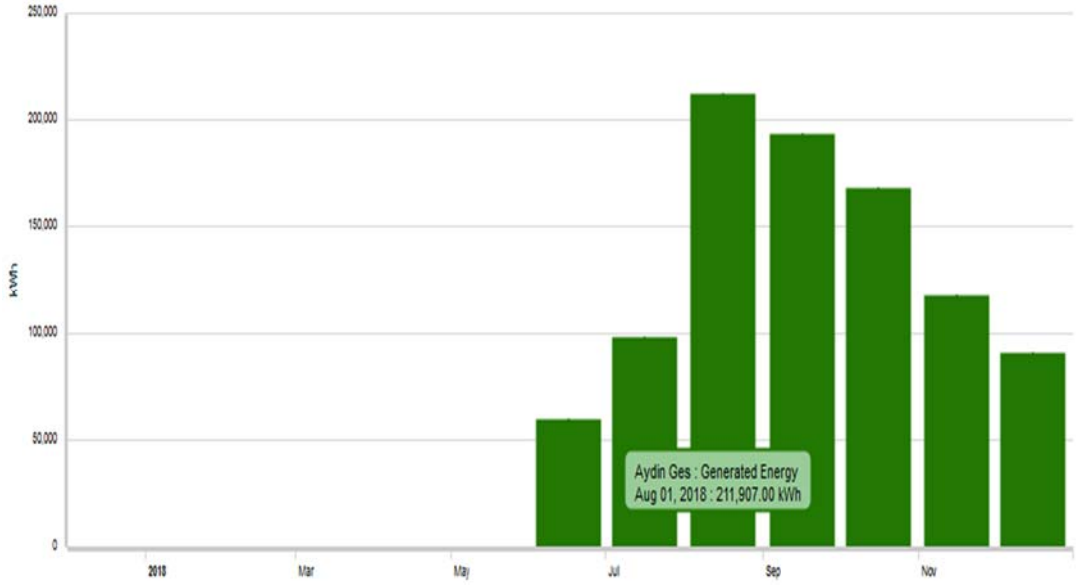
4.6. Tesis Gerçek Değerlerinin İncelenmesi

Çalışmanın bu aşamasına kadar olan kısımlar teorik anlamda üretilecek olan enerji ve diğer değerlerin analizleridir. Tezin bundan sonraki kısmında gerçek santral değerlerini incelenecektir. Böylece teori ve uygulanabilirlik faktörleri karşılaştırılacaktır. Şekil 4.3'de üretilen enerji miktarı incelenmektedir.



Şekil 4.3. Üretim değerleri

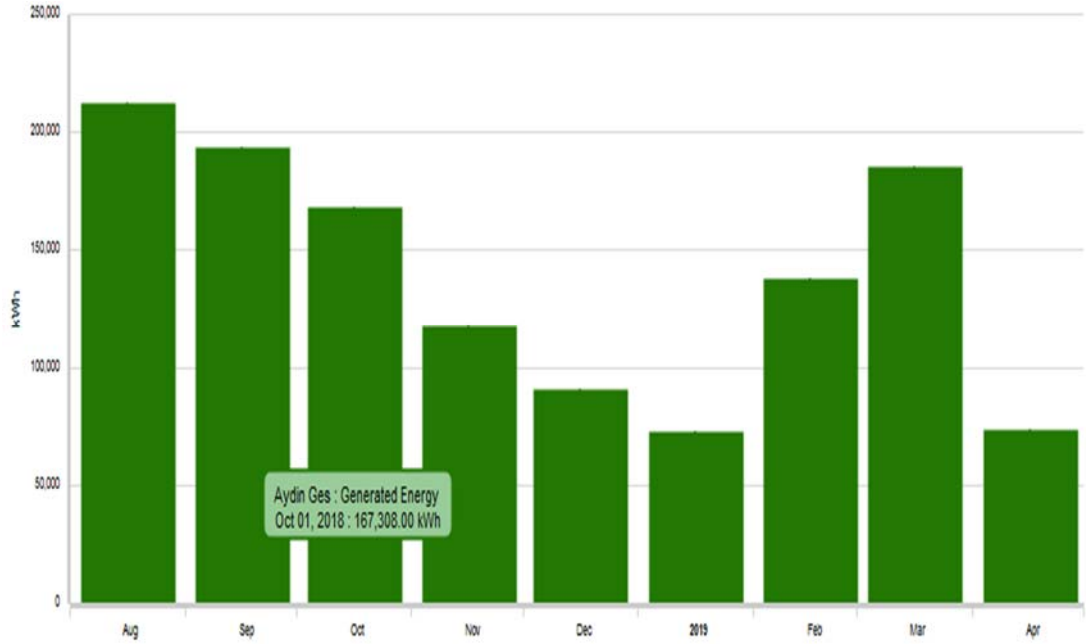
Temmuz ayında işletmeye alınan santralin bu aylar içindeki üretim değerleri Şekil 4.3'te gösterilmektedir.



Şekil 4.4. Ağustos ayı üretim değeri

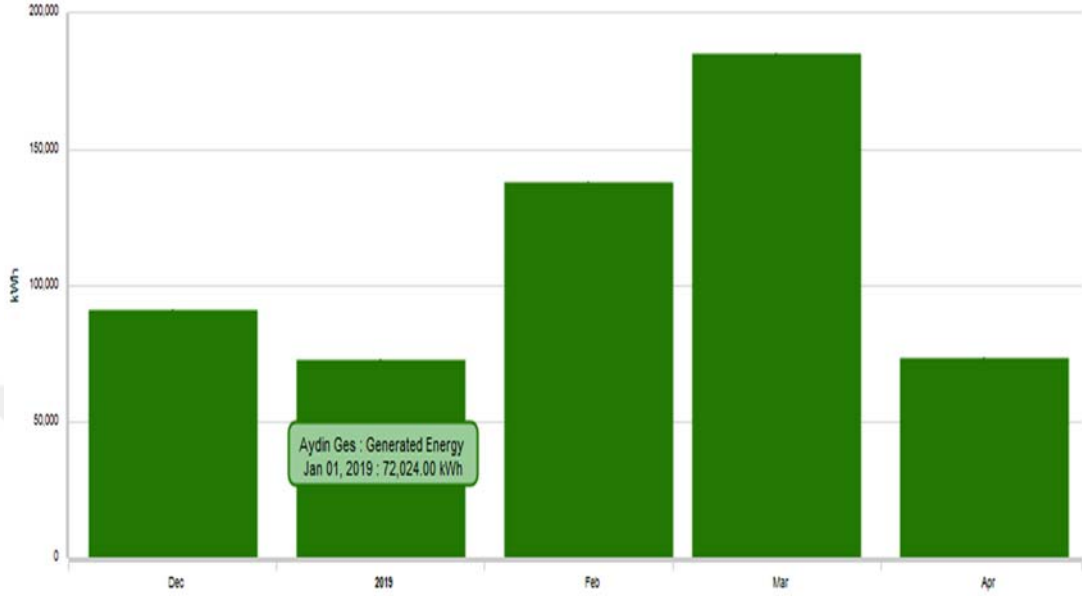
Şekil 4.4'te üretim oranının 211.907 kWh olduğu gösterilmektedir. PVSOL hesaplamalarında da bu değerlere yakın bulguları Şekil 3.31'de görülebilir.

Değerleri daha anlaşılır görebilmek için Ekim değerleri Şekil 4.5'te incelenebilir.



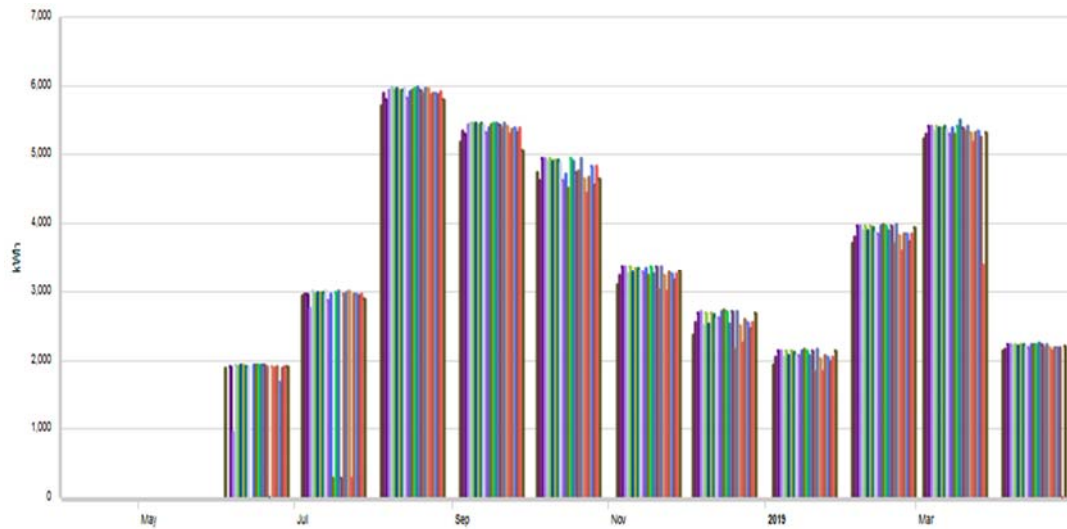
Şekil 4.5. Ekim ayı üretim değeri

Şekil 4.5'te görüldüğü gibi PVSOL programında hesapladığımız değer Şekil 3.31'de 160.000 kWh iken sistemin verim ve uyum performansına bağlı olarak 2018 Ekim ayında 167.308 kWh'lik üretim yapılabilmektedir.



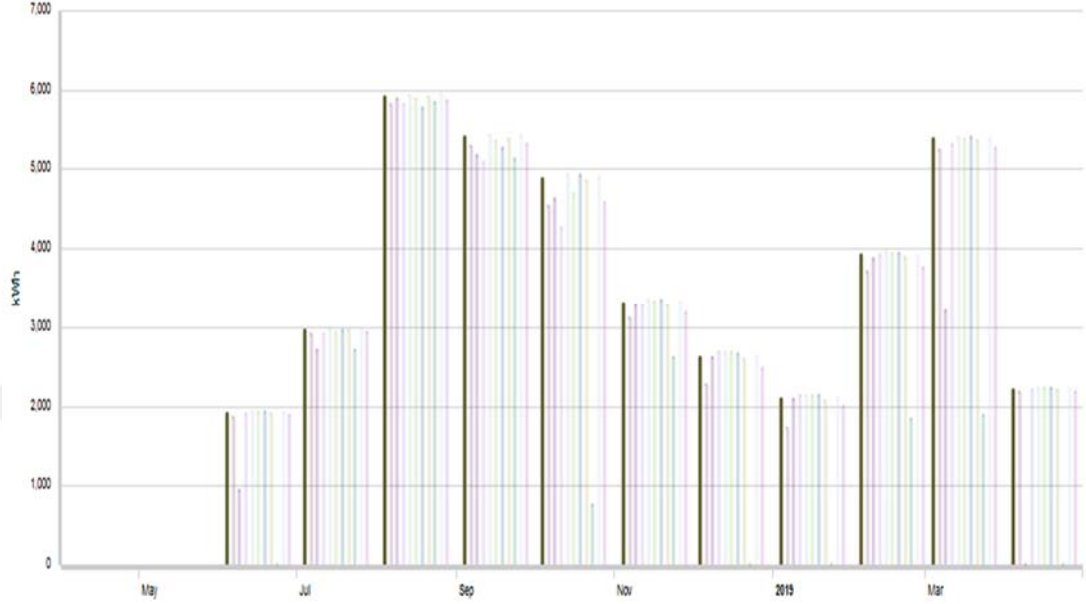
Şekil 4.6. Ocak ayı üretim değeri

Şekil 4.6'da nitekim üretimin düşük olduğu ve güneş ışınlarının açısının azaldığı aylardan Ocak ayındaki üretim gösterilmektedir.



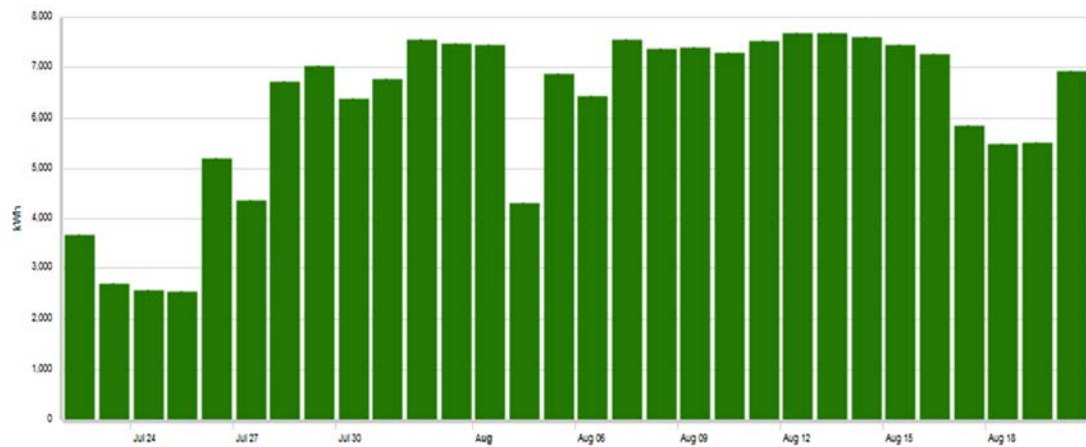
Şekil 4.7. İnverter çıkış değerleri

Şekil 4.7'de güneş enerji santralinde bulunan 36 eviricinin aylara göre olan üretim değerleri gösterilmektedir. İçlerinden herhangi birinin üretim değerleri de Şekil 4.8'de gösterilmektedir.



Şekil 4.8. İnverter çıkış değeri

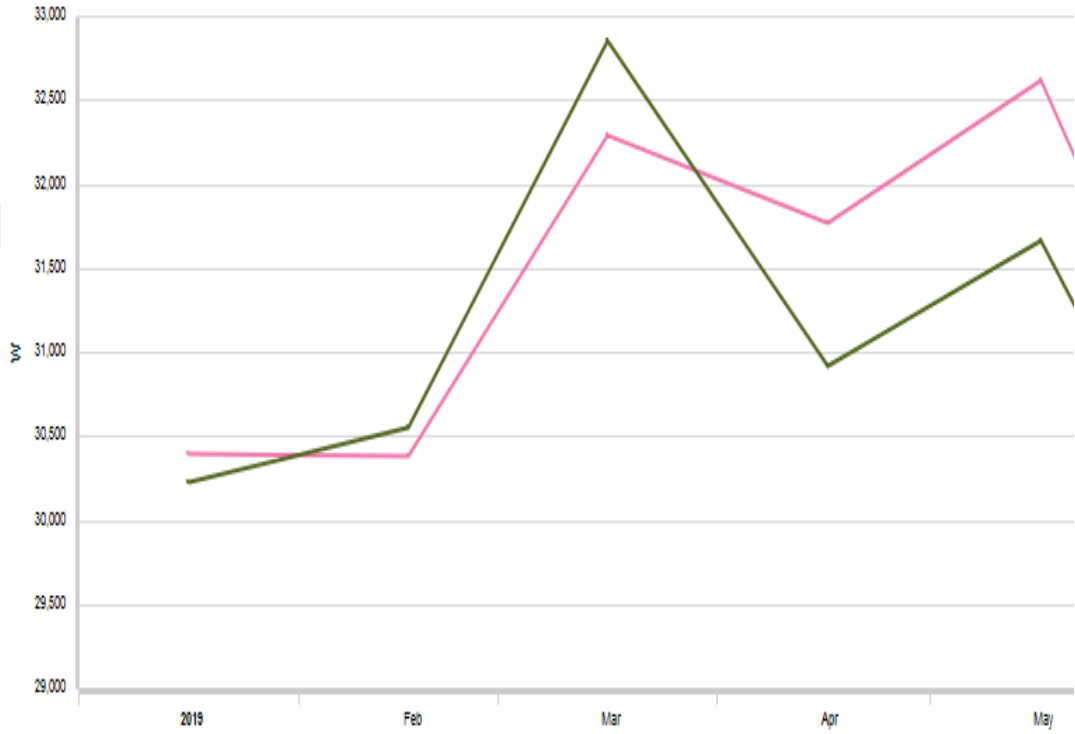
Şekil 4.9'da kurulumundan bu yana tesisin ilk 1 aylık üretim değeri gösterilmektedir.



Şekil 4.9. Temmuz-Ağustos üretimi

Tesisin genel üretim değerleri aylık ve günlük olarak incelendiğinde, dikkat edilmesi gereken en önemli husus performans faktörüdür. Grldği gibi verim olarak 7.000 kWh'yi aşan günler gözlemlenmektedir.

şekil 4.10'da da yapılan üretim panel kısmı yani invertere giren DC güç gösterilmektedir.



şekil 4.10. İvertere DC güç girişi

şekil 4.10'da watt cinsinden aylık olarak panellerden çıkan ve invertere giriş yapan, 36 inverter verisinden 2 tanesinin seçildiği güç değerleri gösterilmektedir. Bu da bize panel verimliliği hakkında yorum yapabilme imkânı sağlamaktadır. Görülmektedir ki, paneller PVSOL oranlarından daha yukarıda verimlerle çalışmaktadırlar ve üretimsel değerleri bu yüzden aylık dağılımlarda oldukça yukarılardadır. Yıllık retim değerlerinin Ćine ilęesi ięin seçilen 27.6 kWh'lik inverter gücü tam verimlilik ve güvenlik faktörleri ile birlikte tam kapasitede kullanılmakta olup, üretim değerleri yani panellerden gelen DC güç en düşük olarak 30 kW güce yaklaşmıştır. Aynı zamanda bu

değerler panellerde herhangi bir sorun yaşanmadığını üretimin verimli şekilde yapıldığının göstergesidir. Şekil 3.31'de incelemelerde bulunursak; Şubat ayı üretim değerleri 120.000 kWh hesaplanmış iken gerçek üretim değeri 137.453 kWh olarak incelenmektedir. Mart ayı üretim değeri 160.000 kWh altında kalmış olmasına karşılık, tesis 184.630 kWh'lik üretim yapmıştır. 2018 yılı 30 günlük Temmuz-Ağustos üretim değeri 205.510 kWh olup bunun 30 günlük ortalaması için günlük 6.850 kWh'lik üretim yapılması gerekmektedir. Bu basit aritmetik ortalamanın altına düşen gün sayısı, üretimi etkileyebilecek diğer faktörler göz ardı edilerek bakıldığında, sadece 7 gün olmuştur. Üretim yapılan en düşük güç bu ay için 5.112 kWh olmuştur. Teorik olarak hesap edilen üretim değeri Ağustos ayı için Şekil 3.31'de 204.000 kWh civarında olup, sıcaklık faktörü ile birlikte değerler birbirine yaklaşırsa üretim yine fazla gerçekleşmiştir. Ekim ayı üretimi hesaplamalarda 160.000 kWh bulunmuş olmasına karşılık, tesisin kurulmasından bu yana ekim ayındaki üretim değeri 167.308 kWh olarak tespit edilmiştir. Tesis henüz yılını tamamlamadığı ve tam anlamıyla yaz mevsimini yaşamadığı halde, 2018 Temmuz ayından 2019 nisan ayına kadar 1.72 GWh'lik üretim gerçekleştirmiştir. İlk sene üretimi için program aracılığıyla yapılan hesaplamalarda ilk yıl üretimini 2.07 GWh olarak hesaplanmıştır. Yaz ayları değerleri henüz alınmadığı için bu değer eksik gibi görünse de, yaz aylarındaki üretim yüksek olacağından tahmin edilen değeri geçmesi beklenmektedir. Kurulumdan bu güne yaşanan Ağustos ayına bakıldığında, üretilmesi beklenen değer 39.241 MW üstünde bir üretim gerçekleşmiştir. Sadece PVSOL hesaplamalarındaki değerler baz alınsa bile, en alt seviyeden 600.000 MW'lık daha fazla üretim yapılması ve hedeflenen üretim değerinin üzerine çıkılması beklenmektedir.

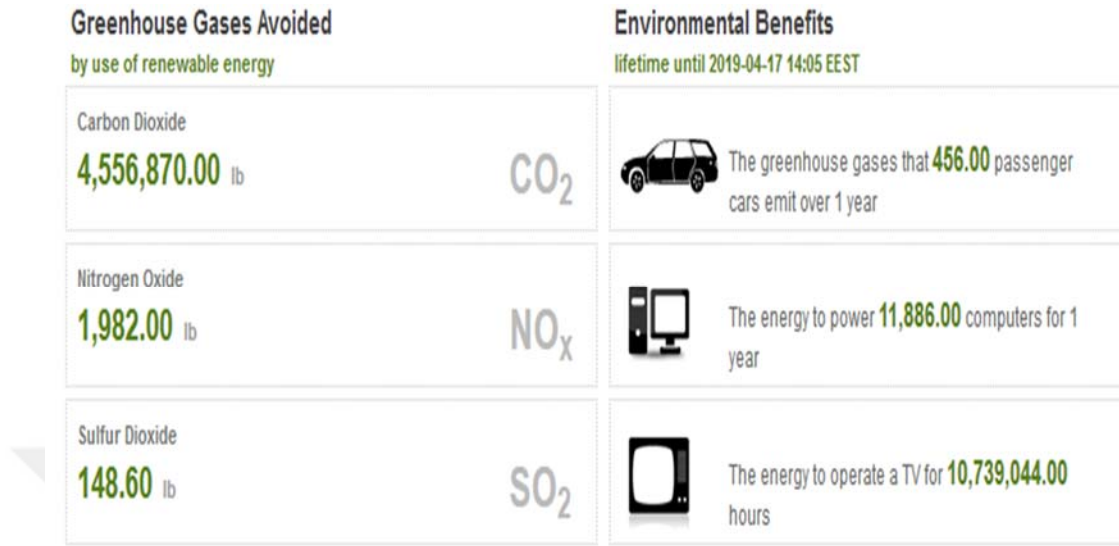
5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkede cari açığın çoğu enerji alanında olsa da, bu konudaki çalışmaların şimdiye kadarki çalışmalardan çok daha fazla olması gerekmektedir. Ülkemizin enerji potansiyeli incelendiğinde son dönemlerde yükselen değerlere sahip olursa da, güneş enerjisi için kat edilmesi gereken daha çok yol bulunmaktadır. Bölgenin ve dönemin yükselen değeri Türkiye’de enerji alanındaki yatırımlar hızlanmalı ve daha çok teşvik edilen enerji türleri ve alanları olması gerekmektedir. Güneş enerjisi için kapasitelerin artırılması gerekmektedir. Bu konudaki yatırımcılar teşvik edilmesi gerekmektedir. İthal paneller dışında ülkemizde de üretimleri başlayan PV modellerinin kullanılması gerekmekte, kalite ve sürekli servis hizmetleri geliştirilmelidir. Bu kadar potansiyele sahip olan Türkiye güneş ışınlarını seyrek olarak gören diğer ülkelerin çok daha ilerisine hızla geçmelidir.

Santral kurulumu Aydın ili, Çine ilçesi olan ve hem teorik olarak hem de gerçek verilerin analizi olarak santralin gerekli olan incelemeleri yapılmıştır. Yapılan incelemelerde ve tezde kullanılan programların sonuçlarında da görülebildiği gibi teorik olarak yapılan hesaplamalar, ülkemizde doğru yerde ve ekipmanlar kullanılarak yapılan santrallerde, üretim değerleri hesaplananlardan daha verimli durumdadır. Bu da yerli ve yabancı yatırımcılara ülkemizdeki döviz kurlarından çekinip, yatırım yapılmaması durumlarını bertaraf edebilecek noktalara getirebilir.

Genel olarak incelendiğinde, tez çalışmasına konu olan Aydın’daki santralin devreye alınmasından, 2019 Mayıs ayına kadar 1.55 GWh'lik bir üretim söz konusu olmuştur. Panel verimleri beklentilerin ve değerlerin üzerinde gerçekleşmektedir. Bunun sebebi olarak bölgenin ışım faktörleri, panel – inverter uyumu, kablolarda kullanılan kaliteli malzemeler ve kayıpların az olması etkili olmuştur. Üretim değerlerinin 7.000 MWh üzerine çıkması genel verimlilik oranının %82 den daha fazla olduğunu bizlere göstermektedir. Aynı zamanda yenilenebilir enerji için günümüz dünyasında ne kadar önemli olduğunu ve tüm dünyada teşvik ve yatırımcıların artarak yollarına devam

etmeleri gerektiğini göstermektedir. Şekil 5.1’de bunların sebebi daha detaylı anlatılmıştır.



Şekil 5.1. Santralin çevre üzerindeki etkisi

Santral kuruluşundan bu zamana çok geçmemesine rağmen 2019 Mayıs ayına kadar 4.556.870 poundluk bir karbondioksit salınımına engel olunmuştur. Bu yaklaşık olarak 2.066.961 kilograma denk gelmektedir. Şekil 5.1’de görüldüğü gibi diğer çevre duyarlılığına ait bilgilerde gösterilmiştir. Azot oksitler atmosferde başka tepkimelerle birleşerek asit yağmurlarına dönüşmekte ve doğaya zarar vermektedirler. Kükürt oksit türevleri de özellikle ozon tabakası ve hava kirliliğinde etkili olduğu bilinmektedir. Termik santrallerden çıkan yanma sonrası gazlar bunlara örnektir.

Görüldüğü gibi hem çevre duyarlılığı açısından hem de maliyet ve mühendislik açısından güneş enerji santrallerinin değerlendirmesini yapmış bulunmaktayız. Yapılan tercih ve hesaplamalar doğrultusunda sonuç olarak karşımıza çıkan değerler yapılan işlerin doğruluğunu ve fayda marjını açıkça net bir şekilde göstermektedir. Güneş enerjisinin ülkemizde fark yaratacak olan bir enerji kaynağı çeşidi olduğu görülmektedir. Bu yöndeki çalışmaların hız kesmeden devam etmesinin gerekliliği, gelecek kuşak ve ekonomi için olumlu yönleri

güneş enerjisini vaz geçilmez bir enerji türü haline gelmesinde etkili olacağı düşünülmektedir.



KAYNAKLAR

- Aksoy, E., 2016. Elektromanyetik Spektrum. Erişim Tarihi: 20.02.2019. <https://prosafety.com.tr/elektromanyetik-spektrum-radyoaktivite/>
- Alfa, 2019. Alfa solar enerji. Erişim Tarihi: 29.03.2019. http://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/ba5492f3bc2f401_ek.pdf?tipi=2&turu=X&sube=2
- Al-Badi, A.H., Albadi, M.H., Al-Lawati, A.M., Malik, A.S., 2011. Economic perspective of PV electricity in Oman. *Energy*, 36 (2011), pp. 226-232.
- Babu, T.S., Rajasekar N., Sangeetha K. 2015. Modified Particle Swarm Optimization technique based Maximum Power Point Tracking for uniform and under partial shading condition. *Applied Soft Computing*, 34, 613-624.
- Barroso, J.C.S., Barth N., Correia J.P.M., Ahzi S., Khaleel M.A., 2016. A computational analysis of coupled thermal and electrical behavior of PV panels. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 148, 73-86.
- Boboker, H., 2017. Feasibility Analysis For A Solar Power Plant In Libya, Atılım Üniversitesi The Graduate School Of Natural And Applied Sciences, A Master's Thesis, İstanbul.
- Bouzguenda, M. et al., 2014. Design of an off-grid 2 kW solar PV system. 2014 9th International Conference on Ecological Vehicles and Renewable Energies, EVER 2014, pp.1-6.
- Brecl, K., Topic, M., 2011. Self-shading losses of fixed free-standing PV arrays. *Renewable Energy*, 36, 3211-3216.
- Dağlı, E., 2018. Ekonomik Analiz Yöntemleri Kullanarak 1MW Güneş Enerjisi Santralinin Değerlendirilmesi, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 1-25s, Osmaniye.
- Eke, R., Demircan, C., 2015. Shading effect on the energy rating of two identical PV systems on a building façade. *Solar Energy*, 122, 48-57.
- Eltes, 2019. Elektrik mühendislik tes. ve taah. san. tic. ltd. şti. Erişim Tarihi: 28.03.2019. <http://el-tes.com/hizmet-detay-orta-gerilim-51>
- Erenetürk, 2019. Erenetürk xl solar energy. Erişim Tarihi: 20.04.2019. <http://ereneturk.com.tr/page396-gayk.html>
- Esn, 2019. Dizi tipi inverter. Erişim Tarihi: 30.03.2019. <http://www.esnenerji.com.tr/yenilenebilir-enerji-saha-panolariniza-talibiz/>

- Freeman, J. et al., 2014. Validation of multiple tools for flat plate photovoltaic modeling against measured data. 2014 IEEE 40th Photovoltaic Specialist Conference, PVSC 2014, pp.1932-1937.
- Girgin, H.M., 2011. Bir Fotovoltaik Güneş Enerjisi Santralının Fizibilitesi, Karaman Bölgesinde 5 Mw'lık Güneş Enerjisi Santrali İçin Enerji Üretim Değerlendirmesi Ve Ekonomik Analizi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 1-15s, İstanbul.
- Haydaroğlu, C., 2017. Dicle Üniversitesi Güneş Enerjisi Santralının Performans Analizi. Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Diyarbakır.
- Hepsisolar, 2019. Solar DC kablo. Erişim Tarihi: 30.04.2019. http://hepsisolar.com/index.php?route=product/product&path=81&product_id=123&limit=25
- İndiamart, 2019. Solar AC kablo. Erişim Tarihi: 30.04.2019. <https://www.indiamart.com/proddetail/solar-ac-cable-19085021373.html>
- Nrel, CO., 2010. Mr. Perlin's book, From Space to Earth: The Story of Solar Electricity, 2002, HarvardUniversity Press. Erişim Tarihi:19.04.2018. <http://www.nrel.gov/docs/fy04osti/33947.pdf>
- Kahraman, D., 2010. Güneş Enerjisi Kaynaklı Elektirik Üretiminin Teknik-Ekonomik Analizi Ve Yöresel Uygulaması, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 1-15s, İstanbul.
- Kantaroğlu, F., 2010. Fotovoltaik Sistemler, Türk Tesisat Mühendisleri Dergisi, 31-32s.
- Kocakuşak, R., 2018. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Güneş Enerjisinin, Türkiye'deki Önemi ve Ges Kurulum Araştırması. Maltepe Üniversitesi, Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Koç, E., Kaya, K., 2015. Enerji Kaynakları-Yenilenebilir Enerji Durumu, Mühendis ve Makine Dergisi, cilt 56, sayı 668, 36-47s.
- Koçak, M.E., 2018. Büyükçekmece İlçesindeki Güneş Enerji Santralının Tasarımı Ve Ekonomik Analizi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 1-4s, Sakarya.
- Kökey, İ., 2013. Güneş enerji santrallerinin kurulumunda güneş ölçümünün önemi ve Türkiye'de yasa mevzuat. VIII. Ulusal Ölçümbilim Kongresi, Gebze-Kocaeli.

- Lobera D.T., Valkealahti S., 2014. Inclusive Dynamic Thermal And Electric Simulation Model Of Solar Pv Systems Under Varying Atmospheric Conditions. Solar Energy, 105, 632-647.
- MGM, 2018. Meteoroloji Genel Müdürlüğü. Erişim Tarihi: 20.03.2018. <http://www.mgm.gov.tr>
- Özdemir, G., 2013. İntestment Analysis of Solar Energy Systems. Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Phys, 2019. Güneş enerjisi takip sistemi. Erişim Tarihi: 24.03.2019. <https://phys.org/news/2011-01-solar-panels-track-sun-efficiency.html>
- Raven, 2019. Raven enerji ltd. şti. Erişim Tarihi: 28.03.2019. <http://www.ravenenerji.com.tr/projelerimiz/aski-1-2-enerji-nakil-hatti-deplasesi/>
- REN21, 2018a. Renewabke energy policy network for the 21. century. Renewables Global Status Report, p. 90-100.
- REN21, 2018b. Renewabke energy policy network for the 21. century. Renewables Global Status Report, p. 80-89.
- Saner, H.S., 2015. Türkiye’de Güneş Enerjisi Santrallerinin Yer Seçimi Ve Çevresel Etkileri: Karapınar Ve Karaman Enerji İhtisas Endüstri Bölgeleri Örneklerinin Değerlendirilmesi. Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Seyedmahmoudian M., Rahmans R., Mekhilef S., Than Oo A.M., Stojcevski A., Soon T.K., Ghandhari A.S. Simulation and hardware implementation New Maximum Power Point Tracking Technique for Partial Shaded PV System Using Hybrid DEPSO Method. IEEE Trans. Sustainable Energy, Vol: 6, Issue: 3, p. 850-862.
- Solarçelik, 2019. Çelik konstrüksiyon. Erişim tarihi: 24.03.2019. <http://www.solarcelik.com/solar-celik-ges-gunes-enerjisi-sistemi-solar-celik-konstruksiyon-profilleri.html>
- Sbsplazma, 2019. Çelik kontrüksiyon taşıyıcı sistem. Erişim Tarihi: 24.03.2019. <http://www.sbsplazma.com/gunes-enerji-sistemleri-celikleri/4-6/>
- Tsai, H-F., Tsai, H-L., 2012. Implementation and verification of integrated thermal and electrical models for commercial PV modules. Solar Energy, 86, 654-665.
- TEİAŞ, 2018. Türkiye Elektrik İletim A.Ş. Erişim Tarihi: 21.03.2018. <http://www.teias.gov.tr>

Üçasolar, 2019. 3A Solar Enerji A.Ş. Erişim Tarihi: 24.03.2019.
<http://www.3asolarenerji.com/gunes-enerji-santrali-refaranslarimiz-yedek/>

Varınca B. K., Gönüllü T., M., Türkiye’de Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Bu Potansiyelin Kullanım Derecesi, Yöntemi ve Yaygınlığı Üzerine Bir Araştırma, 1. Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi, 270-275, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir-Türkiye, 21-23 Haziran 2006.

Voltimum, 2019. Erişim Tarihi: 25.03.2019.
<https://www.voltimum.com.tr/seminer/seminer-merkezi-inverterler-ile-gunes>

Yaman, A., Yakın, A., Behçet, R., 2018. Van İli Güneş ve Hidroelektrik Enerjisi Potansiyelleri ve İl Ekonomisine Katkıları. BEÜ Fen Bilimleri Dergisi, Araştırma makalesi, 247s. Van.

Yılmaz, M., 2012. Türkiye’nin Enerji Potansiyeli ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Açısından Önemi. Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi, sayı 4 (2), s. 33-54.

YGEM, 2018. Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü. Erişim Tarihi: 24.03.2018.
<http://www.yegm.gov.tr>

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Talha GEZER
Doğum Yeri ve Yılı : Konak, 1992
Medeni Hali : Bekar
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : talhagezer_91@hotmail.com



Eğitim Durumu

Lise : Narlıdere Anadolu lisesi, 2010
Lisans : SDÜ, Teknoloji Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği

Mesleki Deneyim

Aegean Solar 2016-2017
Vergo Enerji Sistemleri A.Ş. 2017-2018