

**T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MALATYA’ DA BULUNAN GÜNEŞ ENERJİ SANTRALLERİNE AİT
ÜRETİM VERİLERİNİN ANALİZ EDİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS

Fatih SAĞLAM

Enerji Bilimi ve Teknolojileri Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Mehmet Salih MAMİŞ

HAZİRAN 2022

**T.C
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MALATYA’ DA BULUNAN GÜNEŞ ENERJİ SANTRALLERİNE AİT
ÜRETİM VERİLERİNİN ANALİZ EDİLMESİ**

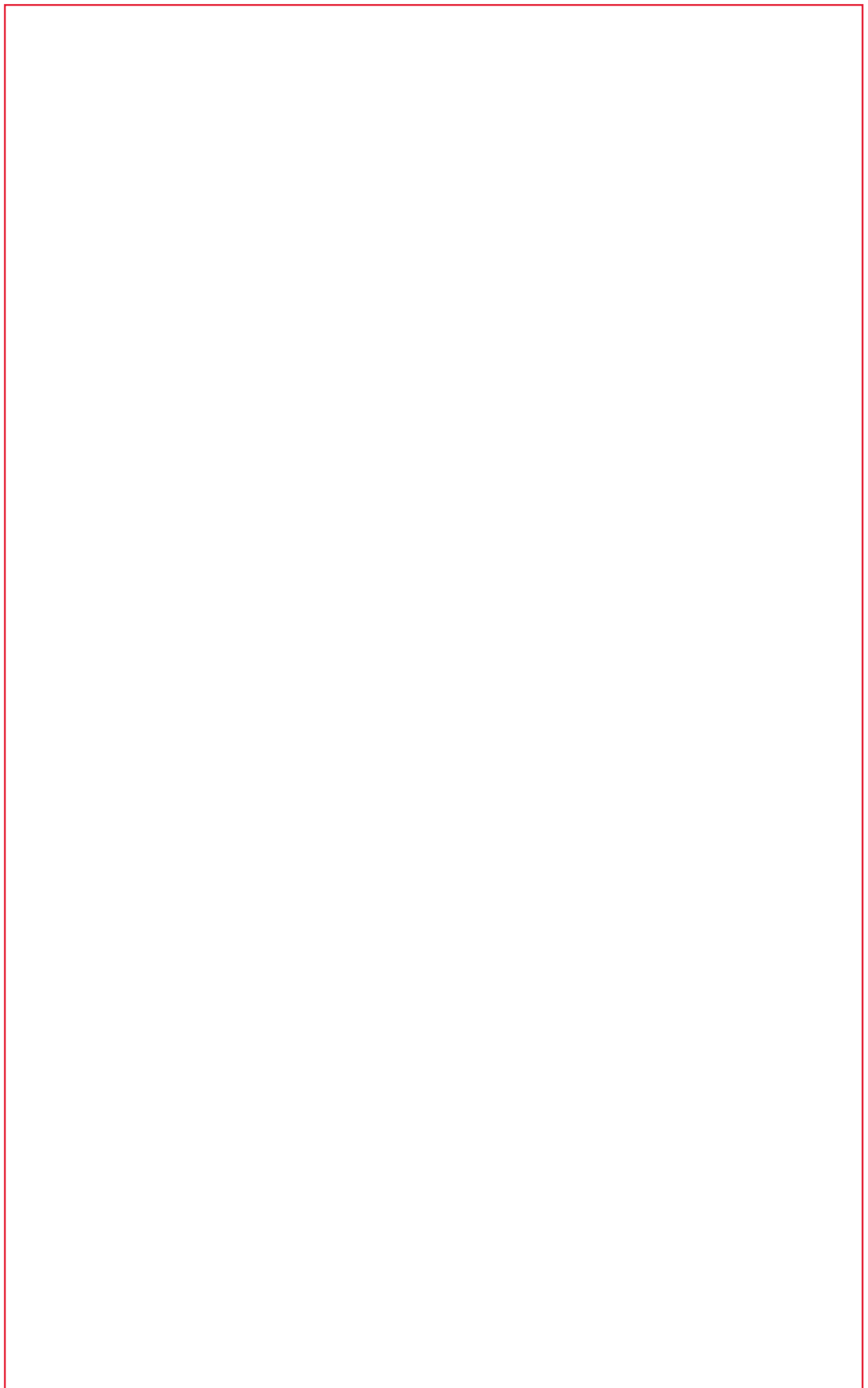
YÜKSEK LİSANS

**Fatih SAĞLAM
36193628027**

Enerji Bilimi ve Teknolojileri Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Mehmet Salih MAMİŞ

HAZİRAN 2022



TEŞEKKÜR VE ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasının her aşamasında yardım, öneri, bilgi, tecrübe ve desteklerini esirgmeden beni her konuda yönlendiren danışman hocam Sayın **Prof. Dr. Mehmet Salih MAMİŞ**'e, çalışmalarımda ayrıca hayatım boyunca olduğu gibi bu çalışmalarım süresince de benden her türlü desteklerini esirgemeyen aileme teşekkür ederim.



ONUR SÖZÜ

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum “**Malatya’ da Bulunan Güneş Enerji Santrallerine Ait Üretim Verilerinin Analiz Edilmesi**” başlıklı bu çalışmanın bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın tarafımdan yazıldığına ve yararlandığım bütün kaynakların hem metin içinde hem de kaynakçada yöntemine uygun biçimde gösterilenlerden oluştuğunu belirtir, bunu onurumla doğrularım.

Fatih SAĞLAM



İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR VE ÖNSÖZ.....	ii
ONUR SÖZÜ.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
TABLOLAR DİZİNİ.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	viii
ÖZET.....	ix
ABSTRACT.....	x
1. GİRİŞ.....	1
2. GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALLERİNDE ELEKTRİK ÜRETİMİ.....	4
3. ÇALIŞMANIN AMACI.....	16
3.1. Türkiye'nin Enerji Durumu.....	16
3.2. Türkiye'de Güneş Enerjisi	18
3.3. Ülkemizde Güneş Enerji Santrali Projelendirme Süreçleri.....	22
3.4. Maliyet Hesaplamaları.....	24
3.5. Enerji Alım Fiyatı.....	25
3.6. Enerji Alım Garantisi.....	26
3.7. GES Alanları ve Yer Seçimi Kriterleri.....	26
3.8. Güneş Enerjisinin Diğer Enerji Türlerine Göre Avantajları ve Dezavantajları.....	27
3.9. Fotovoltaik Güneş Teknolojileri.....	28
3.10. Fotovoltaik Çalışma Prensibi.....	29
3.11. PV Modüller.....	30
3.12. Panel Taşıyıcı Sistemler.....	31
3.13. Solar Eviriciler.....	32
3.13.1. Off-Grid İnverterler.....	32
3.13.2. On-Grid İnverterler.....	32
3.13.3. Hibrit İnverterler.....	32
3.14. Kablolar.....	33
3.15. Trafo köşk.....	33
3.16. Enerji Nakil Hattı (ENH)	34
3.17. SCADA ve Uzaktan İzleme Sistemi.....	34
4. UYGULAMA ALANININ SEÇİMİ.....	35
4.1. Malatya İlinin Güneş Enerjisi Potansiyeli	35
4.2. Malatya İlinde Bulunan Yenilenebilir Enerji Yatırımları.....	36
5. ÜRETİM KİYASLAMASI YÖNTEMLERİ.....	38
5.1. Yöntem 1: Güneş Enerji Santrallerinin Teknik ve Fiziki Özelliklerine Göre Kıyaslanması.....	38
5.2. Yöntem 2: Güneş Enerji Santrallerinin Anlık Üretim Değerlerine Göre Kıyaslanması.....	55
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	64
KAYNAKLAR.....	68
ÖZGEÇMİŞ.....	72

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1.1.	Enerji kaynakları çeşitleri.....	1
Tablo 3.1.	TEİAŞ 2020 Ekim ayı enerji kurulu güç verileri.....	20
Tablo 3.2.	Türkiye’ye ait güneş enerjisi potansiyeli aylık ortalama değerleri.....	21
Tablo 3.3.	Türkiye’de bölgelere ait güneş enerjisi potansiyeli aylık ortalama değerleri.....	22
Tablo 3.4.	Yenilenebilir enerji teşvik tablosu.....	26
Tablo 3.5.	GES yer seçimi kriterleri ve gereklilikleri.....	27
Tablo 5.1.	GES 1 üretim değerleri.....	40
Tablo 5.2.	GES 2 üretim değerleri.....	41
Tablo 5.3.	GES 3 üretim değerleri.....	43
Tablo 5.4.	GES 4 üretim değerleri.....	45
Tablo 5.5.	GES 5 üretim değerleri.....	46
Tablo 5.6.	GES 6 üretim değerleri.....	48
Tablo 5.7.	GES 7 üretim değerleri.....	50
Tablo 5.8.	GES 8 üretim değerleri.....	51
Tablo 5.9.	Tüm GES üretim değerleri.....	52
Tablo 5.10.	GES-9 genel bilgiler.....	58
Tablo 5.11.	GES-9 üretim verim tablosu.....	58
Tablo 5.12.	GES-10 genel bilgiler	60
Tablo 5.13.	GES-10 üretim verim tablosu.....	60
Tablo 5.14.	GES-11 genel bilgiler.....	62
Tablo 5.15.	GES-11 üretim verim tablosu.....	63
Tablo 5.16.	GES-9, GES-10, GES-11’e ait üretim verim tablosu.....	63

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	2015 yılı kaynak bazlı elektrik üretim payı.....	2
Şekil 1.2.	2008 - 2018 farklı ülkelere ait güneş enerji değişimleri.....	3
Şekil 3.1.	2009 - 2019 yılları birincil enerji kaynaklarına göre Türkiye'nin kurulu gücü.....	17
Şekil 3.2.	Türkiye güneş enerjisi potansiyeli atlası	19
Şekil 3.3.	GES Autocad proje görüntüsü.....	23
Şekil 3.4.	GES tesisi.....	24
Şekil 3.5.	Taşıyıcı sistem ve panel kurulumu.....	24
Şekil 3.6.	Kurulumu bitmiş GES tesisi.....	24
Şekil 3.7.	GES elemanları.....	28
Şekil 3.8.	PV modül hücresi.....	29
Şekil 3.9.	PV modülleri.....	29
Şekil 3.10.	Monokristal hücre üretim safhaları.....	30
Şekil 3.11.	Polikristal hücre üretim safhaları.....	30
Şekil 3.12.	İnce film hücre yapısı.....	31
Şekil 3.13.	Arazi üzerine konstrüksiyon panel.....	31
Şekil 3.14.	String inverter.....	33
Şekil 3.15.	Trafo ekipmanı.....	33
Şekil 4.1.	Türkiye haritasında Malatya ilinin yeri	35
Şekil 4.2.	Malatya ili global güneş radyasyon dağılım haritası.....	36
Şekil 4.3.	Meteorolojik olarak Malatya İline ait güneşlenme süreleri.....	36
Şekil 5.1.	GES 1 saha görüntüsü.....	38
Şekil 5.2.	GES 1 uydu fotoğrafı.....	39
Şekil 5.3.	GES 2 saha görüntüsü.....	40
Şekil 5.4.	GES 2 uydu görüntüsü.....	41
Şekil 5.5.	GES 3 saha görüntüsü.....	42
Şekil 5.6.	GES 3 uydu görüntüsü.....	43
Şekil 5.7.	GES 4 saha görüntüsü.....	43
Şekil 5.8.	GES 4 uydu görüntüsü.....	44
Şekil 5.9.	GES 5 saha fotoğrafı.....	45
Şekil 5.10.	GES 5 saha fotoğrafı.....	46
Şekil 5.11.	GES 6 saha fotoğrafı.....	47
Şekil 5.12.	GES 6 uydu fotoğrafı.....	48
Şekil 5.13.	GES 7 saha fotoğrafı.....	48
Şekil 5.14.	GES 7 uydu fotoğrafı.....	49
Şekil 5.15.	GES 8 saha fotoğrafı.....	50
Şekil 5.16.	GES 8 üretim fotoğrafı.....	51
Şekil 5.17.	GES 4 ve GES 5 üretim değerlerinin kıyaslanması.....	53
Şekil 5.18.	GES 2, GES 4, GES 6 ve GES 7 üretim değerlerinin kıyaslanması.....	54
Şekil 5.19.	GES 5 ve GES 8 üretim değerlerinin kıyaslanması	54
Şekil 5.20.	GES 1 ve GES 3 üretim değerlerinin kıyaslanması.....	55
Şekil 5.21.	Aynı bölgede bulunan GES'ler	56
Şekil 5.22.	GES 9 uydu fotoğrafı	56
Şekil 5.23.	GES 9 saha fotoğrafı	56
Şekil 5.24.	GES 9 ölçüm fotoğrafı	57
Şekil 5.25.	GES 10 uydu fotoğrafı.....	58
Şekil 5.26.	GES 10 saha fotoğrafı.....	59
Şekil 5.27.	GES 10 ölçüm fotoğrafı.....	59

Şekil 5.28.	GES 11 uydu fotoğrafı.....	61
Şekil 5.29.	GES 11 saha fotoğrafı.....	61
Şekil 5.30.	GES 11 ölçüm fotoğrafı.....	62



SEMBOLLER VE KISALTMALAR

AC	: Alternatif Akım
AR-GE	: Araştırma Geliştirme
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
DC	: Doğru Akım
EİE	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi
ENH	: Enerji Nakil Hattı
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
GES	: Güneş Enerji Santrali
HES	: Hidroelektrik Santrali
kW	: Kilowatt
kWh	: Kilowatt Saat
MW	: Megawatt
MWh	: Megawatt Saat
Ph	: Potansiyel Hidrojen
PV	: Fotovoltaik
SCADA	: Merkezi İzleme Sistemi
TEDAŞ	: Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
TEİAŞ	: Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
YEGM	: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

MALATYA’ DA BULUNAN GÜNEŞ ENERJİ SANTRALLERİNE AİT ÜRETİM VERİLERİNİN ANALİZ EDİLMESİ

FATİH SAĞLAM

İnönü Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Enerji Bilimi ve Teknolojileri Anabilim Dalı

75 + IX Sayfa

2022

Danışman: Prof. Dr. Mehmet Salih MAMİŞ

Enerji ihtiyacının artması, fosil enerji kaynaklarının tükenmesi ve bunların çevreye verdiği zararlar birlikte alternatif enerji kaynaklarının önemi gün geçtikçe artmaktadır. Bu nedenle en önemli alternatif enerji kaynaklarından olan güneş enerji sistemleri giderek yaygınlaşmaktadır. Bu çalışmada, Malatya ilinde bulunan güneş enerji santralleri ile ilgili çalışmalar incelenmiş ve bunlara ait üretim analizleri yapılmıştır. Uygulama olarak birinci uygulamada Malatya ilinde Battalgazi ve Yeşilyurt İlçelerinde lisanssız olarak üretim yapan her biri 0.99 MW gücünde 8 farklı güneş enerji santralinin arazi bilgileri ve teknik bilgileri ile birlikte 2021 yılı Mayıs ayının 10, 11 ve 12. günlerine ait günlük toplam enerji üretimlerinin analizleri yapılmıştır. İkinci uygulama olarak da Malatya ili Battalgazi ilçesinde aynı bölgede bulunan kurulu güçleri farklı güneş enerji santrallerine gidilerek meteoroloji istasyonu kurulumu yapılmıştır. Aynı zaman dilimindeki güneş ışıınım değerleri ile santrallerin anlık üretim değerleri kayıt altına alınmıştır. Meteoroloji istasyonu verileri ile 3 farklı güneş enerji santralinin anlık üretimlerinin kıyaslanması sağlanmıştır. Ülkemizde artan nüfus ile artan enerji ihtiyacını karşılamak üzere yenilenebilir enerji kaynaklarının önemli olduğu bu dönemde GES’lerin tesis edilmeden önce arazilere uygun şekilde projelendirme yapılması ve mühendislik hizmetlerinin ihmal edilmemesi gerektiği anlaşılmıştır. Sonuç olarak Malatya ilinde bulunan güneş enerji santrallerinin panellere ait üretim tarihlerinin yeni olması, monokristal panel kullanımı ve diziler arasındaki mesafelerin fazla olması üretimleri etkileyen en önemli faktörler olarak öne çıkmış bulunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Güneş Enerji Santralleri, Üretim Verimliliği, Yenilenebilir Enerji Kaynakları,

ABSTRACT

Master Thesis

ANALYSIS OF PRODUCTION PERFORMANCE OF SOLAR POWER PLANTS IN MALATYA

Fatih SAĞLAM

Inonu University
Institute Of Science
Department of Energy Science and Technologies

75 + IX Page

2022

Supervisor: Prof. Dr. Mehmet Salih MAMİŞ

The importance of alternative energy sources is increasing day by day with the increase in energy need, the depletion of fossil energy sources and the damage they cause to the environment. For this reason, solar energy systems, which are one of the most important alternative energy sources, are becoming more and more widespread. In this study, studies on solar power plants in Malatya province were examined and their production analyzes were made. As an application, in the first application, the analysis of the daily total energy production of the 10th, 11th and 12th days of May 2021, together with the field information and technical information of 8 different solar power plants, each of which is 0.99 MW, producing unlicensed in Battalgazi and Yeşilyurt districts in Malatya province. As a second application, a meteorology station was installed in the Battalgazi district of Malatya province by going to solar power plants with different installed power in the same region. The solar radiation values in the same time period and the instantaneous production values of the power plants were recorded. The instantaneous productions of 3 different solar power plants were compared with the meteorological station data. It has been understood that in this period, when renewable energy sources are important in order to meet the increasing energy demand with the increasing population in our country, it is necessary to design projects in accordance with the lands before the establishment of SPPs and not neglect the engineering services. As a result, the new production dates of the solar power plants in Malatya, the use of monocrystalline panels and the large distances between the arrays have come to the fore as the most important factors affecting the production.

Keywords: Solar Power Plants, Renewable energy sources, Production Efficiency

1. GİRİŞ

Günümüzde enerji, ekonominin en temel parametreleri arasındadır. Ülkeler arası rekabetin artması, halkın yaşam kalitesinin iyileştirilmesi, artan talepler ve maliyetlerinin yükselmesi ile tüm dünyada enerji çok önemli bir noktaya gelmiş bulunmaktadır. Bu maliyetleri düşürmek ve enerji ihtiyaçlarının karşılanabilmesi için kaynaklarının etkili ve verimli bir şekilde kullanılması zaruri hale gelmiş bulunmaktadır.

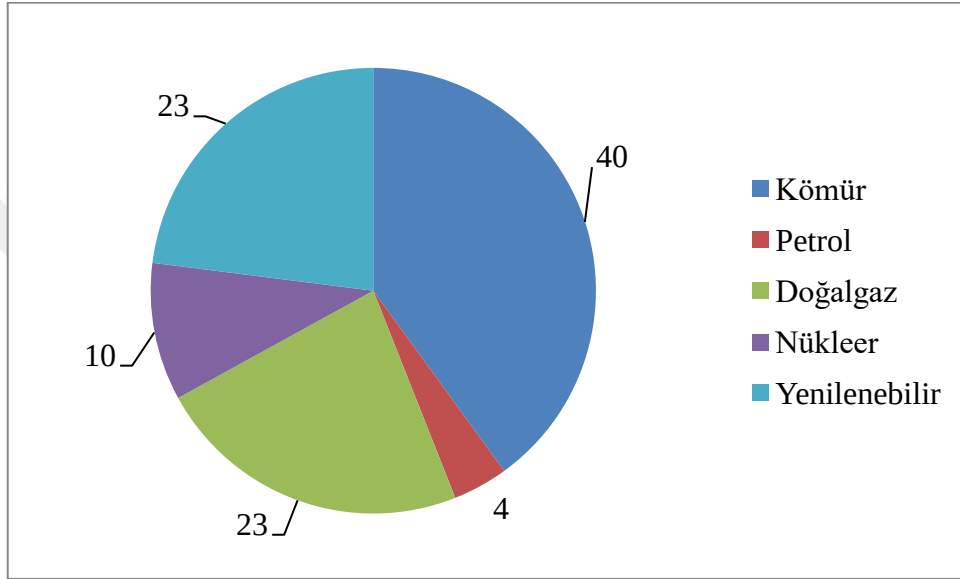
Yaşamın her alanında giderek önem arz eden enerji birçok kaynak ve farklı metotlar kullanılarak elde edilmektedir. Tablo 1.1 de görüldüğü üzere bu kaynaklar yenilenemeyen enerji kaynakları ve yenilenebilir enerji kaynakları olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Enerji kaynakları kullanışlarına göre ve dönüştürülebilirliklerine göre iki kısımda incelenir. Kullanışlarına göre yenilenebilir ve yenilemez kaynaklar olarak, dönüştürülebilirliklerine göre de birincil ve ikincil olarak kendi içinde kısımlara ayrılmış bulunmaktadır.

Tablo 1.1. Enerji kaynakları çeşitleri

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

Doğada çeşitli formlarda bulunan enerji kaynakları fosil kökenli, nükleer ve yenilenebilir (alternatif) olmak üzere üç temel kategoriye ayrılmaktadırlar. Bunlardan fosil kökenli kaynakları meydana getiren kömür, petrol ve doğalgaz geleneksel enerji üretim hammaddeleri olup en yaygın kullanım alanına sahiptirler (Gibilisco, 2007).

2015 yılı verilerine göre dünya genelinde kaynak bazlı elektrik enerjisi üretim payları Şekil 1.1.'de verilmiştir. Burada görüldüğü üzere en fazla üretim sırasıyla kömür, doğalgaz, nükleer ve petrol olarak sıralanmaktadır.

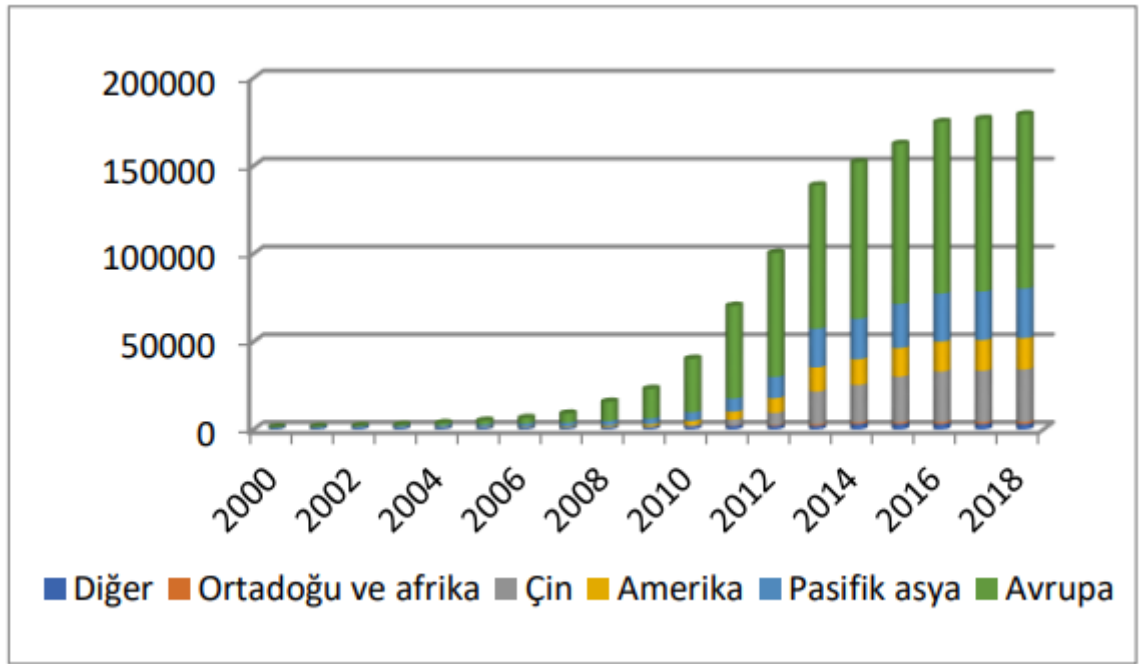


Şekil 1.1. 2015 yılı kaynak bazlı elektrik üretim payı

Fosil yakıtlarının elektrik üretiminde kullanımı birçok sorunu da beraberinde getirmektedir. Günümüzde karbon emisyonlarının çevreye verdiği zararlar önemli boyutlara ulaşmıştır. Çevresel etkileri azaltma hedefine yoğunlaşan faaliyetler, genellikle gaz emisyonlarının minimum seviyeye indirilmesini hedeflemektedir. Karbon emisyonlarının en büyük kaynağı enerji faaliyetlerinde fosil yakıtların kullanılmasıdır. Enerji talebi fazlaştıkça karbon emisyonu da giderek artmaktadır. Sera gazlarının çok yoğun bir kısmı enerji faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle sera gazlarını en aza indirmek için yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmek adına gerekli teknolojik yatırımların yapılması gerekmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları çevresel faktörler, enerjinin sürekliliği ve dışa bağımlılık adına birçok açıdan önem taşımaktadır (Çoban ve Şahbaz Kılınç, 2016).

Dünya çapında sınırlı sayıda fosil yakıt rezervlerinin bulunuyor oluşu, fosil yakıt kullanımının çevreye verdiği zarar konusunda farkındalığın artması ve ülkelerin kendi enerji kaynaklarına sahip olma istekleri alternatif enerji kullanımını gündeme getirmiştir.

Bu noktada, ulaşılması kolay çevre dostu enerji kaynaklarına olan talep gün geçtikçe artmaktadır. Başlıca Dünya ülkelerinde güneş enerji sistemlerinin 2008-2018 yılı değişimi Şekil 1.2’de görüldüğü üzere ülkelerin son yıllarda güneş enerji yatırımlarının ciddi artışları hissedilmektedir (Nedimoğlu ve Gümüş, 2019).



Şekil 1.2. 2008 – 2018 farklı ülkeleri ait güneş enerji değişimleri

Dünyada olduğu gibi ülkemizde de alternatif enerji kaynaklarını verimli kullanmak ve yaygınlaştırmak adına ciddi politikalar izlenmektedir. Elektrik üretimi için alternatif enerji kaynakları son yıllarda popüleritesi artmış konulardandır. Alternatif enerji kaynakları; rüzgar, jeotermal, biyokütle ve güneş enerjisi olarak sınıflandırılmaktadır (Çetin, 2019).

2. GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALLERİNDE ELEKTRİK ÜRETİMİ

Kılıcı (2020) yaptığı çalışmada, Kayseri ilinde bulunan 5 farklı güneş enerji santrali tasarımı yapılarak yıllık üretim değerlerini incelemişlerdir. Santralin bulunduğu konumda; sabit sistem ile tek yüzeyli panel, mevsimsel açısı değişebilen sistem ile tek yüzeyli panel, tek eksenli hareketli sistem ile tek yüzeyli panel, sabit sistem ile çift yüzeyli panel ve tek eksen hareketli sistem ile çift yüzeyli panellerin olduğu sistemlerin kurulumunun yapılması durumları incelenmiş ve sonucunda hareketli ve çift yüzeyli panel ile yapılan sistemin 2391.6 MW saat elektrik üretim yaparak en verimli güneş enerji santrali olduğu tespit edilmiştir. Bu tez ile yeni tasarlanacak FV güneş enerjisi santrallerinin güneşten daha fazla yararlanabilmesi için çift yönlü hareketli sistemler üzerinde ve çift yüzeyli paneller üzerinde çalışmalar yapılması görüşüne varılmıştır.

Iram ve diğ. (2021) yaptıkları çalışmada, Pakistan'daki güneş enerjisi yatırımı için yer seçimi sürecinde yeterli araştırma yapılmadığı anlatılmıştır. Bu çalışmada güneş enerjisi potansiyeline sahip kriterler tanımlanarak bu kriterlere göre önerilerde bulunulmuştur. Literatürden elde edilen çoklu ana ve alt kriterlere dayalı olarak Pakistan'ın birçok bölgesine GES projelerini kurabilmek için matematiksel bir formülizasyon kullanılmıştır. Bu çalışmada Pakistan'da elektrik şebekesi olmayan kırsal kesimlerin güneş enerjisine uygun sahaların değerlendirmesi de yapılmıştır. Sonuçlarda önemli kriterler; insan yoğunluğu, para arzı, bölgenin önemi, arazi maliyeti ve güneş değerleridir. Çalışma sonunda Belucistan'ın Barkhan ilçesinin GES için en ideal bölge olduğunu anlaşılmaktadır. Sırasıyla Jacobabad ve Mastung bölgeleri takip etmektedir. Bu çalışma ile kırsal bölgelerde ülkede sağlanan enerjiden daha ucuza enerji temini sağlanabileceği görülmektedir.

Şahin (2019) yaptığı çalışmada, Amasya Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi kampüs çatısı üzerine kurulu 800 adet güneş paneli ile 200 güneş enerji santralinin uzaktan izleme yöntemi ile elde edilen verilerin ortam sıcaklığı, panel yüzey sıcaklığı, rüzgâr hızı, rüzgâr yönü, güneş radyasyonu, gibi iklim şartlarına göre nasıl değiştiği ve bunun enerji verimine etkileri incelenmiştir. Fotovoltaik sistemin teknik verim özelliklerine bakıldığında güneşli fakat serin günlerde daha yüksek güç çıkışı verdiği tespit edilmiştir. Elde edilen karşılaştırma verilerine göre güneş enerji santrallerinin kurulduğu coğrafi konumun enerji üretimine doğrudan katkıda bulunduğu tespit edilmiştir. Özellikle çatı üstünde kurulacak sistemdeki panellerde kirliliği en aza indirmek için baca çıkışlarından panelleri mümkün olduğunca uzağa konumlandırmakta fayda olduğu ve özellikle kurulum işletme ve iletim

masrafları dikkate alındığında tüketim merkezlerine yakın olan bölgelerde kurulumun uygun olduğu görüşüne varılmıştır.

Gerçek (2018) yaptığı çalışmada, GES kurulumu için gereken ölçütler ile bunların adımları incelenmiştir. Güneş enerjisi santrallerinin en verimli konumunun tesis edilmesi için CBS'den faydalanılarak konumsal incelemelerin verim açısından önemi anlatılmıştır. Bu sonuçlar neticesinde Malatya şehri bölgesel alan olarak seçilmiş ve bu şehirde GES projelerini faaliyete geçirebilmek için en uygun bölgenin belirlenmesi hedeflenmektedir. Tüm ölçütlere bakıldığında (bakı, güneşlenme, trafo merkezi mesafesi vs.) Malatya şehrinin Battalgazi, Yazıhan ve Yeşilyurt ilçelerinin GES kurulması açısından en verimli lokasyonlar olduğu belirlenmiştir. Malatya şehrinde toplamda 48.959 hektar alan GES tesisi için uygun alanlar olarak görülmektedir. Bu çalışmaların verimli olarak uygulanabilmesi için CBS'den daha fazla verim alınarak yenilenebilir enerjiden en üst düzeyde faydalanılmalıdır.

Gorjian ve diğ. (2021) yaptıkları çalışmada, su üzerinde kullanılan solar sistemlerin 2016 yılından bu yana yenilenebilir enerji pazarında önemli bir büyüme yaşayarak gelişmekte olan bir teknoloji haline geldiği anlatılmıştır. Girişimler ile birlikte teknik iyileştirmeler sonucunda 2024 yılında bu teknolojinin büyüme oranını %31'in üzerine çıkaracağı tahmin edilmektedir. Bu sistem tanıtılırken teknik gelişmeleri derinlemesine araştırılmaktadır. Su üzerinde kullanılan ve yere montaj yapılan güneş panel sistemler arasındaki karşılaştırma yapılmaktadır. Ayrıca güneş enerji tesislerinin ekonomik ve çevresel etkileri, ana zorluklar ve beklentiler tanıtılarak sunulmaktadır. Güneş santralleri geleneksel olarak durgun su ve baraj rezervuarlarına kurulabilir veya üretim tesisleri için çok amaçlı sistemler olarak uygulanabilir. Güneş enerji santrallerinin su rezervuarları üzerine kurulması buharlaşmayı önleyebilmektedir. Olumsuz yönleri ise deniz bitkilerinde tuz birikmesi ve çiçeklerinin büyümesi, modülleri zamanla bozabilecek ve su ekosistemini olumsuz etkileyebilecek diğer önemli konulardır. Su üzerinde kullanılan solar sistemlerin maliyetleri şamandıraların, demirlemelerin ve ankraj sisteminden dolayı saha GES'lerinden yaklaşık %25 daha fazladır. Su üzerinde kullanılan solar sistem teknolojisinin gelecekte hem teknoloji hem de malzemelerde daha fazla araştırma, geliştirme ve ilerleme ile daha uygun fiyatlı hale gelebileceği tahmin edilmektedir.

Çetin (2019) yaptığı çalışmada, güneş enerji santrallerinin performanslarına etki eden faktörler ve yapılan ölçümler sonucunda üretim kayıplarının azaltılması için alınacak önlemler anlatılmaktadır. Mevcut GES'lerin performans ölçümleri yapılarak kayıpların

azaltılması ile enerjinin daha verimli kullanılacağı vurgulanmıştır. Bu çalışma ile dizi seviyesinde akım-gerilim eğrisi ölçümü yapılarak panellerin performansları test edilmiştir. Güneş enerji santralının kurulum hatalarının incelenmesi ve yapılan testler ile sonuçların değerlendirilmesi yapılarak sistem kontrolü, oluşabilecek problemlerin önceden bilinmesi ve tespit edilmesi hedeflenmiştir.

Kocaaslan (2018) yaptığı çalışmada, Malatya ili Görgü Mahallesi'nde bulunan bir çiftlik evinin çatısına 12 kW gücünde güneş enerji santrali kurulumu yapılarak çiftliğin elektrik tüketimini karşıladığı ve üretilen fazla enerji miktarının da dağıtım şirketine satıldığı anlatılmaktadır. Yapılan GES tesisindeki tüm malzemelerin birim fiyatları hesaplanmıştır. Güneş enerji santralının amortisman süresinin 8 yıl olduğu görülmüştür. Tesisin amortisman süresi bitimi itibariyle yıllık olarak yaklaşık 3.000 \$ gelir elde edeceği hesaplanmıştır. Ülkemizde binalarda yapılacak olan GES'lerin de yaygınlaştırılması ile büyük bir enerji verimliliği sağlanacağı kanaatine varılmıştır.

Şahin ve diğ. (2020) yaptıkları çalışmada, güneş enerjisinin faydalı biçimlere dönüştürülmesini geliştirmek için kullanılan çeşitli teknikler anlatılmaktadır. Nano akışkanların kullanımı, enerji kullanımını arttırmaya yönelik aktif araştırmalarda öne çıkan tekniklerden biridir. Burada performanslarının iyileştirilmesi için farklı tipteki güneş kollektörlerinde nanoakışkanların kullanımını gösteren çeşitli yeni çalışmalar için yapılmıştır. Güneş enerjisi sistemlerinde nanoakışkanların kullanımındaki mevcut zorluklar göz önüne alındığında gelecekteki araştırma yönleriyle ilgili bazı önerilerde bulunulmuştur. Yeterli güneş emilimi için nanoparçacıkların uygun dağılımının önemli bir konu olduğuna tanık olunmuştur. Güneş kollektörü performansının iyileştirilmesi, üzerinde olumsuz neticelerle sonuçlanabileceği belirli nanoakışkan hacim oranı sınırına kadar kabul edilir. Partikül boyutu, pH değeri ve nanopartiküllerin yeterli dağılımının uygun kombinasyonu, verimlilik artışına neden olur. Tüm olası nanoparçacıklar arasında karbon nanotüpler, genel olarak dinlenme ile karşılaştırıldığında daha verimli bir sonuç elde edilir. Nanopartiküllerin optik özelliklerinin, nanoakışkanlardaki güneş ışınımının absorpsiyon, sönme katsayısı ve penetrasyon derinliğinde önemli bir etken olduğu belirtilmektedir.

Yolcan ve Köse (2020) yaptıkları çalışmada, ülkemizde enerji faaliyetleri, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ve güneş enerjisinin mevcut potansiyeli anlatılmaktadır. GES yapımında kullanılan ve önem arz eden ana kalemler, GES'in verimli olması, mevzuatlar ve çevreye etkileri olmak üzere 3 temel madde altında anlatılmıştır. Ayrıca, çeşitli yöntemler kullanılarak güneş enerjisi santralinde yer seçiminin nasıl yapıldığı

incelenmiştir. Bu çalışma ile, Dumlupınar Üniversitesine ait olan Kampüs alanı incelenmiştir. AHP metoduyla Güneş enerji santrali kurulumunun yapılabileceği bölgeler belirlenmiştir. Fosil yakıtlarının çevreye verdiği zararlar, enerji maliyetlerinin artması ve ülkemizin yenilenebilir enerji kaynakları açısından verimliliğini düşünüldüğünde GES yapımı için gerekli yatırımlarının yaygın hale gelmesinin özendirilmesinden bahsedilmektedir. Dumlupınar Üniversitesi kampüsünde yapılan incelemeler sonucunda eğim, bakı, kampüs içerisinde bulunan binalar, su alanları ve yollar gibi birçok kritere bakılmıştır. Bunun sonucunda bölgeler tespit edilmiş ve karar verme yöntemiyle kampüs alanı içinde GES yapımına uygun haritalar oluşturulmuştur.

Özbay ve Karafil (2019) yaptıkları çalışmada, Dünya’da ve Türkiye’de güneş enerji potansiyeline bakarak birtakım tespitler yapmışlardır. İleriki yıllarda ülkemizde yapılacak olan GES tesislerine ait bilgiler verilmiştir. Ülkemizde yapılacak GES’lere ait destekler hakkında bilgiler verilmiştir. Bilecik ilinde lisanssız olarak yapılacak olan 100 kW’lık bir GES’in maliyet analizleri yapılmıştır. Bununla birlikte birçok tarife grubuna göre(sanayi, ticarethane, mesken ve tarımsal sulama) fayda maliyet analizleri yapılarak amortismanları hesaplanmıştır. Bilecik ilinde lisanssız 100 kW lık güneş enerji santraline ait amortisman analizi yapılarak farklı abone gruplarına göre amortisman süreleri hesaplanmıştır. En kısa geri dönüşümü olan abone grubu ticarethane olup 4.2 yıl olarak belirlenmiştir. En uzun amortisman olarak çıkan abone grubu da meskene ait olup 8.1 yıl olduğu görülmüştür.

Mancini ve Nastasi (2020) yaptıkları çalışmada, Avrupa Birliği hedeflerinden olan sürdürülebilir kalkınma için mevcut enerji sistemlerinde güçlü değişikliklerin yanı sıra çevresel kaynakların da kararlı bir şekilde korunması anlatılmaktadır. Bu çalışmada kurumlar tarafından sağlanan üç açık veri tabanının mevcudiyeti sayesinde hedeflere ulaşabilmek için toprak tüketimi, elektrik tüketimi ve yenilenebilir elektrik üretimi için tarihsel eğilimleri ve politika senaryoları karşılaştırılmıştır. Bu çalışma yenilenebilir elektrik payı hedefine ulaşmak için teşvik edilecek politika önerilerine ve yollara yönelik talebin yanı sıra 2030’daki tek tüketim eğiliminin azaltılmasına yönelik talepleri belirlemek için ele alınmıştır.

Boztepe (2017) yaptığı çalışmada, dağıtım şebekesine bağlı bir GES tesisinin verimini, bu tesisin kullanım ömrünü ve üreteceği enerji miktarını etkileyen önemli faktörler incelenmiştir. Bu kriterlerin tesise etkileri araştırılarak sonuçları ele alınmıştır. Bu çalışmada bir GES tesisinin en verimli şekilde çalışması için gerekli parametreler incelenmiş ve verimin artırılması için yapılması gereken koşullar anlatılmıştır. Verimlilik

için birçok kriter bulunmakta olup bunların başında panel yerleşimi, sıcaklık, dc kablolama, arazi kullanımı ve gölgeleme ile uyumsuzluk kayıpları bulunmaktadır. Güneş enerji sistemlerinde enerji üretim miktarlarını matematiksel modeller kullanarak gerçeğe daha yakın sonuçlar ortaya çıkacağı kanaatine varılmıştır.

Biçen (2018) yaptığı çalışmada, Bursa ilinde çeşitli teşvik mekanizmaları da dikkate alınarak tarım arazisi veya tarım işletmelerine kurulabilecek GES'lerden elde edilebilecek elektrik enerjisinin teknik ve ekonomik analizleri yapılmıştır. Güneş enerji santrali ele alınarak enerji üretim parametreleri ortaya konulmuştur. Bursa ilinde tarım arazilerine ya da işletmelerine kurulacak 23 kW'lık bir güneş enerji santralinin teknik ve ekonomik analizi incelenmiştir. Üretim verileri incelendiğinde monokristal panellerden oluşan tesisten elde edilen yıllık enerji üretimi 28081 kWh ile 32239 kWh arasında ve ekonomik ömür boyunca elde edilen toplam enerji üretimi 617838 kWh ile 709250 kWh arasında değişmektedir. Polikristal panellerden oluşan GES'ten elde edilen yıllık enerji üretimi ise 26209 kWh ile 31886 kWh arasında ve ekonomik ömrü boyunca toplam enerji üretimi 524179 kWh ile 637720 kWh arasında olup monokristal GES'e göre daha az üretim yaptığı görülmüştür. Bu sonuçlar ile GES'lerin kendini geri ödeme sürelerine bakıldığında ekonomik ömürlerinin farklı olması nedeniyle monokristal panel kullanılan GES'in amortisman süresinin 6.1 olduğu görülmektedir. Polikristal panel kullanılan GES'in amortisman süresinin de 6 yıl olduğu görülmektedir. Maliyetlerin zamanla düşmesi ve teknolojinin de gelişimi dikkate alındığında gelecekte teşvik mekanizmalarına daha az gereksinim duyulacağı öngörülmektedir. Ancak günümüz koşullarında geleceğin enerji üretim teknolojilerinden biri olması beklenen fotovoltaik teknolojinin sübvansede edilmesi yaygınlaşmasını sağlamak açısından önemli olduğu düşünülmektedir.

Herez ve diğ. (2020) yaptıkları çalışmada, yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş enerji sistemlerinin hibrit sistemler ile farklı modellemeleri anlatılmaktadır. Aynı zamanda, güneş enerjisi sistemlerini birleştirmek, güneş radyasyonlarından elde edilen kazanımları amaçlayan Fotovoltaik/Termal (PVT) hibrit güneş sistemi, aynı anda elektrik ve ısı üretimi sağlamak için güneş enerjisi kollektörleri ve güneş fotovoltaiklerinin birleştirilmesiyle elde edildiği anlatılmaktadır. Bu makalede, termoelektrik jeneratörlerin PVT sistemi ile entegrasyonunun yanı sıra, PVT hibrit güneş sistemlerinin çalışma prensibi, faydalarını ve çeşitli biçimlere göre sınıflandırmalarını içeren PVT hibrit güneş kollektörleri hakkında incelemeler yapılmıştır.

Kurucu (2017) yaptığı çalışmada, Türkiye'nin yenilenebilir enerji potansiyeli Mackay'ın (2009) yöntemi ile rüzgâr, su, güneş vd. kaynaklara göre ayrı ayrı hesaplanarak Türkiye'nin enerji ihtiyaçlarını kendi yerel ve yenilenebilir kaynaklarından karşılayıp karşılayamayacağı sorusuna yanıt aranmıştır. Türkiye yeni ve yenilikçi enerji uygulamalarıyla Avrupa Birliği 'temiz kalkınma prensipleri ve 'su çerçeve direktifleri' çerçevesinde ihtiyacı olan bütün enerjiyi ve hatta daha fazlasını kendi yerel ve yenilenebilir kaynaklarından sağlayabilir olduğu görüşüne varılmıştır.

Kocakuşak (2018) yaptığı çalışmada, ülkemizde tüketilen enerji miktarı nüfus artışı ve sanayileşme nedeniyle her yıl %6 arttığı ve bu nedenle yenilenebilir enerji kaynaklarından olabildiğince faydalanılması gerektiği belirtilmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından bahsedilmiş olup bu kaynakların biri olan güneş enerjisinin ülkemizdeki başvuru süreci ve fayda maliyeti hesabı hakkında çalışma yapılmıştır. Bu çalışma ile günümüzde kurulabilecek GES'ler için fizibilite çalışmasıyla beraber enerji verimliliği ve kurulum aşamasında kullanılan ekipmanlar detaylı bir şekilde anlatılmıştır. Örnek olarak da Gebze Organize Sanayi Bölgesinde 1 MW' lık Lisanssız örnek bir çatı GES kurulumu modellenerek kurulum maliyeti ve amortisman hesabı yapılmıştır.

Uzar ve Koca (2019) yaptıkları çalışmada, klasik mantığa ve bulanık mantığa dayanan iki farklı yöntemin analizi ile İzmir'in Menemen ilçesi için GES uygunluk haritası oluşturulması amaçlanmıştır. Bu amaçla, klasik mantığa dayanan ilk yöntem analizinde, santralin kuruluşuna etki edecek kriterler (eğim, arazi kullanımı, akarsulara uzaklık, göllere uzaklık, yollara uzaklık, enerji nakil hattına olan uzaklık) belirlenmiştir. Analitik Hiyerarşi süreci ile ağırlıklandırılmış ve her bir kritere göre uygunluk alanları belirlenirken uygun olmayan, az uygun olan, orta ve yüksek uygun olmak üzere bölgeler 4 kısımda değerlendirilmiştir. İkinci yöntem analizinde ise kriterler Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci ile ağırlıklandırılmış ve her bir kritere göre uygunluk bölgeleri oluşturulurken uygunluk 0 ile 1 arasındaki değerler ile gösterilmiştir. Elde edilen analiz sonuçları doğrultusunda Menemen bölgesine ait güneş enerjisi santralleri kurulumu için, yer seçiminin klasik mantığa göre birinci durumda %65.91'i uygunsuz, %0.38'i az, %11.63'ü orta, %22.08'i ise yüksek uygunlukta olduğu görülmektedir. Bulanık mantığa dayanan ikinci durumda ise yer seçiminin %65.91'i uygunsuz, %4.96'sı az, %13.52'si orta ve %15.61'i ise yüksek uygunlukta olduğu görülmektedir.

Mohammadi ve diğerlerinin (2020) yaptıkları çalışmanın amacı güneş enerjisine dayalı çoklu üretim sistemlerinin farklı bileşenlerini, potansiyellerini, zorluklarını, gelecekteki

araştırma yönlerini ve pazar perspektiflerini kapsamlı bir şekilde incelemek ve sınıflara ayırmak olmuştur. Bu çalışma aynı zamanda güneş enerjisi sistemlerinin çoklu üretim amaçları için sistemleri hibritleştirmek için nasıl kullanılabileceğini de ele almaktadır. Sistemler sadece güneş enerjisine dayalı ve güneş enerjisinin diğer yenilenebilir kaynaklarla birlikte kullanıldığı hibrit güneş enerjisine dayalı olarak sınıflandırılır. Literatürün gözden geçirilmesi, çeşitli farklı çevrimleri ve cihazları birleştirerek güneş enerjisiyle çalışan çoklu üretim sistemleri oluşturmanın sayısız yolunu göstermektedir. Bu tür sistemler verimliliği artırmak, işletme maliyetlerini minimum seviyeye indirmek ve karbondioksit emisyonunu azaltmak gibi birçok fayda sağlar. Bu çalışma ile güneş enerjisiyle çalışan çoklu üretim sistemlerinin gelişimine katkıda bulunmak ve bu tür sistemlerin farklı yönleri üzerinde daha fazla araştırma yapılması sağlanacaktır.

İzgi ve Özcan (2020) yaptıkları çalışmada, Bursa'nın Osmangazi ilçesinde, monokristal, polikristal ve ince film olmak üzere üç fotovoltaiik teknoloji ile çalışan 1 MW gücünde şebekeye bağlı fotovoltaiik santralin aylık ve yıllık performans analizi incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, monokristal, polikristal ve ince film sistemlerinin, sırasıyla yılda 1416 MW saat, 1202 MW saat ve 1150 MW saat elektrik üreteceği, yıllık ortalama performans oranlarının %85, %72.1 ve %70 olacağı ön görülmektedir. Bu çalışma, monokristal sistemin enerji üretimi açısından ve kapladığı alan bakımından dikkate değer bir avantaja sahip olduğu sonucuna varmaktadır ve bu da yer kısıtlamaları olan alanlar için monokristal sistemlerin daha uygun olduğu tespit edilmiştir. Antalya, Bursa ve Ordu illerinden elde edilen enerji üretim miktarları incelendiğinde PV dizisinden elde edilen çıkış enerjisinin, güneş radyasyonu potansiyelinden, ortam sıcaklığından ve sistem kayıplarından güçlü bir şekilde etkilendiği görüşüne varılmıştır. Güneş radyasyon oranı en yüksek olan sırasıyla Antalya, Bursa ve Ordu illerinde elektrik üretim miktarları oranı da aynı sırayla gerçekleştiği görülmektedir.

Sarı ve Özyiğit (2020) yaptıkları çalışmada, Cumhuriyet üniversitesi yerleşkesinde tesis edilecek güneş enerji santralinin ekonomik analizi yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda monokristal modüllerle kurulan sistemin veriminin polikristal modüllerle kurulan sistemin veriminden daha yüksek olduğu fakat monokristal modüllerle kurulan sistemin daha maliyetli olduğu görülmüştür. Yapılan çalışmada 30 yıl boyunca gerçekleşecek enerji satışından elde edilen getiri monokristal GES için 4.140.900 \$, polikristal GES için 4.111.100 \$ olarak hesaplanmıştır. Sistem ömrü boyunca elde edilen getiri arasındaki fark 29.800 \$'dır. Bu çalışma ile kurulumu düşünülen sistemin monokristal modüllerden

oluşması hem modül veriminin daha yüksek olması hem de sistem ömrü sonunda getirdiği kazancın daha fazla olması sebebiyle daha doğru bir yatırım olduğu kanaatine varılmıştır.

Ahmed ve Ahmed (2021) yaptıkları çalışmada, meskenlerin güneş enerjisi sistemlerine uygunluğu ve bundan sonra yapılacak bina, tesis ve katlı yapılarda güneş enerji sistemlerini dikkate alarak mimari yapıların tasarlanması gerekliliği vurgulanmıştır. Güneş enerjisi sistemlerinin başlangıç maliyetleri fazla olsa da geri dönüş verimliliklerinin yüksek olması nedeniyle cazip bir yatırım haline geldiği belirtilmektedir. Bu makale, mimari tasarım ile hem yapısal sistemi hem de bina enerji performansını maksimum seviyeye getirmek için entegre bir tasarım yaklaşımının metodlarını ve sonuçlarını tanıtmaktadır. Bu makalede verimli binalar için bina cephelerinin yanı sıra konforlu kentsel ortamların oluşmasına yönelik bir dizi pratik ve etkili tasarım yaklaşımları tanıtılmıştır. Özellikle yüksek binalarda kaynak israfını önlemek ve en verimli binalar için gerekli tasarımlar yapılarak sürdürülebilir çerçeveler geliştirilmiştir.

Akdağ ve Yeroğlu (2019) yaptıkları çalışmada, güneş enerjisi santralleri tesis edilmeden önce gerekli fizibilite çalışmaları yapılarak GES yapılacak en doğru bölgenin seçimi, şebekeye verilecek enerjinin sisteme herhangi bir etkisinin olup olmayacağı ve işletme şartlarının incelenmesi gibi kriterler anlatılmaktadır. Bu kapsamda PVsyst programı ile birlikte Malatya yöresinde güneş santrali kurulmaya uygun 4 bölge, meteorolojik veriler ile tespit edilmiştir. Bu bölgelerde 100 dönüm arazi üzerinde kurulacak güneş santralinin yıllık enerji üretim değerleri bulunarak bu dört bölgeden en iyi sonucu veren bölge seçilmiştir. PVsyst programında kullanılan güneş paneli ve inverterlerin etiket değerlerine bağlı kalınarak DigSilent programında güneş santralinin modellenmesi 13 baralıklı bölge 154 kV güç sistemi ile yapılmıştır. Modellemede güneş santralinin tanımlanan voltaj sınırlarını ihmal etmeden (0.955-0.985 pu) ilgili güç sistemine entegrasyonu sağlanmıştır. Güneş santralinin yaklaşık 2 ay boyunca çalıştığı koşullarda dinamik simülasyonu yapılarak bu voltaj sınır değerlerini koruduğu gözlemlenmiştir. Güneş santralinin 1 günlük yüklenme durumları modellemede ele alınmış olup güneş santralinde istenilen üretim performansının istenilen seviyede olduğu tespit edilmiştir.

Yalçın ve Yüce (2019) yaptıkları çalışmada, Burdur ilinde mevcut bulunan güneş enerjisi santrallerinin verim hesapları birkaç kriter kullanılarak CBS ortamında Analitik Hiyerarşi Prosesi metodu yardımıyla yapılmıştır. Bu ilimizde güneşten ne kadar faydalandığı ve GES'lerin kurulmasının ne kadar önem arz ettiği belirtilmiştir. Bu yapılan çalışmada Burdur ilinde bulunan ve tesis edilmiş GES'lerin yerlerinin uygunluk değerlendirme

alışmaları ilk defa yapılmış bulunmaktadır. Yapılan alışma sonucunda Burdur ilinde yapılan GES'lerin büyük bir kısmının verimli alanlara yapıldığı tespit edilmiştir. lke ekonomisi ve maliyetleri nedeniyle yatırımlarının kolay olmadığı bu tesislerin en verimli şekilde üretim yapabilmesi adına bundan sonraki süreçte mekânsal uygunluk değerlendirmelerinin yapılarak GES yatırımlarının başlatılması gerektiği anlaşılmaktadır. Böylece bu yöntemler ile daha verimli alanların tespiti kolayca yapılabilecektir.

Nefedova ve diğ. (2021) yaptıkları çalışmada, CBS teknolojileri kullanılarak güneşlenme ve kar örtüsünün değişkenliğinin iklimsel özellikleri ile birlikte güneş enerjisi santrallerinin işletim kararsızlığı risklerinin değerlendirilmesine yönelik yöntem sunulmaktadır. Bu alışma özellikle çok çeşitli iklim koşullarına sahip ülkeler için önemlidir. Bu teknik için özellikle iklim koşulları dikkat alındığında Rusya'nın bölgeleri için toplam güneşlenme sürelerinin istatistiksel özelliklerinin yıl içi ve yıldan yıla değişimi hesaplanmıştır. CBS teknolojilerinin kullanımı, güneş radyasyonunun değişkenliğinin alan üzerindeki dağılımını değerlendirmeye mümkün kılmıştır. Bu makale, güneş enerjisinin son yıllarda aktif olarak geliştiği farklı güneşlenme koşullarına sahip Rusya'nın güneyinde bulunan Altay Cumhuriyeti için hesaplamaların ve oluşturulmuş haritaların sonuçlarını sunmaktadır. Geçmiş yıllara ait güneşlenme süreleri ve üretimlerin tespiti yapılarak maksimum verimli üretim yapan güneş santrallerinin kurulması hedeflenmiştir. Bu bölgelerde, güneş enerji santrallerinde yüksek düzeyde elektrik üretimi yapacak tesisler kurmak için gerekli veri çalışmaları yapılarak sahalalar belirlenmiştir.

şevik (2017) yaptığı çalışmada, Karabük ilinde, kurulu gücü 122 MW olan 4 adet lisanslı ve 1 adet lisanssız olmak üzere toplamda 5 adet aktif güneş enerji santrali incelenmiştir. Bu alışmada, Karabük ili için enerji dengesi incelenmiş ve enerji akış şeması oluşturulmuştur. Karabük'n enerji alanındaki potansiyelini ortaya koymakta ve sürdürülebilirliğin sağlanmasıdaki mevcut rolüne bakış açısı sunmaktadır. Karabük iline ait enerji üretim ve tüketim verileri paylaşılmıştır. Karabük ilinde yenilenebilir enerjinin toplam kurulu gücü içerisinde payı % 58.8 iken toplam enerji üretimi içerisindeki payı ise % 32'dir. Üretim-tüketim oranları, planlanan ve lisans almış yatırımlar, il genelindeki kaynaklar düşünüldüğünde ve üstüne üstlük enerji tüketiminin sürekli arttığı günümüzde Karabük ili için enerji üretiminin tüm tüketimi karşılamasının mümkün görülmediği tespit edilmiştir.

Nacar (2021) yaptığı çalışmada, Osmaniye'de bulunan güneş enerji sahaları incelenmiştir. Bu sahalardan Arcgis programı yardımı ile güneş enerji sistemi tesis edilerek tamamlanmış ve üretime geçmiş parsellerin Coğrafi Bilgi Sistemine işlenerek bu tesislerin enerji üretim

değerleri incelenmiştir. Bu çalışmada Osmaniye ili ve ilçelerinde tesis edilen güneş enerji sistemlerinin, ilçe bazlı olarak belirli yıl kriterleri verilerek m^2 ye düşen enerji miktarları ortaya çıkarılmıştır. Bu sonuçlar neticesinde m^2 ye düşen enerji üretim miktarları bulunarak ilçelerde üretim kıyaslaması yapılabilir hale gelmiştir. Yapılan üretim kıyaslaması incelendiğinde arazi kullanımı açısından m^2/kW oranında Osmaniye ve ilçelerine bakıldığında en verimli ilçenin Hasanbeyli İlçesi olduğu tespit edilmiştir. Osmaniye ilinin yüzölçümü 3767 km^2 olup %17 si tarıma elverişsiz arazi olarak görülmektedir. Şehirde tesis edilmiş güneş enerji sistemlerinin kurulum alanı olarak büyüklüğü 0.711 km^2 'dir. Güneş potansiyeline bakıldığında Osmaniye'de bulunan mevcut GES'lerin yeterli seviyede olmadığı tespit edilmiştir.

İrfan ve diğ. (2021) yaptıkları çalışmada, Çin ülke olarak yenilenebilir enerji kaynaklarını en etkin kullanan ülkeler arasında olduğu ancak, ülkede tüketicilerin güneş enerjisinden yararlanma isteklerini değerlendirmeye odaklanan çalışmaların fazla olmadığı anlatılmaktadır. Bu çalışma, tüketicilerin güneş enerjisini evsel amaçlarla kullanma istekleri üzerindeki faktörlerin etkisini analiz ederek bu araştırmaları artırmayı amaçlamaktadır. Kapsamlı bir anket eşliğinde, Hunan eyaletinin Changsha, Hengyang, Yueyang ve Zhuzhou gibi en büyük dört kentindeki 355 hanenin anket verileri üzerinde analiz yapıldı. Yapısal Eşitlik Modellemesi, formüle edilmiş varsayımları değerlendirmek ve incelemek için kullanılmıştır. Yapılan çalışmalarda çevresel kaygı, güneş enerjisinin farkındalığı ve güneş enerjisinin faydalarına olan inancın, tüketicilerin güneş enerjisini kullanma istekliliği üzerinde olumlu etkiler yarattığını göstermektedir. Güneş enerjisinin maliyetinin ise olumsuz etki yarattığı görülmektedir. Bu çalışma sonucunda tüketicilerin farkındalığını artırmayı, politika çerçevelerini yeniden tasarlamayı ve gerçekçi faaliyetler ile güneş enerjisinin getirdiği faydaları topluma ulaştırmak gerektiğini ortaya koymuştur.

Bilhan ve Emikönel (2021) yaptıkları çalışmada, İç Anadolu bölgesinde bulunan Nevşehir ilinin güneş enerji potansiyeli incelenmiştir. Nevşehir ilinin güneş enerji potansiyeli yaklaşık olarak yıllık güneşlenme süresi 2844 saat, yıllık radyasyon değerinin ise yaklaşık 1568 kWh/m^2 olduğu görülmektedir. Bu verilere bakıldığında ülkemizin güneş enerji potansiyeli açısından diğer ülkelere göre çok daha avantajlı olduğu görülmektedir. Şehrinde büyük bir potansiyeli olduğu görülmektedir. Şehrin güneş potansiyeli yüksek olan bölgelerin tespiti yapılarak bundan sonra yapılacak GES'ler için önemli bir çalışma olduğu görülmektedir. Çalışma yapılan bölgenin ülkemizin en verimli bölgesi olmamakla birlikte enerji yatırımlarının verimli sonuçlar ortaya koyacağı belirtilmektedir.

Kaynar, (2020) yaptığı çalışmada, Amasya ilinin yenilenebilir enerji kaynaklarından olan GES'lerin kurulumu için bölgenin güneş enerji potansiyeli araştırılmıştır. Şehrin güneş enerji verimliliği kendi bölgesinde bulunan diğer illerle kıyaslanmıştır. Şehrin ortalama güneşlenme süreleri bölgede bulunan diğer illere göre dördüncü sırada olduğu görülmektedir. Karadeniz Bölgesi ülkemizde bulunan diğer bölgelere göre güneş enerjisi potansiyeli daha düşük olsa bile yenilenebilir enerji kaynağı bakımından birçok yatırımı bulunan diğer ülkelere göre potansiyeli çok daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu nedenle hem yenilenebilir enerji kaynaklarından olması hem de çevresel etkilerin önüne geçmek adına mutlaka bölgede bu kaynaklar ile ilgili ciddi şekilde inceleme ve yatırım yapılması gerektiği kanaatine varılmıştır.

Bellmann ve diğ. (2020) yaptıkları çalışmada, kirlenmenin hem güneş enerjisi hem de fotovoltaik teknolojilerin üretim kaybına sebep olan temel parametreler arasında olduğu anlatılmaktadır. Aynı yüzey partikül yoğunluğu için ölçüm prosedürleri ve kirlenmeye karşı verimlilik hassasiyetleri, her iki teknolojinin farklı optik özelliklerinden dolayı farklı sonuçlar vermektedir. Bu nedenle, bir sahada bir teknoloji için gerçekleştirilen kirlilik araştırmaları diğer teknolojiye uygulanamayabilir. Kirlenme ölçümleri genellikle sabit açı altında gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, yoğunlaştırılmış güneş enerjisi (CSP) ve fotovoltaik (PV) teknolojilerinin ana optik yüzeylerinde bulunan kirlilik kaybı ve partikül yoğunluğunun birlikte ölçümleri sunulmaktadır. Kirlenme kayıplarının, PV'ye kıyasla aynı parçacık yüzey yoğunlukları için CSP'de 8-14 kat daha fazla olduğu belirlenmiştir. Partikül kütle yoğunluğunu ve birkaç veri girdisini normal geliş açısı ve değişen geliş açıları için her iki teknoloji için optik kirlenme kaybına dönüştüren Mie tabanlı bir model belirlenir. Bu yöntem, kirlilik kaybı verilerinin bir teknolojiden diğerine aktarılmasını sağlar. Yöntem, daha fazla ölçüm verisine erişilebilir hale getirildiğinden her iki teknoloji için de kirlenme hakkındaki bilgileri önemli ölçüde artırabilir. Sonuç olarak farklı geliş açıları için kirlilik kayıpları, söz konusu teknolojiler için daha doğru yıllık kayıp parametrelerinin ortaya koyulmasına ve her teknoloji için kirlilik ölçümlerinde kullanılacak optimize edilmiş geliş açıları ile tahmin ve önerilerde bulunulması için kullanılabilir olduğu görülmüştür.

Karakoç (2019)yaptığı çalışmada, Isparta ilinde yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş enerji sisteminin kurulumu ve enerji üretimi için il genelinde belirli parametreler kullanılarak en verimli ve en uygun bölgeler oluşturulmuştur. Bu çalışmada GES'lerin verimlilik, kurulum avantajları, çevresel etkilerinin belirtilen temel parametreler/alt

parametreler ve göstergelerin önem sırası yapılarak bütünleşmiş bir şekilde incelenip üstüste çakıştırılmasıyla birlikte en ideal GES alanları belirlenmiştir.

Bu ilde yapılan GES tesislerinin arazi seçiminde genel olarak çevresel faktörlerin göz ardı edilerek daha çok santrallerin verimi üzerine gerçekleştirildiği gözlemlenmiştir.



3. ÇALIŞMANIN AMACI

Bu tez çalışmasının amacı, Malatya ili sınırlarında bulunan farklı lokasyonlarda tesis edilmiş olan güneş enerji sistemlerinin elektrik üretim değerleri incelenerek, kendi içinde üretim kıyaslamasının yapılmasıdır. Gerçekleştirilen üretim kıyaslaması ile verimi etkileyen faktörlerin kendi içinde değerlendirmesini sağlayarak yeni yapılacak olan güneş enerji santrallerin bu verileri kullanarak yüksek seviyede verimli santraller oluşmasının sağlanması ve santrallerin çalışma ömrü boyunca en yüksek seviyede enerji üretiminin elde edilmesi amaçlanmaktadır. Ayrıca, mevcut kurulu santrallerin kapasitesine göre verim yönünden hangi düzeyde olduğu değerlendirilerek yapılması gereken iyileştirmeler belirlenecektir.

Ülkemizde kurulan güneş enerji santrallerinin imalat öncesi hatta projelendirme aşamasından başlayarak yapım sonrasına kadar izlenecek yol haritaları belirlenecektir. Santralin işletmeye alındıktan sonraki üretim değerlerinin günlük kontrolü ve üretim verilerine göre verimliliklerini inceleyerek oluşabilecek üretim ve kayıplarının önlenmesine yönelik uygulanabilecek işlemler belirtilecektir. Kurulumu tamamlandıktan işletmeye alınmış olan güneş enerji santrallerinde kullanılan malzeme ve ekipmanların üretime etkisine bakılacaktır. GES'lerde tesis elemanlarının montajı sırasında yapılan hatalı uygulamalarında verimliliğe eksi yönde etki ettiğini gösterir değerlendirmeler yapılacaktır. Bu nedenle santralin üretim değerlerini etkileyen kısımlara ve bu kısımlara karşı alınabilecek tedbir ve önlemler belirtilecektir. İleride kurulumu düşünülen güneş enerji santrallerinin uzun süre üretim yapacağı düşünüldüğünden projelendirme aşaması, kurulum aşaması ve işletim aşamasında kullanılacak malzeme ve yöntemler hakkında gerekli bilgiler verilecektir.

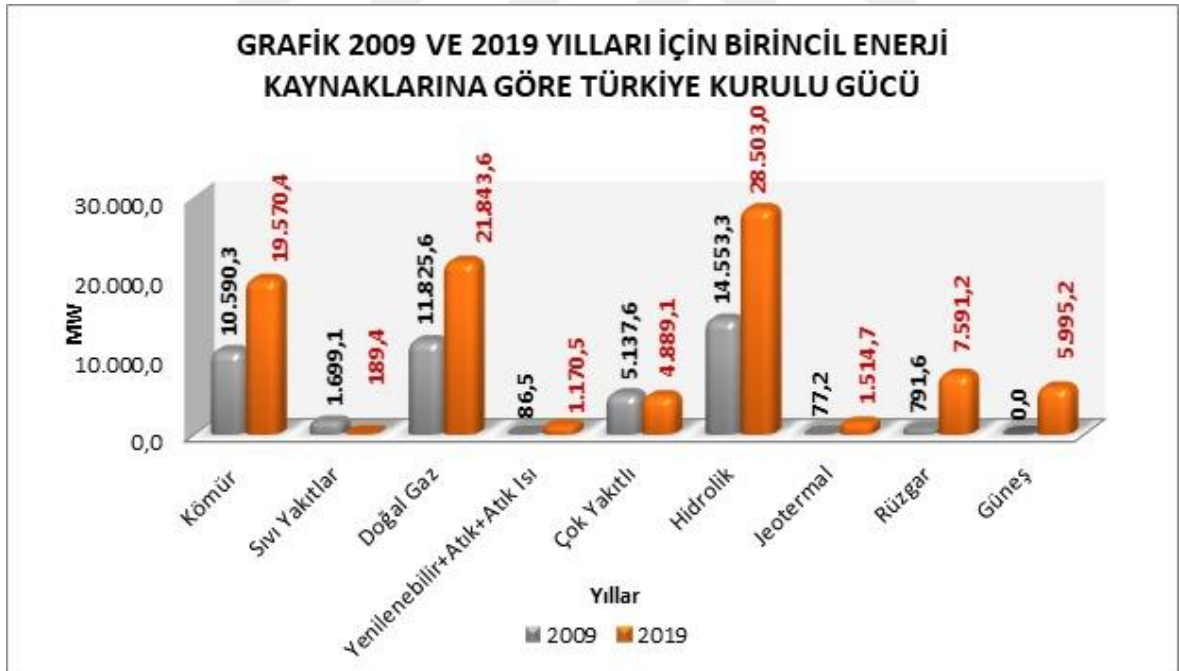
3.1. Türkiye'nin Enerji Durumu

Türkiye bulunduğu coğrafi konumu ve jeopolitik yapısı nedeniyle bütün yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanma imkanına sahiptir. Özellikle hidrolik, jeotermal, rüzgar ve güneş enerjisi potansiyelleri bakımından AB ülkeleri ile karşılaştırıldığında, Türkiye'nin son derece elverişli bir konuma sahip olduğu görülmektedir. Ancak bu kaynaklardan yararlanma oranı düşük seviyelerdedir. Bu durumun önünde birtakım ekonomik ve hukuki kısıtlar olsa da gelişmeler memnuniyet vericidir. Türkiye'nin gelecek planlamaları ve özellikle 2023 hedefleri kapsamında yenilenebilir enerji konusuna ayrı bir önem vermesi bunu kanıtlar niteliktedir. Bu doğrultuda atılan adımlar neticesinde Türkiye mevcut

yenilenebilir enerji potansiyelini değerlendirmeye öncelik vermektedir. 2023 yılında elektrik tüketiminin bugüne oranla yaklaşık iki kat artacağı tahmin edilmekte ve elektrik üretiminde kullanılan yenilenebilir enerji payının (hidroelektrik dahil) ise en az yüzde 30 olması hedeflenmektedir. Türkiye'nin elinde bulunan yenilenebilir enerji potansiyelini daha etkin ve verimli bir şekilde kullanması adına özellikle son dönemde yaşanan olumlu gelişmeler, gelecek hedeflerin gerçekleştirilmesi anlamında katkı sağlamaktadır (SETA, 2017).

Türkiye'de enerji tüketimi her yıl belirli oranlarla artmaktadır. 2016 yılında bir önceki yıla göre %5,4 oranında bir artış göstererek 136 Milyon Ton Eşdeğer Petrol değerine ulaşmıştır. 2000 ve 2016 yılları arasında birincil enerji tüketimine bakıldığında yıllık olarak ortalama % 3,4'lük bir artış göstermiştir.(Y.E.G.M. 2019).

Şekil 3.1'de 2009-2019 yılları arasında enerji kaynaklarının kurulu güç değişimleri görülmektedir. Burada görüldüğü üzere enerji ihtiyacının artmasıyla birlikte fosil yakıtları ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kurulu güçlerinde ciddi artışlar meydana gelmiştir (TEİAŞ, 2019).



Şekil 3.1. 2009 ve 2019 yılları birincil enerji kaynaklarına göre Türkiye'nin kurulu gücü

Ülkemizin ekonomik kalkınma, diğer ülkeler ile rekabet edebilmesi ve stratejik çıkarlarını korumak için her yıl düzenli olarak artan enerji talebinin karşılanması amacıyla fosil yakıtlara olan bağımlılığını azaltması gerektiği görülmektedir. Bu saydığımız birçok sebep ve enerji maliyetlerinin giderek arttığı bu dönemde hidrolik, rüzgâr, jeotermal, güneş,

biokütle ve diğer tüm yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu tükenmez kaynakların ilk sırasında gelen ucuz, temiz, yüksek potansiyelli ve çevreye zararı olmayan güneş enerjisi gelmektedir. Ülkemizin güneş enerji potansiyeli, güneşlenme süresi ve ışıyım değerlerine bakıldığından bu sistemin Türkiye için çok cazip olduğu açıkça görülmektedir. Bu nedenle teknolojik olarak da sürekli kendini yenilediği bu enerji sisteminin hem ülkemizin enerji ihtiyacını karşılayacak hem de enerji maliyetlerini düşürerek bu konuda dışa bağımlılığımızı azaltacaktır. Bütün bu sebepler ve ülkemizin rekabet gücünün artması için güneş enerji sistemlerinde AR-GE faaliyetlerine ve sistemi oluşturan tüm malzemelerin geliştirilmesine yönelik gerekli çalışmaların yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır (Çolak vd., 2017).

Güneş enerji sistemlerinin diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına nazaran daha kolay yaygınlaşabilecek özelliği bulunmaktadır. Diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre ilk kurulum maliyetleri daha düşük, sistemin enerji verimi daha yüksek ve en önemli kısımlarından biri olan işletme koşulları diğer yenilenebilir kaynaklara göre daha az maliyetli ve daha kolay olması ile birlikte teknolojik gelişmelerle ilerleyen yıllarda enerji tüketicileri ve ülkeler için yapımı daha cazip hale gelecektir (Bahnmann, 2004; Taktak & Mehmet, 2018; Winston & Hinterberger, 1975).

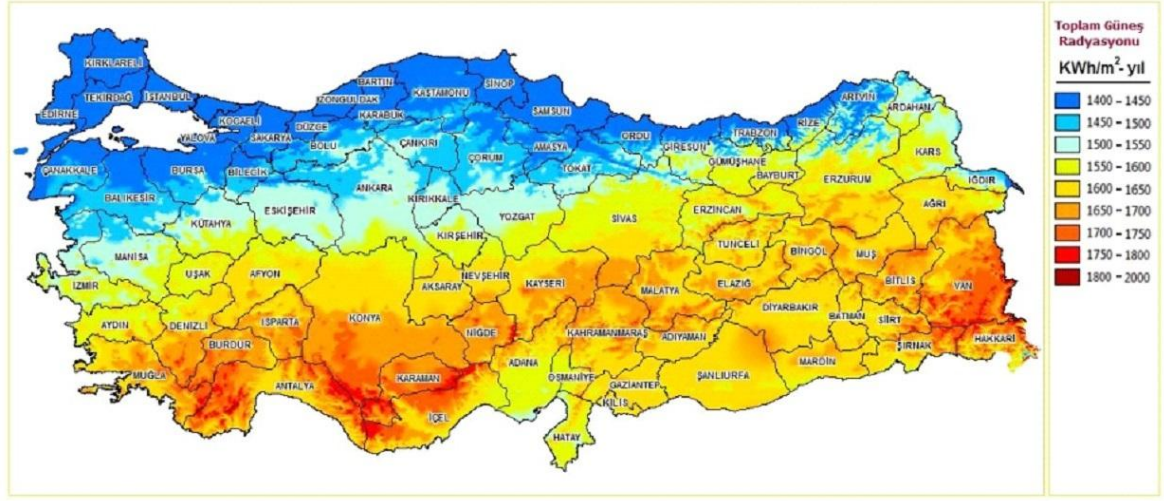
Özellikle son zamanlarda dünyada ve ülkemizde oluşan enerji maliyetlerindeki artış yenilenebilir enerjiye olan talebin daha da artacağını göstermektedir.. Bu nedenle tüm ülkeler güneş enerji sistemlerinin yaygınlaşması için binalar, iş merkezleri, fabrikalar, Kamu kurum ve kuruluşları ile tüm enerji tüketicilerine bu sistemlerin kullanımını kolaylaştırıcı ve özendirici çalışmalarda bulunmaları gerekmektedir.

3.2. Türkiye’ de Güneş Enerjisi

Ülkemiz, 783.562 km² yüzey ölçümüne sahip ve 36°-42° kuzey paralellerinde bulunan güneşlenme süresi uzun olan coğrafi bir bölgede bulunmaktadır. Ülkemiz, güneş kuşağı içinde bulunmasına rağmen, güneş enerjisinden yeteri kadar faydalanamamaktadır. Bu nedenle ilerleyen yıllarda artan enerji ihtiyacının karşılanabilmesi için en önemli ve en verimli yenilenebilir enerji kaynakları arasında olan güneş enerjisinin yaygınlaştırılması gerekmektedir. (Kan Kaynar, 2020).

Şekil 3.2’de ülkemizin güneş ışıyım değerlerinin renklendirildiği haritada en verimli olarak görülen illerimiz açık ve koyu kırmızı olarak gösterilmiştir. Bu renklerle gösterilen

illerimizde güneş enerjisinin global radyasyon değerleri 1600-1800 seviyesinde değişmektedir (Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, 2021).



Şekil 3.2. Türkiye güneş enerjisi potansiyeli atlası

En verimli güneş enerjisi potansiyeline sahip bölgemiz Güney Doğu Anadolu olduğu görülmektedir. Diğer ülkelere göre yüksek verimli olan fakat ülkemizde kıyaslandığında daha düşük potansiyele sahip bölgemizde Karadeniz bölgesi olduğu belirtilmiştir. (Dinçer vd., 2018).

Türkiye’de güneş enerji miktarının yıllık olarak metrekare başına düşen potansiyeli 1527 kWh/m² değerinde olduğu tespit edilmiştir. Tablo 3.1’de görüldüğü üzere Türkiye de 2020 TEİAŞ verilerine göre kurulu güç olarak en fazla enerji üretimi doğalgaz olurken yenilenebilir enerji kaynakların kurulu güçteki etkisi sırasıyla hidrolik, rüzgar, güneş, jeotermal ve biyokütle olarak sıralanmaktadır.

Tablo 3.1. TEİAŞ 2020 Ekim ayı enerji kurulu güç verileri

Birincil Kaynaklara Göre Santral Adetleri ve Kurulu Güç		
Birincil Kaynak	Santral Adedi	Kurulu Güç (MW)
Akarsu	575	7996,6
Asfaltit Kömür	1	405,0
Atık Isı	83	369,1
Barajlı	131	21919,4
Biokütle	245	1022,2
Doğalgaz	336	25634,3
Fuel Oil	1	305,9
Güneş	7347	6454,4
İthal Kömür	15	8986,9
Jeotermal	60	1579,2
Linyit	47	10097,3
LNG	1	2,0
Motorin	1	1,0
Nafta	1	4,7
Rüzgâr	314	8330,1
Taşkömürü	4	810,8
Toplam	9172	93918,8

Tablo 3.2’de Türkiye’de güneşlenme süresinin en çok olduğu Temmuz ayı, güneşlenme süresinin en az olduğu ay ise Aralık ayı olarak görülmektedir. Yıllık ortalama güneşlenme süresi ise 7.2 saat/gün olduğu görülmektedir.

Tablo 3.2. Türkiye’ye ait güneş enerjisi potansiyeli aylık ortalama değerleri

Aylar	Aylık Toplam Güneş Enerjisi		Güneşlenme Süresi
	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	158,4	343
Eylül	10,6	123,28	280
Ekim	7,73	89,9	214
Kasım	5,23	60,82	157
Aralık	4,03	46,87	103
Toplam	112,74	1311	2640
Ortalama	308 cal/cm²-gün	3,6 kWh/m²-gün	7,2 saat/gün

Ülkemizin bölgelere göre aylık olarak ortalama güneşlenme süreleri Tablo 3.3’te gösterilmiştir. Ülkemizde güneşlenme süresinin en fazla olduğu ay Temmuz ayıdır. Güneşlenme süresi en az olan ayımız da Aralık ayıdır. Türkiye’nin tüm yıl güneşlenme ortalamasına bakıldığında günlük ortalama güneşlenme süresi 7,49 saat-gün olduğu hesaplanmıştır. Ülkemizin yıllık ortalama toplam güneşlenme süresi de 2736,89 saat-yıldır. Ülkemizde güneşlenme süresi ve ışıınım değerlerine bakıldığında, güneş enerjisinde yüksek potansiyele sahip olduğu açıkça görülmektedir. (Sarıkaya, 2009). Malatya ilimizde içinde bulunduğu Doğu Anadolu Bölgesi güneşlenme süresi bakımından üçüncü sırada bulunmaktadır.

Tablo 3.3. Türkiye’ye ait güneş enerjisi potansiyeli aylık ortalama değerleri

Bölgeler	Toplam Ortalama Güneş (kWh/m ² -yıl)	En Çok Güneş Enerjisi (kWh/m ²)	En Az Güneş Enerjisi (kWh/m ²)	Ortalama Güneşlenme Süresi (Sa/yıl)	En Çok Güneşlenme Süresi (Sa)	En Az Güneşlenme Süresi (Sa)
Güneydoğu Anadolu	1460	1980	729	2993	407	126
Akdeniz	1390	1869	476	2956	360	101
Doğu Anadolu	1365	1863	431	2664	371	96
İç Anadolu	1314	1855	412	2628	381	98
Ege	1304	1723	420	2738	373	165
Marmara	1168	1529	345	2409	351	87
Karadeniz	1120	1315	409	1971	273	82

Kaynak: (Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, 2021)

3.3. Ülkemizde Güneş Enerji Santrali Projelendirme Süreçleri

Ülkemizde güneş enerji santrallerinin kurulum aşamasından önce yapılması gereken birtakım aşamalar bulunmaktadır. Bu aşamaları ise şu şekilde tanımlayarak sıralayabiliriz. Keşif aşaması, kurulum alanına ait ön inceleme yapılmakta olup alınan gerekli verilerin alınması işlemidir.

Mühendislik aşaması, alınan veriler ile bu alana GES kurulumunun fizibilitesi için gerekli çalışmanın yapılmasıdır.

Maliyet analizinde, projenin verimli olması için gereken ekipman ve yatırım bütçelerinin hesaplanması yapılır. Son olarak başvuru aşamasında ise dağıtım şirketine kurum görüşleri ve başvuru şartlarını taşıdığını belirten evraklar ile gerekli başvurular yapılmaktadır. Başvurularda istenen evraklar ise aşağıdaki gibi sıralanmıştır.

- Lisanssız Üretim Bağlantı Başvuru Formu
- GES’in kurulacağı yere ait tapu ya da asgari iki yıl süreli ekinde imza sirküleri yer alan kira sözleşmesi
- GES’in teknik özelliklerini de gösteren tek hat şeması
- Koordinatlı aplikasyon krokisi

- Enerji ve Tabii kaynaklar bakanlığı yenilenebilir enerji genel müdürlüğü tarafından hazırlanan formatta teknik değerlendirme formu
- Başvuru ücretinin ilgili şebeke işletmecisinin hesabına yatırıldığına dair makbuz

Başvurunun yapıldığı dağıtım şirketince gerekli çağrı mektubunun uygun olarak verilmesi durumunda gerekli projelendirme aşamasına geçilecektir. Dağıtım şirketinden alınan çağrı mektubunda belirtilen teknik detayları gösterir projeler TEDAŞ Genel Müdürlüğüne onaylatılacaktır. Şekil 3.3'te panel yerleşimi yapılan GES projesi görülmektedir.



Şekil 3.3. GES Autocad proje görüntüsü

Çağrı mektubuna uygun olarak onaylatılan GES projesinin keşifte bulunan malzeme listesine uygun olarak satın alma işlemlerine başlanılacaktır. Proje onayı yapıldıktan sonra projede belirtilen malzeme ve ekipmanların sipariş edilmesi ve koordinasyonu sağlanır. (Panel, invertör, Solar Kablo, Pano, Çelik konstrüksiyon vb.)

Nakliye aşamasında, satın alınan tüm malzemelerin GES alanına zamanında ulaşmasını sağlamak için gerekli çalışmalar yapılır.

Kurulum aşamasında, onaylatılan projenin GES alanında enerji üretimine hazır hale gelebilmesi için gerekli montaj işlerinin yapılması işlemidir. Şekil 3.4, Şekil 3.5 ve Şekil 3.6'da GES'lerde panel ve taşıyıcı sistem kurulumu ve kurulumu tamamlanmış tesisler görülmektedir.



Şekil 3.4. GES tesisi



Şekil 3.5. Taşıyıcı sistem ve panel kurulumu



Şekil 3.6. Kurulumu bitmiş GES tesisi

3.4. Maliyet Hesaplamaları

Ekonomik analiz yapılırken piyasa araştırması yapılarak tahmini maliyetlerin çıkarılması gerekmektedir. Toplam maliyet; ilk yatırım maliyeti, işletme maliyeti kalemlerinden oluşmaktadır. Yaptığımız güneş enerji santrali modellemesinde 1 MW GES'in yaklaşık

maliyeti piyasa şartlarına göre belirlenmiş olup belirlenen fiyatlar kalem kalem aşağıda gösterilmektedir.

Panel: 7.000.000 TL, İnvertör: 1.000.000 TL, Çelik Konsrüksiyon: 1.500.000 TL, AG YG Solar Kablolar: 400.000 TL, Panolar: 500.000 TL, Trafo ve Beton Köşk: 1.000.000 TL, Skada ve Kamera: 400.000 TL, İnşaat İşleri Arazi Düzenleme: 400.000 TL, Proje kabul vb giderler: 100.000 TL

Toplam Yaklaşık Maliyet :12.300.000 TL

Yatırım Maliyeti; Güneş Paneli, İnvertör, Arazi, Güneş Paneli Konstrüksiyon Elemanları, Kablo grupları, Bağlantı ekipmanları, Şebeke bağlantı ekipmanları, Pano, Montaj, Nakliye, Güvenlik ekipmanları, diğer masraflar ve öngörülemeyen giderler kalemlerinde oluşmaktadır. Arazinin durumu, ENH uzaklığı, zemin vb gibi durumlar göz önüne alındığından 1 MW güneş enerji santrali kurulum maliyeti yaklaşık olarak 700.000-800.000\$ çıkmaktadır.

3.5. Enerji Alım Fiyatı

Güneş enerjisi yatırımlarında yatırımcılar için en önemli kriter devletin üretilen elektrik enerjisini belli bir fiyattan alım garantisi vermesidir. Alım garantisi direkt olarak kazancı etkilediği için güneş enerji yatırımlarında en belirleyici etken olmaktadır. Genellikle hükümetler yenilenebilir enerjiyi teşvik etmek amacıyla yenilenebilir enerjiden elde edilen enerjinin fiyatını, diğer enerji kaynaklarında elde edilen enerjinin fiyatından daha yüksek belirlemektedir. Bu politika, maliyet olarak diğer enerji sistemlerinden fazla olan yenilenebilir enerji sistemlerinin gelişmesine olanak sağlamaktadır. Türkiye'nin enerji alım politikasını incelersek, günümüz itibariyle 5346 sayılı "Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun" ile güneş enerjisi alım fiyatını 13.3 \$/Cent olarak belirlemiştir (Cebeci, 2017). Ülkemizdeki yenilenebilir enerji teşvik durumu Tablo 3.4'te görülmektedir. Güneş enerjisine dayalı üretim tesisi ve biokütleyle dayalı üretim tesisine yönelik yenilenebilir enerji teşviğinin en yüksek olduğu görülmektedir.

Tablo 3.4. Yenilenebilir enerji teşvik tablosu

Yenilenebilir Enerji Kaynağına Dayalı Üretim Tesis Tipi	Tarife 1 (10 Yıl) Uygulanacak Fiyatlar (ABD Doları Cent/kWh)
Hidroelektrik üretim tesisi	7.3
Rüzgâr enerjisine dayalı üretim tesisi	7.3
Jeotermal enerjisine dayalı üretim tesisi	10.5
Biokütleyle dayalı üretim tesisi (Çöp gazı dâhil)	13.3
Güneş enerjisine dayalı üretim tesisi	13.3

3.6. Enerji Alım Garantisi

Devletin yatırımcıların ürettikleri enerjiyi ne kadar süre ile aynı fiyattan alacağını garanti altına alınması yatımcıyı teşvik eden önemli bir unsurdur. Ülkeler sabit fiyat garantisinde olduğu gibi üretilen elektrik enerjisinin kaç yıl belirlenen fiyattan alınacağını da garanti altına almaktadır. Özellikle gelişen teknolojiyle birlikte maliyetlerin düşmesi, verimleri artması, eski santraller için tehdit teşkil etmemesi adına sabit fiyat garantisi ile beraber alım garantisi süresi de çok önemlidir. Türkiye’de 2011 yılından beri 13.3 dolar/sent üzerinden ve 10 yıl alım garantisi olması nedeniyle yatırımcı yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmiş durumdadır (Cebeci, 2017).

3.7. GES Alanları ve Yer Seçimi Kriterleri

Güneş enerji santrallerinde en önemli kriter arazi seçimi olarak görülmektedir. Arazi seçimi tesislerin ortalama ömürlerinin yaklaşık 25-30 yıl olduğu düşünüldüğünde üretim santralinin ilk yatırım maliyetinden başlamak üzere, sistemin verimi ve çevresel etkilerinde olduğu düşünüldüğünde güneş enerji santrallerinin en önemli kısmını oluşturmaktadır. Sonradan yer değişimi mümkün olmayan bu tesislerde üretilecek enerjinin maksimum olması beklenilmektedir. Enerji kaybı ya da verimsiz sahalara yapılan yatırımların hem ülke ekonomisine hem de üreticilere ciddi zararlar vermemesi adına ilk olarak tüm kriterleri değerlendirerek verimli sahaların tespit edilmesi gerekmektedir. Tablo 3.5’te görüldüğü üzere GES’lerde yer seçimi kriterlerine bağlı olarak güneş enerji santrallerinin verimli olması için m^2 ’ye düşen ışıınım değerlerinin yıllık 1100 kWh’in üzerinde olması gerekmektedir. Arazi eğiminin 5 derece ile 15 derece arasında olması, yerleşim alanlarına olan uzaklığın 2.5 km’den az olması, sanayi bölgesine olan uzaklığın 3.5km den az olması, karayollarına olan yakınlığın 500 mt’den az olması hava sıcaklığının 15 ile 40 derece arasında olması ve doğal afet riski taşıyan bölgelerden uzak olması güneş

enerji santrallerinin en verimli ve uzun süre sorunsuz çalışması açısından belirlenen verileri görülmektedir.

Tablo 3.5. GES’lerde yer seçimi kriterleri ve gereklilikleri

Kriter	Gereklilik
Güneş ışıınımı	> 1100 kWh(m ² .yıl)
Eğim	5 derece - 15 derece
Yerleşim bölgesine Yakınlık	< 2500 metre
Sanayi bölgesine yakınlık	< 3500 metre
Karayolu ağına yakınlık	< 500 metre
Hava sıcaklığı aralığı	15 derece - 40 derece
Arazi örtüsü	Marjinal tarım alanları, Doğal afet riski taşımayan bölgeler, bitki örtüsü yoğun olmayan bölgeler

3.8. Güneş Enerjisinin Diğer Enerji Türlerine Göre Avantajları ve Dezavantajları

Güneş enerjisi santrallerinin diğer enerji türlerine göre avantajları ve dezavantajları aşağıdaki gibidir:

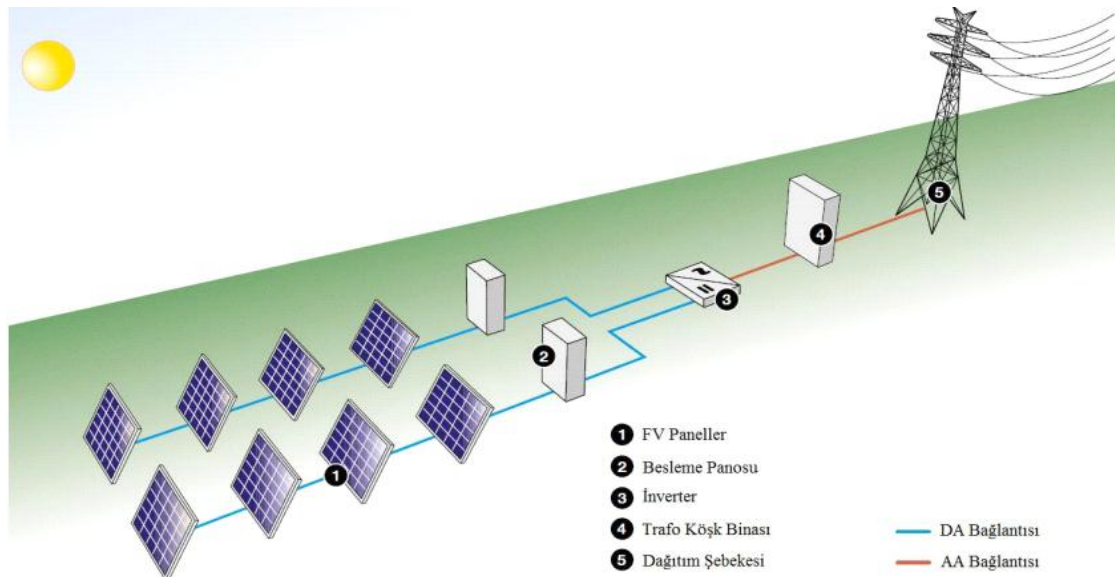
- Güneş enerji kaynakları tükenmeyen sonsuz bir enerji türüdür.
- Temiz çevreci bir enerji türüdür; gaz, duman, karbon monoksit, kükürt ve radyasyon gibi atıkları yoktur.
- Güneş enerji santralleri kurulumu ve uygulamaları için karmaşık teknolojiye ihtiyaç duyulmamaktadır.
- Farklı türden ve farklı büyüklükte bulunan enerji ihtiyacını karşılayacak yapıya sahiptir.
- Güneş enerji santrallerinin işletme ve bakımları, maliyet ve işgücü bakımından diğer enerji türlerine göre daha avantajlıdır.
- Güneş enerjinin diğer enerji türlerine göre dezavantajları da bulunmaktadır.
- Güneş ışıınımından daha fazla faydalanmak için sistemin güneş ışığını sürekli alabilmesi ve gölge olacak yapılardan uzak olması gerekmektedir.
- Kış aylarında ya da gün ışığının olmadığı zamanlarda enerji üretiminin olmaması ya da çok olması nedeniyle dağıtım sistemine olan etkisi ve enerji taleplerinin karşılanması açısından doğru planlama yapılması gerekmektedir.

- Depolama maliyetlerinin yüksek olması nedeniyle yüksek güçlerde üretilen enerjinin direk sisteme verilmesi.
- GES'ler de diğer enerji kaynaklarına nazaran daha fazla alan kapladığı görülmektedir
- İlk yatırım maliyetlerinin yüksek olması.

3.9. Fotovoltaik Güneş Teknolojileri

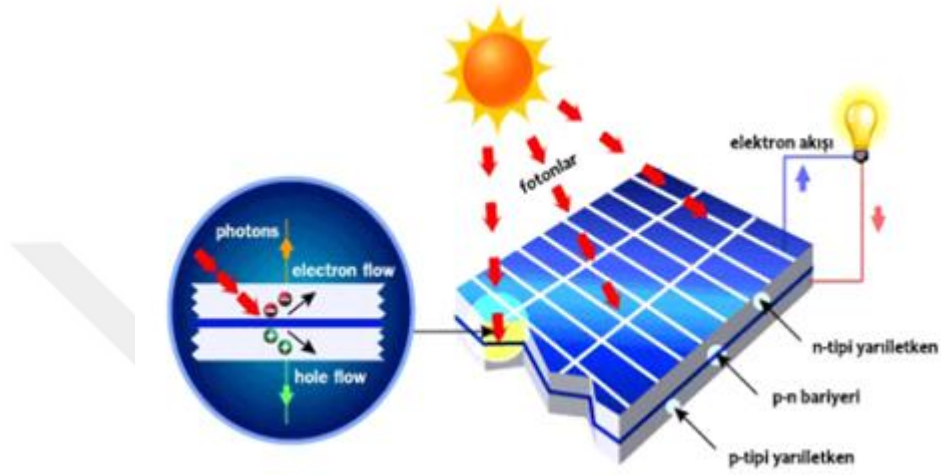
Güneş enerji sistemleri panel, invertör, ag-yg-dc kablo, trafo köşkü, dağıtım şebekesi gibi elemanlarda oluşmaktadır.

Şekil 3.7'de görüldüğü üzere panellerden üretilen enerji inverterlere, inverterlerden trafo köşküne, trafo köşkünden de dağıtım şebekesine bağlantı yapılmaktadır. Güneş hücreleri fotovoltaik prensibe bağlı olarak üzerlerine ışınım gelmesiyle uçlarında elektrik gerilimi oluşmaktadır. Yüzeylerine gelen güneş enerjisi, hücrenin verdiği elektriğin kaynağıdır. Sistemde bulunan en küçük birim güneş hücresidir. Pozitif ile negatif olmak üzere en az iki yarı iletken katmandan oluşmaktadır. Güneş ışınlarının hücreye girmesiyle güneş ışınlarında bulunan fotonlar, yarı iletkenin atomları tarafından emilir. Negatif katmanda bulunan elektronların serbest kalarak pozitif katmana doğru hareketi ile elektrik akımını oluşturur. Birçok hücrenin bir araya gelmesiyle modülleri, modüllerin de bir araya gelmesiyle dizinleri oluşturulur ve bu sayede elektrik akımı yükseltilir (Texas State Energy Conservation Office, 2014).



Şekil 3.7. GES elemanları

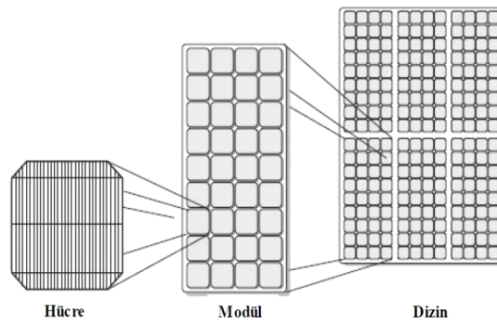
Şekil 3.8’de paneli oluşturan iletkenler ve elektron hareketleri gösterilmektedir. Bu şekilde PV hücresi, elektronları n bölgesine, holleri de p bölgesine gönderen bir pompa gibi çalışır. Birbirlerinden ayrılan elektron-hol çiftleri, PV hücresinin uçlarında yararlı bir güç çıkışı oluştururlar. Bu süreç yeniden bir fotonun Şekil 3.8’de PV hücre yüzeyine çarpmasıyla aynı şekilde devam eder (Haselhuhn & Hemmerle 2008).



Şekil 3.8. PV modül hücresi

3.10. Fotovoltaik Çalışma Prensibi

Güneş pilleri, yüzeylerine gelen güneş ışığını doğrudan elektriğe dönüştürebilen yarı iletken maddelerden oluşmaktadır. Güneş enerjisi, güneş pilinin yapısına bağlı olarak %5 ile %20 arasında bir verim ile elektriğe dönüştürülebilmektedir. Verimliliği %10’un altında olan güneş pilleri verimli ve ekonomik sayılmazlar. Güç çıkışını arttırabilmek için çok sayıda güneş pili birbirine seri veya paralel durumda bağlanabilir. Bu vesileyle, güçleri watt’tan megavatlara ulaşabilen sistem tasarımları yapılabilir (Öztürk, 2012). Şekil 3.9’da hücrelerden panellerin oluşumu ve panellerden dizinlerin oluşumunu gösterilmiştir.



Şekil 3.9. PV modülleri

3.11. PV Modüller

Güneş hücreleri genellikle tek kristal (monokristal), çoklu kristal (polikristal), amorf silisyum veya ince film olarak üretilmektedir .

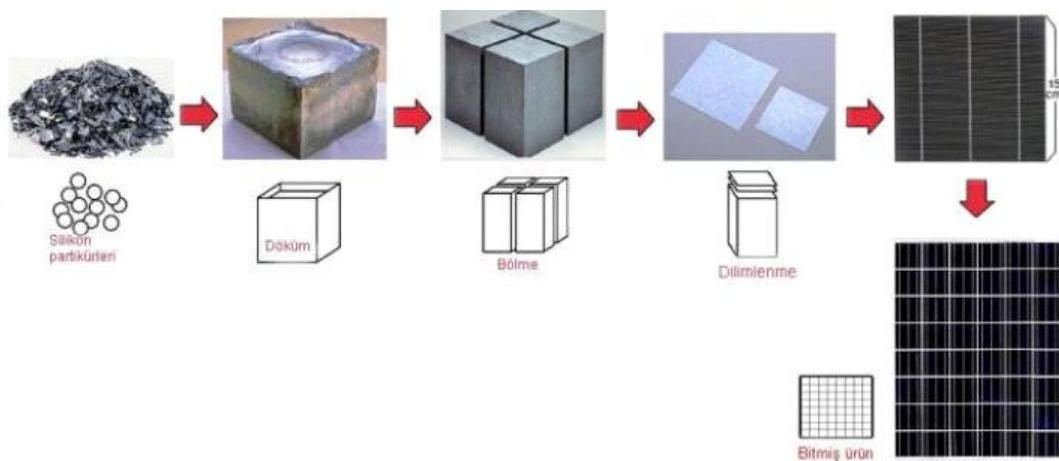
Kristal güneş panellerinde en önemli malzeme silisyumdur. Monokristal Silisyum bloklardan üretilen güneş panellerinde laboratuvar şartlarında %24, ticari panellerde ise %15'in üzerinde verim elde edilmektedir.

Ömürleri ise ortalama 20-25 yıldır. Şekil 3.10'da monokristal panellerin külçe halinden hücre haline kadar olan üretim safhaları görülmektedir (Eruz, 2015).



Şekil 3.10. Monokristal hücre üretim safhaları

Polikristal Silisyum güneş panelleri ise daha ucuza üretilmekte, ancak verim de %2-5 kadar düşük olmaktadır. Verim; laboratuvar şartlarında %18, ticari panellerde ise %13 civarında olup ömürleri 20 yıldır (Biçen, 2018). Şekil 3.11'de polikristal panellerin partikül halinden hücre haline kadar olan üretim safhaları görülmektedir (<http://www.guinessistemleri.com/uretimsureci.php>).



Şekil 3.11. Polikristal hücre üretim safhaları

İnce film güneş hücreleri ise amorf silisyum, kadmiyum tellür elementlerinden meydana gelmektedir. İnce film güneş pillerinde güneş ışınlarını geçirme oranları yüksek olmasına

rağmen çıkış akımları çok düşüktür. Bu nedenle çıkış gerilimleri kristal silisyumlu pillere göre yaklaşık 2-3 kat daha fazla iken akımları daha küçüktür. İnce film güneş pilleri; art arda gelen 1-4 mm kalınlığındaki katmanlardan, cam, polimer veya metal gibi büyük ucuz alt tabaka ve kadmiyum çinko ürünlerden meydana gelir. Verimleri %5 ile %8 arasındadır (Öztürk, 2017). Aşağıda Şekil 3.12’de ince film yapılı hücreleri yapısını göstermektedir.



Şekil 3.12. İnce film hücre yapısı

3.12. Panel Taşıyıcı Sistemler

Güneş enerji sistemlerinde paneli taşıyan, maliyeti santralin %10’luk kısmına karşılık gelen sabitleme sistemidir. Bu sistemler kurulacak arazinin özelliğine göre değişmektedir. Arazi kayalık yapıya sahipse beton ayak, toprak ise çakma ayak tipinde kurulum gerçekleştirilir. Güneş panelleri bu sistem üzerine monte edilerek uygun azimut, eğim açıları ve masa ayak mesafelerine göre yerleşim sağlanmaktadır. Tek eksenli ya da çift eksenli olacak şekilde güneş takip sistemi de tasarlanabilir. Güneş takip sistemleri, ışıını daha fazla aldığı için daha fazla enerji üretebilme kabiliyetine sahiptir. Güneş enerjisinden elde edilen elektrik enerjisi miktarı, FV panel üzerine düşen ışıının yoğunluğuna bağlıdır. Bu nedenle FV panel konumu üretim için önemli etkindir. Güneş takip sistemleri maksimum güç üretimi konusunda oldukça etkili olmalarına rağmen bu sistemin klasik bağlantılı sistemlere nazaran daha maliyetli olduğu bilinmektedir (Uba ve Sarsah, 2013). Yapılan solar taşıyıcı sistemler sabit sistem, manuel olarak yaz kış ayarlanabilir sistem ve hareketli sistem olmak üzere 3 kısımdan oluşmaktadır. Şekil 3.13’te arazi GES’lerde beton ayak ve çakma ayak taşıyıcı sistem örnekleri görülmektedir.



Şekil 3.13. Arazi üzerine konstrüksiyon panel

3.13. Solar Eviriciler

Eviriciler bir DC kaynaktan uygun anahtarlama dizisi ile genliği, frekansı ve faz açısı denetlenebilen alternatif bir gerilim üreten güç elektroniği devreleridir (Şenel, 2012).

Bu devreler; değişken hızlı motor sürücü devreleri, yüksek gerilim doğru akım iletim sistemleri, fotovoltaik sistemler, kesintisiz güç kaynakları ve özel güç cihazları gibi endüstri uygulamalarında kullanılmaktadır (Ertay vd. 2016).

Solar İnverterler 3 ana başlık altında toplanır.

3.13.1. Off-Grid İnverterler

Dağıtım şebekesinin bulunmadığı yerlerde kullanılmaktadır. Üretilen enerjinin depolandığı sistemlerde daha çok kullanılmaktadır. Panellerden üretilen elektrik doğrudan AC elektriğe dönüştürülerek veya akülerde depolanan DC enerji inverterleri aracılığıyla AC'ye dönüştürülerek enerji ihtiyacı karşılanmaktadır (Kocakuşak, 2018).

3.13.2. On-Grid İnverterler

Dağıtım şebekesi olan sistemlerde kullanılmaktadır. Panelde üretilen DC elektriği doğrudan AC elektriğe dönüştürmektedir. Üretilen enerji şebeke bağlantılı olması nedeniyle anında şebekeye aktarılmaktadır. Kullanım alanlarına göre ikiye ayrılırlar. Merkezi inverterler, genellikle büyük güçleri olan lisanslı santrallerde tercih edilir. Hem saha hem de çatı uygulamalarında ise dizi inverterler kullanılmaktadır. Dizi inverterlerin kullanım amacı bir santrali belirli kısımlara ayırarak her parçanın bağımsız şekilde enerji üretimini gerçekleştirebilmesidir (Kocakuşak, 2018).

3.13.3. Hibrit İnverterler

Bu sistemde dağıtım şebekesine bağlı aynı zamanda batarya ve akü teknolojisinin ekstra avantaj sağlaması amacıyla birlikte kullanıldığı sistemdir. Üretilen enerji tüketilenden fazla ise akülerde-bataryalarda enerji depolanmaktadır. Tüketilen enerji üretilenden fazla isede aküden enerji kullanılmaktadır. Bu inverterlerde ihtiyaç duyulmadıkça şebekeden elektrik çekilmemektedir (Kocakuşak, 2018). Şekil 3.14'te GES'lere ait string inverter montajı görülmektedir.



Şekil 3.14. String inverter

3.14. Kablolar

Güneş enerji sistemlerinde DC ve AC kablolar kullanılmaktadır. Bu kablolarda oluşan birtakım kayıplar endüktif direnç üzerinden oluşmaktadır. Güneş enerji sisteminin birçok tesis elamanı bulunmaktadır. Bu elemanlardan bir tanesi de kablo boyutlarıdır. Seri ve paralel bağlı olan güneş hücreleri DC kablolar yardımıyla invertere ulaşmaktadır. İletkenlerin boyutları seçilirken kablonun akım taşıma kapasitesi ve hat boyunca meydana gelebilecek gerilim düşümü göz önünde bulundurulur (Taghvae vd. 2013). DC ve AC kablolarda gerilim düşümü sınırları % 3 den düşük olması istenmektedir (Lijun vd. 2009).

3.15. Trafo köşk

Solar güneş sistemlerinde üretilen enerji inverterlerden kablolar vasıtası ile AG toplama panolarına, oradan da güç trafosuna gelmektedir. Güneş enerji sistemlerinde trafolar dağıtım şirketlerinden alınan güç değerleri baz alınarak konulmaktadır. Özellikle solar trafolar A+ sınıfı olarak fabrikalarda üretilmektedir. Şekil 3.15'te trafo, alçak gerilim ve yüksek gerilim kablo montajları görülmektedir.



Şekil 3.15. Trafo ekipmanı

3.16. Enerji Nakil Hattı (ENH)

GES'ten üretilen enerjinin trafodan sonra dağıtım şirketinin belirttiği kriterlere uygun olarak enerji nakil hattı tesis edilir. Bu hatlar genellikle GES'lerin kurulu gücü veya kullanım yerlerine göre açık iletken ve yeraltı kablosu olarak farklılıklar göstermektedir. Güneş enerji sistemlerinde EPDK yönetmelikleri gereği 10 km sınırı bulunmaktadır. Bu yönetmelik ile GES yatırımları hat kayıplarının en aza indirgenmesi ile verimli güneş santralleri hedeflenmektedir (Kocakuşak, 2018).

3.17. SCADA ve Uzaktan İzleme Sistemi

Güneş enerjisi santralinde, sistemin güvenilirliği ve performans takibinin yapılması, işletme ve santral verimi açısından en önemli konuların başında gelmektedir. Bu nedenle güneş enerjisi santrallerinin hem performans takibi yapılabilmesi, hem üretim verimlerinin yükseltilmesi hem de işletme bakım maliyetlerinin düşürülmesi konusunda SCADA ve uzaktan izleme sistemleri büyük önem taşımaktadır. SCADA sistemleri; grafik arayüz, izleme sistemi, alarm sistemi, veri toplama sistemi, analiz sistemi ve raporlama sistemi gibi özellikleri bulunmaktadır. Birçok eviriciyi, aynı grafik üzerinde, çeşitli üretim parametrelerine göre izleme, birbirleriyle kıyaslama ve analiz etme imkânı sunmaktadır. Santrale ait tüm inverterlerin enerji üretimlerine göre sıralayabilir, yapılan yazılım ile istenilen bilgileri filtreleyebilmektedir. İşletme kolaylığı açısından istenilen birçok seçenek sunma şansı vermektedir (Kocakuşak, 2018). Skada ve uzaktan izleme sistemi GES'lerin üretimde ve işletmede kullanılan en önemli ekipmanlar arasında bulunmaktadır. İnverterler arası üretim kıyaslaması yapılarak işletmede oluşan arızalara müdahale etme şansı vermektedir. Bu noktada yapılan tesislerin işletmeye alınması itibarıyla sürekli takip bu sistemler üzerinden takip edilmesi gerekmektedir.

4. UYGULAMA ALANININ SEÇİMİ

Bu çalışma Türkiye'nin Doğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan 12259 km² yüzölçümüne sahip Malatya ilinde yapılmıştır. Malatya ili 37° 30' - 39° doğu meridyenleri ile 38° - 39° kuzey paralelleri arasında bulunmaktadır. Malatya ilinin komşuları arasından Sivas, Erzincan, Elazığ, Diyarbakır, Adıyaman ve Kahramanmaraş illeri bulunmaktadır. Malatya ilinin güneş radyasyon ve ısıtım değerleri Türkiye ortalamasının üzerinde olduğu görülmektedir. Bu sebeple bu bölgede ihtiyaç duyulan enerjinin üretiminde güneş enerjisi kullanılması bu bölge için verimli olacaktır (Gerçek, 2018). Şekil 4.1'de Türkiye haritasında Malatya ilinin yerini göstermektedir.



Şekil 4.1. Türkiye haritasında Malatya ilinin yeri

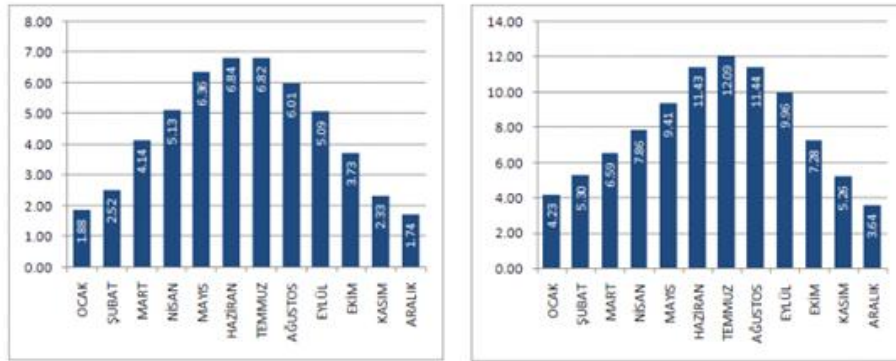
4.1. Malatya İlinin Güneş Enerjisi Potansiyeli

Malatya ilinde güneş ısıtım değerleri ile ortalama 1.600-1.700 kWh/m²-yıl arasında enerji üretimi yaptığı Şekil 4.2'de görülmektedir. Bu sonuç yıllık elde edilen toplam enerjiyi ortaya koymaktadır. Şehrin ilçelerinde gösterildiği haritada yapılan sınıflandırmada koyu renkte belirtilen yerler güneş enerjisi açısından ısıtım değerleri en yüksek yerleri ifade etmektedir. Malatya ilinin global güneş radyasyon dağılımı istatistiklerinde Türkiye ortalamasının üzerinde olduğu görülmektedir (www.eie.gov.tr, 2017).



Şekil 4.2. Malatya ili global güneş radyasyon dağılım haritası

Şekil 4.3'te Malatya iline ait güneşlenme süreleri gösterilmiştir. Bu grafiklerde görüldüğü üzere Haziran ve Temmuz aylarında güneş ışıma süresi en fazla olup, Aralık ve Ocak aylarında ise bu değerin en düşük olduğu görülmektedir. Ayrıca ilimize ait ortalama güneşlenme süresi günde 7.9 saattir. En düşük olan bu değer Aralık ayı için 3.64 saat iken, en yüksek ay olan Temmuz ayı için 12.09 saat olduğu görülmektedir (<http://investinmalatya.gov.tr/tr//sayfa/369-yenilenebilir-enerji>).



Şekil 4.3. Meteoroloji Malatya iline ait güneşlenme süreleri

4.2. Malatya İlinde Bulunan Yenilenebilir Enerji Yatırımları

Malatya ili olarak yenilenebilir enerji kaynaklarının birçoğuna ev sahipliği yapmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından biyogaz tesisleri, güneş enerji santralleri, rüzgar enerji santralleri ve hidrolik enerji kaynakları olmak üzere 4 farklı yenilenebilir enerji kaynağına üretim üssü olmaktadır.

- Bunların kurulu güç sıralamasına göre güneş, hidrolik, rüzgar ve biyogaz olmak üzere sıralanmaktadır.

- Kurulu gücü en fazla olan yenilenebilir enerji kaynaklarının başında güneş enerji santralleri gelmektedir.
- Lisanssız 110 adet güneş enerji santrali bulunmakta olup toplamda 115.3 MW kurulu güce sahiptir.
- Lisanslı 1 adet güneş enerji santrali bulunmakta olup toplamda 9.95 MW kurulu güce sahiptir.
- Malatya ilinde lisanlı ve lisanssız olmak üzere 111 adet ve toplamda 125.25 MW kurulu güce sahip güneş enerji santrali bulunmaktadır.
- Hidrolik santraller olarak ilimizde 12 adet ve toplamda 61.5 MW kurulu güce sahip hidrolik santraller bulunmaktadır. İlimizde yakın zamanda devreye alınarak HES tesisleri bulunmaktadır.
- Biyogaz santrali olarak 1 adet lisanssız 2.4 MW kurulu güce sahip ve 2 adet lisanslı 6.4 MW kurulu güce sahip olmak üzere toplamda 3 adet 8.8 MW kurulu gücünde biyogaz santrali bulunmaktadır. Hali hazırda Malatya ilinde kurulum lisansı almış ve imalat aşamasında olan 16 MW' a yakın biyogaz santrali bulunmaktadır.
- Rüzgar enerji santralinde ise ilimizde 1 adet olmak üzere 10 MW kurulu gücünde rüzgar enerji santrali bulunmaktadır. İlimizde yine lisansı alınmış proje ve imalat aşamasında olan RES tesisleri bulunmaktadır.
- Malatya ilinde tüm yenilenebilir enerji kaynaklarının kurulu gücü toplamda 201.44 MW olarak bulunmaktadır. Bu üretim tesislerinin yıllık üretim değerlerine bakıldığında Malatya ilinin toplam elektrik tüketimin yaklaşık % 25'inin yenilenebilir enerjiden kaynaklarından karşılandığı görülmektedir.

5. ÜRETİM KİYASLAMASI YÖNTEMLERİ

Bu bölümde Malatya ilinde bulunan güneş enerji santrallerine ait elektrik üretim analizlerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Bu karşılaştırmalar yapılırken arazinin coğrafi konumu, kullanılan panellerin monokristal veya polikristal olması gibi teknik özellikleri, panellerin güneşe olan açıları, iklimsel koşullar, panelleri arasındaki gölgeleme mesafelerinin farklılıkları gibi durumlar göz önüne alınmıştır.

5.1. Yöntem 1: Güneş Enerji Santrallerinin Teknik ve Fiziki Özelliklerine Göre

Kıyaslanması

Birinci kısımda Malatya ili sınırları içinde enerji üretimine başlamış, farklı lokasyonlarda bulunan ve farklı projelere göre tesis edilmiş güneş enerji santrallerinin elektrik üretim verileri incelenmiştir.

Tez çalışmamızın konusu Malatya ilinde bulunan güneş enerji santrallerine ait üretim verilerinin kıyaslanmasıdır. Malatya ilinde 8 ayrı bölgede bulunan GES'lerin üretim verileri incelenmiştir. Bu GES'lerin 2021 yılı mayıs ayının 10. gün, 11. gün ve 12. günlerin enerji üretim verileri dikkate alınarak inceleme yapılmıştır. Birbirinden farklı 8 noktada bulunan güneş enerji santrallerine gidilerek tesislerin tüm teknik ve fiziki şartlarına bakılmıştır. Güneş enerji santrallerinin panel, inverter, pano, kablolar, hücreler ve trafo gibi teknik detaylar ve arazinin durumu, cephesi, yola yakınlığı ve ulaşım gibi birçok kritere bakılarak üretim kıyaslaması yapılmıştır.

GES-1: GES-1 Malatya ili Battalgazi ilçesi Karaköy Mahallesi mevkiinde bulunmaktadır

Şekil 5.1'de Battalgazi İlçesi Karaköy Mahallesi'nde bulunan GES-1'e ait saha görüntüsü bulunmaktadır.



Şekil 5.1. GES 1 saha görüntüsü

- GES'in kurulu gücü 0.999 kW olarak projelendirilmiştir.

- Arazi yönünün düz olduğu görülmüştür.
- Panel yönü güney cephe ve 25 derece olarak görülmüştür.
- Panellerin imal yılının 2019 olduğu görülmüştür.
- Panel gücü 330 W olup GES’te polikristal panel kullanılmıştır.
- GES’te 17 adet inverter olup her biri 60 kW gücündedir.
- GES’te diziler arası mesafe 4.4 m olarak görülmüştür.
- GES’in mahalle yollarına 50 m karayoluna ise 5 km mesafesi bulunmaktadır.
- GES’in enerji nakil hattına olan uzaklığı 400 m olduğu görülmüştür.
- GES’in trafo merkezine olan uzaklığı 5 km olduğu görülmüştür.
- GES’te bulunan panellerin temiz olduğu görülmüştür.
- GES’te panel dizileri ile invertör arasındaki mesafe 30 m ve 6 mm² solar kablo kullanıldığı görülmüştür.
- GES’te invertörler ile Trafo Panosu arasındaki mesafe 30 m – 70 m civarında olduğu ve 4x70 mm² nyi bakır kablo kullanıldığı görülmüştür.
- GES’te uzaktan takip sistemi bulunmaktadır.

Şekil 5.2’de Battalgazi İlçesi Karaköy Mahallesi’nde bulunan GES-1’e ait uydu görüntüsü bulunmaktadır.



Şekil 5.2. GES 1 uydu görüntüsü

GES-1’in Mayıs ayının 10. günü 11. günü ve 12. günlerinin elektrik üretim değerleri incelenmiştir. Tablo 5.1’ de GES-1’in 2021 yılı Mayıs ayına ait üç günlük elektrik üretim verileri görülmektedir. Bu üretim verilerinden GES-1 in ortalama Mayıs ayının üç gününe bakılarak günlük ortalama elektrik üretim değeri 8040 kWh olarak görülmektedir.

Tablo 5.1. GES 1 üretim değerleri

Malatya İli Güneş Enerji Sistemlerine Ait Enerji Üretim Değerleri				
2021 Yılı Mayıs Gün	Ortalama Üretim	10 Gün	11 Gün	12 Gün
GES-1 Toplam Üretim	8040	8100	8040	7980

GES-2 : GES-2 Malatya ili Battalgazi ilçesi Göller Mahallesi mevkiinde bulunmaktadır

Şekil 5.3'te Battalgazi İlçesi Göller Mahallesi'nde bulunan GES-2'ye ait saha görüntüsü bulunmaktadır.



Şekil 5.3. GES 2 saha görüntüsü

- GES'in kurulu gücü 0.999 kW olarak projelendirilmiştir.
- Panellerin imal yılının 2016 olduğu görülmüştür.
- Arazinin düz olduğu ve panel açılarının 25 derece olduğu görülmüştür.
- Panel yönü güney cephe olarak görülmüştür.
- Panel gücü 250 W olup GES'te polikristal panel kullanıldığı görülmüştür.
- GES'te 20 adet invertör olup her biri 50 kW gücündedir.
- GES'te diziler arası mesafe 4 m olarak görülmüştür.
- GES'in mahalle yollarına 150 m karayoluna ise 6 km mesafesi bulunmaktadır.
- GES'in enerji nakil hattına olan uzaklığı 650 m olduğu görülmüştür.
- GES'in trafo merkezine olan uzaklığı 5.6 km olduğu görülmüştür.
- GES'te bulunan panellerin temiz olduğu görülmüştür.

- GES'te 6 mm² solar kablo kullanıldığı görülmüştür.
- GES 5x25 mm² nyi bakır kablo kullanıldığı görülmüştür.
- GES'te uzaktan takip sistemi bulunmaktadır.

Şekil 5.4'te Battalgazi İlçesi Göller Mahallesi'nde bulunan GES-2'ye ait uydu görüntüsü bulunmaktadır.



Şekil 5.4. GES 2 uydu görüntüsü

GES-2'de Mayıs ayının 10. günü 11. günü ve 12. günlerinin elektrik üretim değerleri incelenmiştir. Tablo 5.2'de GES-2'nin 2021 yılı Mayıs ayına ait üç günlük elektrik üretim verileri görülmektedir. Bu üretim verilerinden GES-2 in ortalama Mayıs ayının üç gününe bakılarak günlük ortalama elektrik üretim değeri 7552 kWh olarak görülmektedir.

Tablo 5.2. GES 2 üretim değerleri

Malatya İli Güneş Enerji Sistemlerine Ait Enerji Üretim Değerleri				
2021 Yılı Mayıs Gün	Ortalama Üretim	10 Gün	11 Gün	12 Gün
GES-2 Toplam Üretim	7552	7788	7550	7319

GES 3: GES-3 Malatya ili Battalgazi ilçesi Göller Mahallesi mevkiinde bulunmaktadır

Şekil 5.5'te Battalgazi İlçesi Göller Mahallesi'nde bulunan GES-3'e ait saha görüntüsü bulunmaktadır.



Şekil 5.5. GES 3 saha görüntüsü

- GES'in kurulu gücü 0.999 kWe olarak projelendirilmiştir.
- Panellerin imal yılının 2019 olduğu görülmüştür.
- Arazi hafif batıya eğimli ve panel açılarının 25 derece olduğu görülmüştür.
- Panel yönü güney cephe olarak görülmüştür.
- Panel gücü 270 W olup GES'te polikristal panel kullanılmıştır.
- GES'te 25 adet invertör olup her biri 50 kW gücündedir.
- GES'te diziler arası mesafe 4.6 m olarak görülmüştür.
- GES'in mahalle yollarına 200 m karayoluna ise 6 km mesafesi bulunmaktadır.
- GES'in Enerji Nakil Hattına olan uzaklığı 750 m olduğu görülmüştür.
- GES'in Trafo Merkezine olan uzaklığı 5,7 km olduğu görülmüştür.
- GES'te bulunan panellerin temiz olduğu görülmüştür.
- GES'te 6 mm² solar kablo kullanıldığı görülmüştür.
- GES 5x25 mm² nyy bakır kablo kullanıldığı görülmüştür.
- GES'te uzaktan takip sistemi bulunmaktadır.

Şekil 5.6'da Battalgazi İlçesi Göller Mahallesi'nde bulunan GES-3'e ait uydu görüntüsü bulunmaktadır.



Şekil 5.6. GES 3 uydu görüntüsü

GES-3'te Mayıs ayının 10. günü 11. günü ve 12. günlerinin elektrik üretim değerleri incelenmiştir. Tablo 5.3'te GES-3'ün 2021 yılı Mayıs ayına ait üç günlük elektrik üretim verileri görülmektedir. Bu üretim verilerinden GES-3 in ortalama Mayıs ayının üç gününe bakılarak günlük ortalama elektrik üretim değeri 8191 kWh olarak görülmektedir.

Tablo 5.3. GES 3 üretim değerleri

Malatya İli Güneş Enerji Sistemlerine Ait Enerji Üretim Değerleri				
2021 Yılı Mayıs Gün	Ortalama Üretim	10 Gün	11 Gün	12 Gün
GES-3 Toplam Üretim	8191	8338	8224	8012

GES-4: GES-4 Malatya ili Battalgazi ilçesi Orduzu Mahallesi mevkiinde bulunmaktadır

Şekil 5.7'de Battalgazi İlçesi Orduzu Mahallesi'nde bulunan GES-4'e ait saha görüntüsü bulunmaktadır.



Şekil 5.7. GES 4 saha görüntüsü

- GES'in kurulu gücü 0.999 kW olarak projelendirilmiştir.

- Arazi güneye eğimli ve panel açılarının 25 derece olduğu görülmüştür.
- Panellerin imal yılının 2016 olduğu görülmüştür.
- Panel yönü güney cephe olarak görülmüştür.
- Panel gücü 310 W olup GES'te polikristal panel kullanılmıştır.
- GES'te 17 adet invertör olup her biri 60 kW gücündedir.
- GES'te diziler arası mesafe 3.5 m olarak görülmüştür.
- GES'in mahalle yollarına 100 m Karayoluna ise 7 km mesafesi bulunmaktadır.
- GES'in Enerji Nakil Hattına olan uzaklığı 365 m olduğu görülmüştür.
- GES'in Trafo Merkezine olan uzaklığı 3 km olduğu görülmüştür.
- GES'te bulunan panellerin temiz olduğu görülmüştür.
- GES'te 6 mm² solar kablo kullanıldığı görülmüştür.
- GES 5x25 mm² nyi bakır kablo kullanıldığı görülmüştür.
- GES uzaktan takip sistemi bulunmaktadır.

Şekil 5.8'de Battalgazi İlçesi Orduzu Mahallesi'nde bulunan GES-4'e ait uydu görüntüsü bulunmaktadır.



Şekil 5.8. GES 4 uydu görüntüsü

GES-4'ün Mayıs ayının 10. günü 11. günü ve 12. günlerinin elektrik üretim değerleri incelenmiştir. Tablo 5.4'te GES-4'ün 2021 yılı Mayıs ayına ait üç günlük elektrik üretim verileri görülmektedir. Bu üretim verilerinden GES-4'ün ortalama Mayıs ayının üç gününe bakılarak günlük ortalama elektrik üretim değeri 7548 kWh olarak görülmektedir.

Tablo 5.4. GES 4 üretim değerleri

Malatya İli Güneş Enerji Sistemlerine Ait Enerji Üretim Değerleri				
2021 Yılı Mayıs Gün	Ortalama Üretim	10 Gün	11 Gün	12 Gün
GES-4 Toplam Üretim	7548	7791	7543	7309

GES-5: GES-5 Malatya ili Yeşilyurt ilçesi Yaka Mahallesi mevkiinde bulunmaktadır

Şekil 5.9'da Yeşilyurt İlçesi Yaka Mahallesi'nde bulunan GES-5'e ait saha görüntüsü bulunmaktadır.



Şekil 5.9. GES 5 saha fotoğrafı

- GES kurulu gücü 0.999 kW olarak projelendirilmiştir.
- Arazi doğu-batı eğimli ve panel açılarının 25 derece olduğu görülmüştür.
- Panel yönü güney cephe olarak görülmüştür.
- Panellerin imal yılının 2020 olduğu görülmüştür.
- Panel gücü 400 W olup monokristal panel kullanılmıştır.
- GES'te 10 adet invertör olup her biri 100 kW gücündedir.
- GES'te diziler arası mesafe 5.5 m olarak görülmüştür.
- GES'in mahalle yollarına 200 m karayoluna ise 5 km mesafesi bulunmaktadır.
- GES'in Enerji Nakil Hattına olan uzaklığı 300 m olduğu görülmüştür.
- GES'in Trafo Merkezine olan uzaklığı 7 km olduğu görülmüştür.
- GES'te bulunan panellerin temiz olduğu görülmüştür.

- GES'te 6 mm² solar kablo kullanıldığı görülmüştür.
- GES 5x35 mm² nyi bakır kablo kullanıldığı görülmüştür.

Şekil 5.10'da Yeşilyurt İlçesi Yaka Mahallesi'nde bulunan GES-5'e ait saha görüntüsü bulunmaktadır.



Şekil 5.10. GES 5 saha fotoğrafı

GES-5'in Mayıs ayının 10. günü 11. günü ve 12. günlerinin elektrik üretim değerleri incelenmiştir. Tablo 5.5'te GES-5'in 2021 yılı Mayıs ayına ait üç günlük elektrik üretim verileri görülmektedir. Bu üretim verilerinden GES-5 in ortalama Mayıs ayının üç gününe bakılarak günlük ortalama elektrik üretim değeri 8286 kWh olarak görülmektedir.

Tablo 5.5. GES 5 üretim değerleri

Malatya İli Güneş Enerji Sistemlerine Ait Enerji Üretim Değerleri				
2021 Yılı Mayıs Gün	Ortalama Üretim	10 Gün	11 Gün	12 Gün
GES-5 Toplam Üretim	8286	8380	8286	8193

GES-6: GES-6 Malatya ili Yeşilyurt ilçesi Çarmuzu Mahallesi mevkiinde bulunmaktadır

Şekil 5.11'de Yeşilyurt İlçesi Çarmuzu Mahallesi'nde bulunan GES-6'ya ait saha görüntüsü bulunmaktadır.



Şekil 5.11. GES 6 saha fotoğrafı

- GES kurulu gücü 0.990 kW olarak projelendirilmiştir.
- Arazi doğu eğimli ve panel açılarının 25 derece olduğu görülmüştür.
- Panellerin imal yılının 2016 olduğu görülmüştür.
- Panel yönü güney cephe olarak görülmüştür.
- Panel gücü 265 W olup GES'te monokristal panel kullanılmıştır.
- GES'te 20 adet invertör olup her biri 50 kW gücündedir.
- GES'te diziler arası mesafe 4.4 m olarak görülmüştür.
- GES'in mahalle yollarına 100 m karayoluna ise 4 km mesafesi bulunmaktadır.
- GES'in Enerji Nakil Hattına olan uzaklığı 400 m olduğu görülmüştür.
- GES'in Trafo Merkezine olan uzaklığı 5 km olduğu görülmüştür.
- GES'te bulunan panellerin temiz olduğu görülmüştür.
- GES'te 6 mm² ve 10 mm² solar kablo kullanıldığı görülmüştür.
- GES 5x25 mm² nyi bakır kablo kullanıldığı görülmüştür.
- GES de uzaktan takip sistemi ve skada sistemi bulunmaktadır.

Şekil 5.12'de Yeşilyurt İlçesi Çarmuzu Mahallesi'nde bulunan GES-6'ya ait uydu görüntüsü bulunmaktadır.



Şekil 5.12. GES 6 uydu görüntüsü

GES-6'nın Mayıs ayı 10. günü 11. günü ve 12. günlerinin elektrik üretim değerleri incelenmiştir. Tablo 5.6'da GES-6'nın 2021 yılı Mayıs ayına ait üç günlük elektrik üretim verileri görülmektedir. Bu üretim verilerinden GES-6'nın ortalama Mayıs ayının üç gününe bakılarak günlük ortalama elektrik üretim değeri 7877 kWh olarak görülmektedir.

Tablo 5.6. GES 6 üretim değerleri

Malatya İli Güneş Enerji Sistemlerine Ait Enerji Üretim Değerleri				
2021 Yılı Mayıs Gün	Ortalama Üretim	10 Gün	11 Gün	12 Gün
GES-6 Toplam Üretim	7877	7980	7880	7770

GES-7: GES-7 Malatya ili Battalgazi ilçesi Yeniköy Mahallesi mevkiinde bulunmaktadır

Şekil 5.13'te Battalgazi İlçesi Yeniköy Mahallesi'nde bulunan GES-7'ye ait saha görüntüsü bulunmaktadır.



Şekil 5.13. GES 7 saha fotoğrafı

- GES kurulu gücü 0.990 kW olarak projelendirilmiştir.
- Arazi Batıya eğimli ve panel açılarının 25 derece olduğu görülmüştür.
- Panellerin imal yılının 2016 olduğu görülmüştür.
- Panel yönü güney cephe olarak görülmüştür.
- Panel gücü 275 W olup GES'te polikristal panel kullanılmıştır.
- GES'te 26 adet invertör olup her biri 40 kW gücündedir.
- GES'te diziler arası mesafe 4 m olarak görülmüştür.
- GES'in mahalle yollarına 30 m karayoluna ise 0.4 km mesafesi bulunmaktadır.
- GES'in enerji nakil hattına olan uzaklığı 400 m olduğu görülmüştür.
- GES'te bulunan panellerin temiz olduğu görülmüştür.
- GES'te 6 mm² solar kablo kullanıldığı görülmüştür.
- GES'te uzaktan takip sistemi bulunmaktadır.

Şekil 5.14'te Battalgazi İlçesi Yeniköy Mahallesi'nde bulunan GES-7'e ait uydu görüntüsü bulunmaktadır.



Şekil 5.14. GES 7 uydu fotoğrafı

GES-7'de Mayıs ayının 10. günü 11. günü ve 12. günlerinin elektrik üretim değerleri incelenmiştir. Tablo 5.7'de GES-7'nin 2021 yılı Mayıs ayına ait üç günlük elektrik üretim verileri görülmektedir. Bu üretim verilerinden GES-7 nin ortalama Mayıs ayının üç gününe bakılarak günlük ortalama elektrik üretim değeri 7742 kWh olarak görülmektedir.

Tablo 5.7. GES 7 üretim değerleri

Malatya İli Güneş Enerji Sistemlerine Ait Enerji Üretim Değerleri				
2021 Yılı Mayıs Gün	Ortalama Üretim	10 Gün	11 Gün	12 Gün
GES-7 Toplam Üretim	7742	7928	7750	7548

GES-8: GES-8 Malatya ili Yeşilyurt ilçesi Hiroğlu Mahallesi mevkiinde bulunmaktadır

Şekil 5.15'te Yeşilyurt İlçesi Hiroğlu Mahallesi'nde bulunan GES-8'e ait saha fotoğrafı bulunmaktadır.



Şekil 5.15. GES 8 saha fotoğrafları

- GES'in kurulu gücü 0.999 kW olarak projelendirilmiştir.
- Arazi Kuzeydoğu eğimli ve panel açılarının 25 derece olduğu görülmüştür.
- GES yönü güney cephe olarak görülmüştür.
- Panellerin imal yılının 2020 olduğu görülmüştür.
- Panel gücü 270 W olup GES'te polikristal panel kullanılmıştır.
- GES'te 20 adet invertör olup her biri 50 kW gücündedir.
- GES'te diziler arası mesafe 5 m olarak görülmüştür.
- GES'in mahalle yollarına 200 m karayoluna ise 10 km mesafesi bulunmaktadır.
- GES'in Enerji Nakil Hattına olan uzaklığı 700 m olduğu görülmüştür.
- GES'in Trafo Merkezine olan uzaklığı 7 km olduğu görülmüştür.
- GES'te bulunan panellerin temiz olduğu görülmüştür.
- GES'te 6 mm² solar kablo kullanıldığı görülmüştür.

- GES 5x25 mm² nyy bakır kablo kullanıldığı görülmüştür.
- GES'te uzaktan takip sistemi bulunmaktadır.

Şekil 5.16'da Yeşilyurt İlçesi Hıroğlu Mahallesi'nde bulunan GES-8'e ait uydu görüntüsü bulunmaktadır.



Şekil 5.16. GES 8 uydu görüntüsü

GES-8'de Mayıs ayının 10. günü 11. günü ve 12. 2021 günlerinin elektrik üretim değerleri incelenmiştir. Tablo 5.8'de GES-8'in 2021 yılı Mayıs ayına ait üç günlük elektrik üretim verileri görülmektedir. Bu üretim verilerinden GES-8 in ortalama Mayıs ayının üç gününe bakılarak günlük ortalama elektrik üretim değeri 7661 kWh olarak görülmektedir.

Tablo 5.8. GES 8 üretim değerleri

Malatya İli Güneş Enerji Sistemlerine Ait Enerji Üretim Değerleri				
2021 Yılı Mayıs Gün	Ortalama Üretim	10 Gün	11 Gün	12 Gün
GES-8 Toplam Üretim	7661	7894	7697	7392

Yapılan enerji üretim incelemelerinde birçok kriterin üretimi etkilediği görülmektedir. GES'ler arasında üç günlük ortalama üretim kıyaslandığında en fazla üretim GES 5'in olduğu görülmektedir. En az üretim ise GES 4'ün üretim değerleri olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 5.9' da Malatya ilinde bulunan 8 farklı güneş enerji santralinin teknik ve fiziki özellikleri detaylı bir şekilde gösterilmektedir. Bu GES'lerin elektrik üretim verileri yukarıda üç günlük ayrı ayrı ve bunların ortalaması da gösterilmiştir. Üretim verileri doğrultusunda en fazla enerji üretimi yapan güneş enerji santralinin GES-5 olduğu görülmektedir. GES-5'in üç günlük ortalama enerji üretim 8286 kWh'dır. GES-5 in diğer

üretim santrallerine göre diziler arası mesafesinin en fazla olduğu ve GES’te monokristal panel kullanılması nedeniyle enerji üretimi en fazla GES-5’de olduğu görülmektedir.

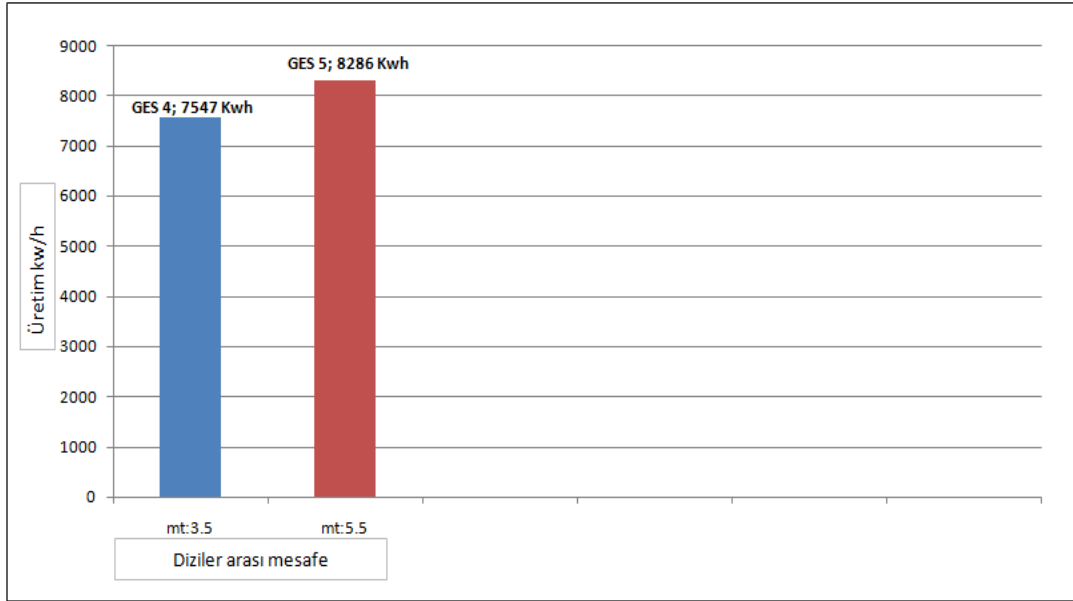
Tablo 5.9. Tüm GES’lerin üretim değerleri

2021 Yılı Mayıs Gün	AC Güç (MW)	Arazi Yönü	Diziler Arası Mesafe (m)	Panel Eğimi (Derece)	Panel Tipi / Üretim Yılı	Panel Temizliği	3 Günlük Ortalama (kWh)	10 Gün (kWh)	11 Gün (kWh)	12 Gün (kWh)
GES-1 Toplam Üretim (kWh)	0,99	Düz	4,4	25	2019 / Polikristal	Temiz	8040	8100	8040	7980
GES-2 Toplam Üretim (kWh)	0,99	Düz	4	25	2016 / Polikristal	Temiz	7552	7788	7550	7319
GES-3 Toplam Üretim (kWh)	0,99	Batı	4,6	25	2019 / Polikristal	Temiz	8191	8338	8224	8012
GES-4 Toplam Üretim (kWh)	0,99	Güney	3,5	25	2016 / Polikristal	Temiz	7547	7791	7543	7309
GES-5 Toplam Üretim (kWh)	0,99	Doğu Batı	5,5	25	2020 / Monolikristal	Temiz	8286	7380	8286	8193
GES-6 Toplam Üretim (kWh)	0,99	Doğu Batı	4,4	25	2016 / Polikristal	Temiz	7876	7980	7880	7770
GES-7 Toplam Üretim (kWh)	0,99	Güney	4	25	2016 / Polikristal	Temiz	7742	7928	7750	7548
GES-8 Toplam Üretim (kWh)	0,99	Kuzey	5	25	2020 / Polikristal	Temiz	7661	7894	7697	7392

Yapılan inceleme ve tabloda çıkan sonuçlar doğrultusunda en az üretim yapan GES-4’ün üretimlerini etkileyen parametreleri inceleyecek olursak;

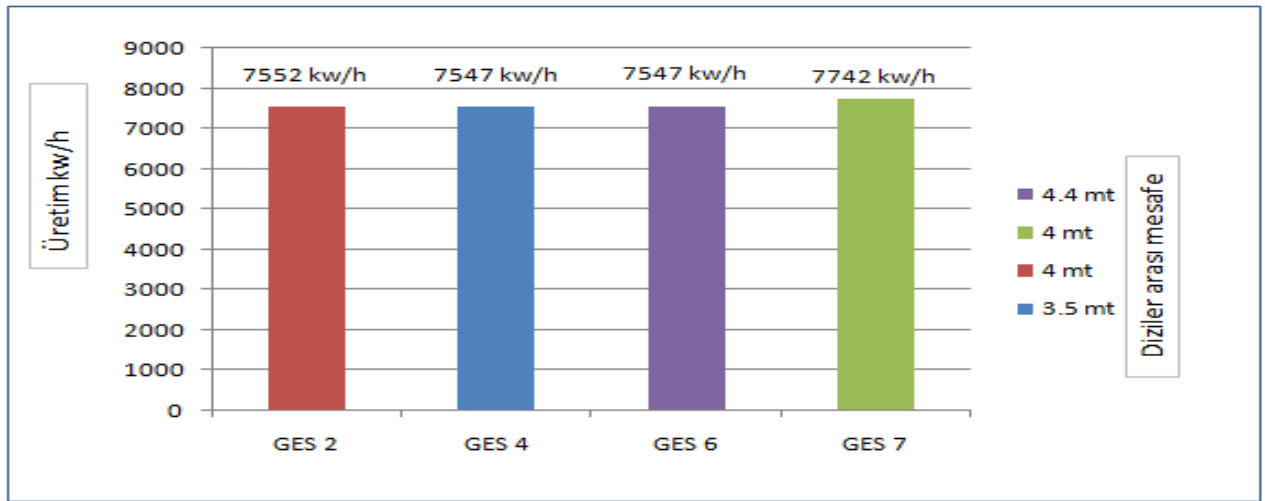
Şekil 5.17’ de panel dizileri arasındaki mesafesi en kısa olan (3.5 m) GES-4 elektrik üretim verilerinin diğer GES’lere göre düşük olduğu görülmektedir. GES-4’ün üç günlük ortalama elektrik üretimi 7547 kWh dır. GES-4’ün enerji üretim verilerini incelediğimizde panellerin üretim tarihinin diğer GES’lere göre daha eski olması ve diziler arası

mesafelerin kısa olması ile panellerin daha fazla gölgelemeye maruz kalması elektrik üretimini etkilediği görülmüştür.



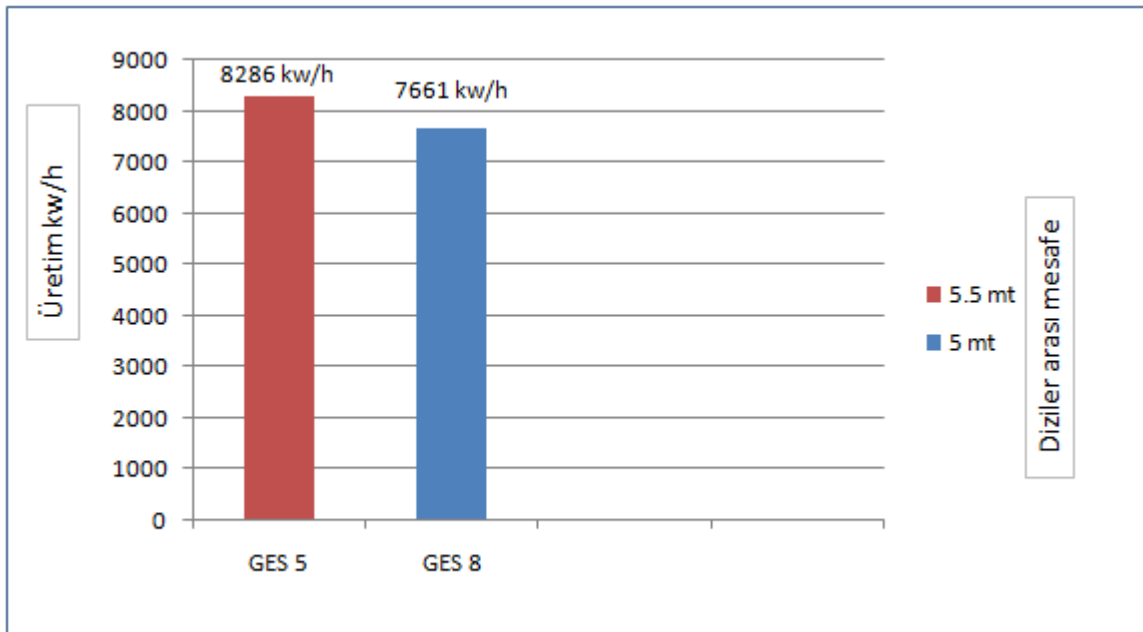
Şekil 5.17. GES 4 ve GES 5 üretim değerlerinin kıyaslanması

Şekil 5.18’ de görüldüğü üzere; GES-2, GES-4, GES-6 ve GES-7’de bulunan üretim tesislerinde panellerin üretim tarihleri aynı olup bu santrallerin hepsinde polikristal panel kullanılmıştır. Üç günlük ortalama üretimlere bakıldığında GES-2’nin 7552 kWh, GES-4’ün 7547 kWh, GES-6’nın 7547 kWh ve GES-7’nin 7742 kWh enerji ürettiği görülmektedir. Diziler arası mesafenin GES-2 için 4 m, GES-4 için 3.5 m, GES-6 için 4.4 m ve GES-7 için 4 m olarak projelendirildiği tespit edilmiştir. Bu dört GES’in kendi aralarındaki üretimleri kıyaslandığında en yüksek GES üretimi ile en düşük GES üretimi arasında % 4.2 lik bir üretim farkı meydana gelmiştir.



Şekil 5.18. GES 2, GES 4, GES 6 ve GES 7 üretim değerlerinin kıyaslanması

Şekil 5.19' da imal tarihi aynı olan panellerin kullanıldığı GES'lerden GES-5'te monokristal panel kullanıldığı, GES-8'de ise polikristal panel kullanıldığı fakat diziler arası mesafe olarak GES-5'te 5.5 m, GES-8'de ise 5 m olduğu görülmektedir. GES-5'te üç günlük ortalama üretimi 8286 kWh iken, GES-8'de elektrik üretimi 7661 kWh olduğu görülmektedir. GES-5'te panel montajı yapılan arazinin bir kısmının kuzey cephe olduğu görülmektedir. Bu nedenle tesisin üretim kaybının fazla olduğu fark edilmiştir. Bu GES'lerin günlük üretim değerlerine bakıldığında ise % 7.5 lik bir üretim farkı olduğu görülmektedir.



Şekil 5.19. GES 5 ve GES 8 üretim değerlerinin kıyaslanması

Şekil 5.20’ de GES-1 ile GES-3’e bakıldığında; panellerin üretim yılları ve panel özellikleri aynı olduğu fakat diziler arası mesafelerin GES-1 için 4.4 m, GES-3 için 4.6 m olduğu görülmüştür. GES-1’de günlük ortalama 8040 kWh, GES-3’te ise günlük ortalama 8191 kWh enerji üretimi yapıldığı görülmektedir. Bu iki elektrik üretim tesisi arasında % 1.8 lik bir üretim farkı bulunmaktadır.



Şekil 5.20. GES 1 ve GES 3 üretim değerlerinin kıyaslanması

5.2. Yöntem 2: Güneş Enerji Santrallerinin Anlık Üretim Değerlerine Göre Kıyaslanması

İkinci kısımda yapılmak istenen güneş enerji Santrallerinin anlık elektrik üretimi ile meteoroloji istasyonu verilerini (W/m^2 değerleri) kıyaslayarak santrallerin üretim verimlerini ortaya çıkarmaktır. Bu sayede Malatya ilinde bulunan GES’lerde birinci yöntem ile üç günlük ortalama üretim farklarını ortaya koymak, ikinci yöntem ile de aynı bölgede bulunan üç adet güneş enerji santraline ait aynı zaman diliminde meteoroloji istasyonunun anlık ışının değerleri (W/m^2) ile o anki üretim değerinin kıyaslayarak güneş enerji santralinin performansını ortaya koymaktır.

Bu amaçla güneş ölçüm istasyonunda bir adet piranometre, rüzgar ve sıcaklık ölçümleri için ilgili duyurgaç ve veri kaydedici kullanılmaktadır. Piranometreler yatay yüzeye gelen doğrusal ve yansıyan ışınımın tamamını ölçmek için tasarlanmışlardır. Piranometre tarafından ölçülen değerleri logger marifeti kayıt altına alınmıştır.

Şekil 5.21’de Battalgazi İlçesi Fırıncı Mahallesi’nde bulunan GES’lere ait uydu görüntüsü bulunmaktadır. GES-9, GES-10 ve GES-11 olmak üzere üç adet güneş enerji santralinin bulunduğu bölge GES-9 ile GES-10 arası 100m, GES 9 ile GES-11 arası 700m olarak ölçülmüştür.



Şekil 5.21. Aynı bölgede bulunan GES’ler

GES-9: Malatya ili Battalgazi ilçesi Fırıncı Mahallesi mevkiinde bulunmaktadır.

Şekil 5.22 ve 5.23’te Battalgazi İlçesi Fırıncı Mahallesi’nde bulunan GES-9’a ait uydu görüntüsü ve saha görseli bulunmaktadır.



Şekil 5.22. GES 9 uydu fotoğrafı



Şekil 5.23. GES 9 saha fotoğrafı

- GES'in kurulu gücü 1150 kWp / 0.990 kW olarak projelendirilmiştir.
- Arazi düz olup panel açılarının 25 derece olduğu görülmüştür.
- Panellerin imal yılının 2019 olduğu görülmüştür.
- Panel yönü güney cephe olarak görülmüştür.
- Panel gücü 315 w olup GES'te polikristal panel kullanılmıştır.
- GES'te 12 adet invertör olup her biri 80 kW gücündedir.
- GES'te diziler arası mesafe 6 m olarak görülmüştür.
- GES'in mahalle yollarına 50 m karayoluna ise 3.2 km mesafesi bulunmuştur.
- GES'in Enerji Nakil Hattına olan uzaklığı 100 m olduğu görülmüştür.
- GES'te bulunan panellerin temiz olduğu görülmüştür.
- GES'te 6 mm² solar kablo kullanıldığı görülmüştür.
- GES'te uzaktan takip sistemi bulunmaktadır.

Şekil 5.24'te Battalgazi İlçesi Fırıncı Mahallesi'nde bulunan GES-9'a ait ölçüm görseli bulunmaktadır.



Şekil 5.24. GES 9 ölçüm fotoğrafı

GES-9 Malatya İli Battalgazi İlçesi Fırıncı Mahallesi mevkiinde bulunan güneş enerji santralinin 08.06.2021 tarih ve 10.15 saatinde ölçümü yapılan meteoroloji istasyonu verilerinde ortam sıcaklığının 28 derece olduğu, panel sıcaklığının 46 derece ve GES'in m²'ye düşen ışıınım değeri 818 W/m² olduğu görülmektedir. Bu zaman aralığında GES'in 840 kW enerji üretimi yaptığı görülmüştür. Tablo 5.10'da GES-9'a ait genel bilgiler bulunmaktadır.

Tablo 5.10. GES-9 genel bilgiler

Malatya İli Güneş Enerji Sistemleri Enerji Üretim Değerleri						
GES	DC Kurulu Gücü(kWp) / AC Güç(kWe)	Santral Yönü/Panel Yönü	Panel Eğimi(derece)	Panel Tipi / Üretim Yılı	Panel Temizliği	Diziler Arası Mesafe(m)
GES-9	1150/990	Düz/Güney	25	2019 / Polikristal	Temiz	5,5

Tablo 5.11’de GES-9’un 1000 W/m²’de 1150 kW enerji üretimi yapması beklenirken 818 W/m²’de 830 kW enerji üretimi yapması güneş enerji santralinin ölçüm yapılan zaman diliminde % 88.2 verimde çalıştığını göstermektedir.

Tablo 5.11. GES-9 üretim verim tablosu

Malatya İli Güneş Enerji Sistemleri Enerji Üretim Değerleri									
GES	Panel Tipi / Üretim Yılı	Panel Sıcaklığı (Derece)	Ortam Sıcaklığı (Derece)	Ölçüm Tarihi ve Saati	Işınım Değeri W/m ²	Anlık Üretim(kW)	Kurulu Güç(kWp/kWe)	m ² 'ye düşen Üretim(kW)	Performans (%)
GES-9	2019 / Polikristal	46	28	08.06.2021 10.15	818	830	1150/990	0,72	88.2

GES-10: Malatya ili Battalgazi ilçesi Fırıncı Mahallesi mevkiinde bulunmaktadır

Şekil 5.25 ve 5.26’da GES-10’a ait uydu görseli ve saha görseli bulunmaktadır.

**Şekil 5.25.** GES 10 uydu fotoğrafı



Şekil 5.26. GES 10 saha fotoğrafı

- GES'in kurulu gücü 1150 kWp/0.990 kW olarak projelendirilmiştir.
- Arazi düz olup panel açılarının 25 derece olduğu görülmüştür.
- Panellerin imal yılının 2017 olduğu görülmüştür.
- Panel yönü güney cephe olarak görülmüştür.
- Panel gücü 270 W olup GES'te polikristal panel kullanılmıştır.
- GES'te 10 adet invertör olup her biri 100 kW gücündedir.
- GES'te diziler arası mesafe 4 m olarak görülmüştür.
- GES'in mahalle yollarına 20 m karayoluna ise 3 km mesafesi bulunmaktadır.
- GES'in enerji nakil hattına olan uzaklığı 10 m olduğu görülmüştür.
- GES'te bulunan panellerin temiz olduğu görülmüştür.
- GES'te 6 mm² solar kablo kullanıldığı görülmüştür.
- GES'te uzaktan takip sistemi bulunmaktadır.

Şekil 5.27'de GES-10'a ait ölçüm görseli yer almaktadır.



Şekil 5.27. GES 10 ölçüm fotoğrafı

GES-10 Malatya İli Battalgazi İlçesi Fırıncı Mahallesi mevkiinde bulunan güneş enerji santralinin 08.06.2021 tarih ve 10.15 saatinde ölçümü yapılan meteoroloji istasyonu verilerinde ortam sıcaklığının 29 derece olduğu, panel sıcaklığının 48 derece ve GES'in m^2 'ye düşen ışıınım değeri 818 w/m^2 olduğu görülmektedir. Bu zaman aralığında GES'in 815 kW enerji üretimi yaptığı tespit edilmiştir. Tablo 5.12'de GES-10'a ait genel bilgiler bulunmaktadır.

Tablo 5.12. GES-10 genel bilgiler

Malatya İli Güneş Enerji Sistemleri Enerji Üretim Değerleri						
GES	DC Kurulu Gücü(kWp) / AC Güç(kWe)	Santral Yönü/Panel Yönü	Panel Eğimi (Derece)	Panel Tipi / Üretim Yılı	Panel Temizliği	Diziler Arası Mesafe (m)
GES-10	1150/990	Düz/Güney	25	2017 / Polikristal	Temiz	4

Tablo 5.13'te GES-10'a ait üretim verileri bulunmaktadır. 1000 w/m^2 'de 1150 kW enerji üretimi yapması beklenen Santralin 818 w/m^2 'de 815 kW enerji üretimi yapması, güneş enerji santralinin ölçüm yapılan zaman diliminde % 86.7 verimde çalıştığını göstermektedir.

Tablo 5.13. GES-10 üretim verim tablosu

Malatya İli Güneş Enerji Sistemleri Enerji Üretim Değerleri									
GES	Panel Tipi / Üretim Yılı	Panel Sıcaklığı (Derece)	Ortam Sıcaklığı(Derece)	Ölçüm Tarihi ve Saati	İşınım Değeri W/m^2	Anlık Üretim (kW)	Kurulu Güç (kWp/kwe)	m^2 'ye Düşen Üretim (kW)	Performans (%)
GES-10	2017 / Polikristal	48	29	08.06.2021 10.15	818	815	1150/990	0,71	86.7

GES-11

- İlimizin Battalgazi ilçesi Fırıncı Mahallesi mevkiinde bulunan bir üretim GES'tir

Şekil 5.28 ve 5.29'da GES-11'e ait uydu görseli ve saha görseli bulunmaktadır.



Şekil 5.28. GES 11 uydu fotoğrafı



Şekil 5.29. GES 11 saha fotoğrafı

- GES'in kurulu gücü 12.900 kWp/9.95 kWe olarak projelendirilmiştir.
- Arazi düz olup panel açılarının 25 derece olduğu görülmüştür.
- Panellerin imal yılının 2019 olduğu görülmüştür.
- Panel yönü güney cephe olarak görülmüştür.
- Panel gücü 380 W olup GES'te monokristal panel kullanılmıştır.
- GES'te 6 adet merkezi invertör olup her biri 1658 kW gücündedir.
- GES'te diziler arası mesafe 5 m olarak görülmüştür.
- GES'in mahalle yollarına 5 m karayoluna ise 3 km mesafesi bulunmaktadır.
- GES'in Enerji Nakil Hattına olan uzaklığı 500 m olduğu görülmüştür.
- GES'te bulunan panellerin temiz olduğu görülmüştür.
- GES'te 6 mm² solar kablo kullanıldığı görülmüştür.
- GES'te uzaktan takip sistemi bulunmaktadır.

Şekil 5.30'da GES-11'e ait ölçüm sistemi görseli bulunmaktadır.



Şekil 5.30. GES 11 ölçüm fotoğrafı

GES-11 Malatya İli Battalgazi İlçesi Fırıncı Mahallesi mevkiinde bulunan güneş enerji santralinin 08.06.2021 tarih ve 10.15 saatinde ölçümü yapılan meteoroloji istasyonu verilerinde ortam sıcaklığının 27 derece olduğu, panel sıcaklığının 54 derece ve GES'in m^2 'ye düşen ışıınım değeri 818 w/m^2 olduğu görülmektedir. Bu zaman aralığında GES'in 9400 kW enerji üretimi yaptığı tespit edilmiştir. Tablo 5.14'te GES-11'e ait genel bilgiler bulunmaktadır.

Tablo 5.14. GES-11 genel bilgiler

Malatya İli Güneş Enerji Sistemleri Enerji Üretim Değerleri						
GES	DC Kurulu Gücü(kWp) / AC Güç(kWe)	Santral Yönü/Panel Yönü	Panel Eğimi (Derece)	Panel Tipi / Üretim Yılı	Panel Temizliği	Diziler Arası Mesafe(m)
GES-11	12900/9950	Düz/Güney	25	2019 / Monokristal	Temiz	5

Tablo 5.15'te GES-11'e ait üretim verileri bulunmaktadır. 1000 W/m^2 'de 12900 kW enerji üretimi yapması beklenen Santralin 818 W/m^2 'de 9400 kW enerji üretimi yapması güneş enerji santralinin ölçüm yapılan zaman diliminde % 89.1 verimde çalıştığını göstermektedir.

Tablo 5.15. GES-11 üretim verim tablosu

Malatya İli Güneş Enerji Sistemleri Enerji Üretim Değerleri									
GES	Panel Tipi / Üretim Yılı	Panel Sıcaklığı (Derece)	Ortam Sıcaklığı (Derece)	Ölçüm Tarihi ve Saati	Işınım Değeri W/ m ²	Anlık Üretim(kW)	Kurulu Güç(kWp/kWe)	m ² 'ye düşen Üretim(kW)	Performans (%)
GES-11	2019 / Monokristal	52	29	08.06.2021 10.15	818	9400	12900/9500	0,73	89,1

Aşağıda gösterilen Tablo 5.16'da GES-9, GES-10 ve GES-11'e ait üretim verileri ve santrallerin performans değerleri görülmektedir.

Tablo 5.16. GES-9, GES-10, GES-11'e ait üretim verim tablosu

Malatya İli Güneş Enerji Sistemleri Enerji Üretim Değerleri									
GES	Panel Tipi / Üretim Yılı	Panel Sıcaklığı (Derece)	Ortam Sıcaklığı (Derece)	Ölçüm Tarihi ve Saati	Işınım Değeri W/m ²	Anlık Üretim(kW)	Kurulu Güç(kWp/kWe)	m ² 'ye düşen Üretim(kW)	Performans (%)
GES-9	2019 / Polikristal	46	28	08.06.2021 10.15	818	830	1150/990	0,72	88.2
GES-10	2017 / Polikristal	48	29	08.06.2021 10.15	818	815	1150/990	0,71	86.7
GES-11	2019 / Monokristal	52	29	08.06.2021 10.15	818	9400	12900/9500	0,73	89,1

İkinci yöntemde aynı bölgede bulunan güneş enerji santrallerine ait yapılan ölçümler ile üretim değerlerini kıyaslandığımızda, kurulu güçleri aynı olan GES-9 ve GES-10'da aynı zaman diliminde ışıınım değerleri aynı olmakla birlikte anlık GES-9'un 830 kW, GES-10'un 815 kW enerji üretimi yaptığı görülmüştür. Her iki santralin panellerin üretim yılı dışında diğer özelliklerinin aynı olduğu görülmektedir. Elektrik üretim değerlerinin de birbirine yakın olduğu görülmüştür. GES-11'de ise diğer GES'lerden farklı olarak monokristal panel ve merkezi inverter kullanıldığı görülmektedir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tezin konusu Malatya ilinde bulunan güneş enerji santrallerine ait üretim verilerinin analiz edilmesidir. Burada iki farklı yöntem kullanılmıştır. Birinci yöntem Malatya ilinde ve farklı bölgelerde bulunan 8 adet güneş enerji santrali üzerinde yapılan üretim esaslı değerlendirmedir.

Birinci yöntemde havanın açık olduğu üç gün seçilerek 8 farklı güneş enerji santralinin günlük enerji üretim değerleri alınarak üç günlük ortalama elektrik üretim verisi oluşturulmuştur. Tüm GES'lerin elektrik üretimlerinin kıyaslanması yapıldığında bazı temel sonuçlar ortaya çıkmış bulunmaktadır.

Birinci yöntemde en fazla elektrik üretimi yapan tesisin GES-5 olduğu tespit edilmiştir. GES-5'i diğer GES'lerden ayıran birkaç önemli faktör bulunmaktadır. Panellerin monokristal olarak projelendirilmesi ve panellerin üretim yılının 2020 yılı olmasıdır. Üretimi etkileyen diğer bir kriter de diziler arası mesafe olarak görülmektedir. GES-5'te diziler arası mesafeler 5.5 m olarak projelendirilmiştir. GES'lerde diziler arası mesafenin fazla olması mevsimsel olarak gölgelemeyi minimum seviyeye indirerek santralin yüksek verimde çalışmasını sağladığı ortaya çıkmaktadır.

Birinci yöntemde en az elektrik üretimi yapan tesisin GES-4 olduğu tespit edilmiştir. GES-4'ü diğer GES'lerden ayıran en önemli özelliği, diziler arası mesafelerin en az olduğu GES olmasıdır. GES-4'te diziler arası mesafenin 3.5 m olduğu görülmektedir. Diziler arası mesafenin az olması gölge boyunun uzadığı zaman diliminde gölgeleme yapan stringlerin tüm inverterin üretimini etkilediği ve üretimin verim kayıplarına neden olduğu görülmektedir. Gölgelemenin güneş enerji santrallerinde üretim üzerinde dikkat edilmesi gereken en önemli konular arasında olduğu görülmektedir.

Bununla birlikte kıyaslama yapılan GES'lerin içinde monokristal panel kullanımı sadece GES-5'te olduğu görülmektedir. Monokristal panel ve polikristal paneller arasından verim farkının oluşturduğu üretim değerlerinin de etkisi GES-5 in üretim fazlalığını ortaya koymaktadır. Üretim değerlerini etkileyen faktörlerin bir diğeri ise panellerin üretim tarihleridir. Panellerin üretim tarihi itibari ile verimlerinin zamanla azaldığını da dikkate alırsak GES-5 in üretim verilerinin yüksek olmasının diziler arası mesafe, monokristal paneller ve üretim yılının yeni olması gibi temel parametrelerden ortaya çıktığı görülmektedir.

GES-4'e ait güneş enerji Santralinde polikristal panel kullanılması ve özellikle panellerin üretim yılının diğer GES'lere göre daha eski olması itibariyle üretim santrallerinin içinde elektrik üretim değerlerinin en düşük olduğu görülmektedir. GES'lerin panel farklılığı, panellerin üretim tarihleri arasında 4 yıllık üretim tarihi farkı ve diziler arasındaki mesafe (2 m) gibi farkların olduğu iki ayrı GES'te günlük olarak ortalama % 8.9'luk bir üretim farkının olduğu görülmüştür.

Panel üretim yıllarının aynı olduğu ve aynı cins panel kullanıldığı GES-2, GES-4, GES-6 ve GES-7'ler de diziler arası 1 m'lik bir mesafe farkı, iki GES arasında günlük ortalama % 4.2 lik bir üretim farkı meydana getirmiş bulunmaktadır.

Güneş enerji santrallerinin elektrik üretim verilerine baktığımızda projelendirme aşamasında mevsimsel gölgeleme boylarını dikkate alarak diziler arası mesafelerin arasına uygun mesafe koyulması gerektiği görülmektedir. Yapılan GES'ler de gölgeleme hesabından ziyade arazinin yapısına ve büyüklüğüne uyulduğu ve diziler arası mesafenin birçok projede göz ardı edildiği görülmektedir. Bu GES'lerde yapılan kıyaslama ile artık polikristal panellerden ziyade monokristal panellerin kullanılması gerektiği ortaya çıkmaktadır. Ülkemizde artık polikristal panel üretimi azaldığı ve fiyat bandının da birbirine çok yakın olması nedeniyle monokristal panel kullanımının yaygınlaştığı görülmektedir. Verim açısından da çok avantajlı olup GES'in fayda maliyet analizinde geri dönüşünün hızlı olması nedeniyle artık yatırımcıların güneş enerji santrali kurulurken özellikle monokristal panelleri tercih ettiği görülmektedir.

Bu GES'lerin 25-30 yıl gibi bir çalışma ömrü boyunca üretim yapacağı göz önünde bulundurularak, GES'lerin en fazla üretim yapacak şekilde projelendirilmesi gerektiği kanaatindeyim. GES projeleri yapılırken arazi seçiminden sonra en önemli işlem araziye uygun olarak GES projesinin yapılmasıdır. GES'lerde arazinin yeri kadar önemli olan araziye uygulanacak projenin sahaya gelen ışınlam, mevsimsel ve saatlik gölgeleme, arazi eğimlerinin tümünün birlikte değerlendirilerek en verimli projeyi tasarlamaktır. İlimizde yapılan GES'lere bakıldığında arazi seçimlerinin birçoğunda üretim verimleri yüksek olan arazilerin seçildiği görülmektedir. Seçilen verimli arazilerin yanında araziye uygun projelendirmelerin ise tam anlamıyla verim hesaplarının yapılmadan birçoğunda sahaya gidilmeden yapıldığı kanaatine varılmıştır. Bu tür GES'lerin ülke ekonomisine ciddi katkısı olmakla birlikte yatırımcı kuruluşların yaptığı harcamaları göz önüne aldığımızda projelendirme aşaması bu yatırımın en önemli kısmını oluşturmaktadır. Mühendislik ve projelendirme aşamasında üretimi etkileyen tüm parametreleri arazinin yapısına uygun

olacak şekilde değerlendirilerek en verimli sahalar oluşturmak gerekmektedir. İlk yatırım maliyeti için ciddi kaynakların harcandığı ve yatırım yapılan GES'lerinin uzun süreler enerji üretimine devam edeceği düşünüldüğünde Malatya ilinde yapılan güneş enerji santrallerinde mühendislik hizmetleri ve projelendirme için yeterli maddi kaynak ve zaman harcanmadığı kanaatine varılmıştır. Bu nedenle güneş enerji santrallerinin üretimlerine bakıldığında ciddi verim farkları oluşmuş bulunmaktadır. Malatya ilinde bulunan GES'lerin yıllık 1.500.000 kWh ile 2.100.000 kWh arasında bir üretim değerlerinin olduğu görülmektedir. Güneş enerji santrallerinde üretim verimi en düşük olan GES ile en yüksek olan GES arasında yıllık ortalama 600.000 kWh bir üretim fark oluşmaktadır. Güneş enerji santrallerinde böyle farkların oluşması GES'ler arasında % 28.5 verim farkları oluşturmaktadır. Hem ülkemizde hem de ilimizde artan enerji ihtiyacı ile birlikte uzun süre çalışacak GES'ler için en verimli sahalar oluşturmak adına GES projelerinde saha seçimi, mühendislik hizmeti ve projelendirme, malzeme seçimi, enerji nakil hattı ve bağlantı hattı gibi birçok kriterin birlikte değerlendirilmesi ve bu süreçlerin her biri için gerekli vakit ve kaynağın ayrılması hususu güneş enerji sistemlerinin vazgeçilmez parçası olduğu değerlendirilmektedir.

İkinci yöntem olarak Malatya ilinde bulunan ve birbirlerine çok yakın olan üç farklı güneş enerji santralin meteoroloji istasyonu verileri alınarak enerji üretim performansları kıyaslanmıştır. Her bir santralin aynı anda güneş ışınım değerleri (w/m^2), ortam sıcaklığı(derece), panel sıcaklığı(derece) ve sahada üretilen elektrik enerjisinin (w) anlık olarak ölçümü yapılarak kayıt altına alınmıştır. Bu üretim verilerine bakılarak GES'lerin üretim performansları ortaya konulmuştur.

GES-9 - GES10 ve GES-11'in üretim analizleri incelendiğinde GES-9 ile GES-10 birbirlerine 100 m mesafede olan kurulu gücü, panel cinsi ve arazi yapısı aynı olan GES'lerdir. Bu GES üretimlerine bakıldığında GES-9'un $818 w/m^2$ ışıınım değerinde 830 kWh enerji üretimi yaptığı görülmektedir. GES-10 ise yine $818 w/m^2$ ışıınım değerinde 815 kWh enerji üretimi yaptığı tespit edilmiştir. Bu iki GES arasında % 1.9 luk bir üretim farkı bulunmaktadır. Bu iki GES'in pv modülleri polikristal olup GES-9'un üretim yılı 2019, GES-10 ise 2017 yılıdır. Bu iki santral arasındaki % 1.9 luk üretim farkı panellerin verimlerinin yıllık olarak düşmesinden kaynaklandığı belirlenmiştir.

GES-9 santrali ile GES-11 santralini kıyaslayacak olursak bu iki santralin panellerinin üretim yılları aynı olmasına karşın pv modül cinsi GES-9 da polikristal olup, GES-11 de ise monokristal pv modül kullanılmıştır. GES-9 santralinde 9 adet her biri 80 kW gücünde

string inverter kullanılmıştır. GES-11 santralinde ise 6 adet her biri 1658 kW gücünde merkezi inverter kullanılmıştır. Merkezi inverter ve string inverter verimlerine baktığımızda iki inverter grubunda maksimum verimin % 98.8 olduğu görülmektedir. GES-9 santrali ile GES-11 santrali arasındaki üretimleri incelediğimizde % 0.9 luk bir üretim farkı bulunmaktadır. Bu fark GES-11 santralinde kullanılan pv modüllerin monokristal olmasından kaynaklandığı değerlendirilmektedir.

GES-10 santrali ile GES-11 santralinin üretim verilerini inceleyecek olursak pv modüllere ait üretim yıllarının sırasıyla 2017 ve 2019 olduğu, aynı zamanda pv modül cinslerinin GES-10 da polikristal olduğu, GES-11’de ise monokristal modül kullanıldığı görülmektedir. Bu nedenle iki üretim santrali arasında oluşan % 2.4 verim farkı bu iki temel parametreden kaynaklandığı ortaya çıkmıştır.

Malatya ilinde mevcut kurulu bulunan GES’lerin üretim analizleri için yapılan birinci ve ikinci yöntemde görüldüğü üzere güneş santrallerinin günlük, haftalık, aylık ve yıllık üretim verileri incelendiğinde GES’lerin bazılarında mevsimsel gölgelemelerin dikkate alınmadan projelendirildiği görülmüştür. Yapılan GES’lerde gölgeleme hesabından ziyade arazinin yapısına ve büyüklüğüne bakıldığı, diğer parametrelerin çok da dikkate alınmadığı tespit edilmiştir. Ülkemizde tesis edilen GES’lerde polikristal panel kullanımının azaldığı ve daha çok monokristal panel kullanımının yaygınlaştığı görülmektedir. Verim açısından da daha avantajlı olan monokristal panellerin GES’in fayda maliyet analizinde amortisman sürelerini kısalttığı kanaatine varılmıştır. Bu iki yöntem ile GES’lerin hem günlük üretim değerlerinden, hem de meteoroloji istasyonu verileri ile alınan anlık üretim değerlerinden üretimi etkileyen faktörlerin aynı sonuçları verdiği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

- Akardaş, A. S.** (2013). *Din V 18599-4 Standardı Esas Alınarak Matlab Gui Aydınlatma Tasarımı ve Örnek Binada Uygulanması (Yüksek Lisans Tezi)*. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Akdağ, O. ve Yeroğlu C.** (2019). Malatya Yöresi İçin Örnek Bir Güneş Santrali Modelinin Benzetimi ve Şebekeye Etkilerinin İncelenmesi, *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 7 (3), 552-560.
- Biçen, T.** (2018). *Güneş Panelleri İle Elektrik Üretiminin Teknik Ve Ekonomik Analizi: Bursa Örneği (Yüksek Lisans Tezi)*. Bursa: Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Bilhan, A. K. ve Önel, S.** (2021). Nevşehir İli Güneş Enerji Potansiyelinin Analizi ve Kurulu Güneş Enerji Santralleri, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 24, 289-294.
- Boztepe, M.** (2017). Fotovoltaik Güç Sistemlerinde Verimliliği Etkileyen Parametreler, İzmir: Elektrik Mühendisleri Odası Aylık Bülteni.
- Cebeci, S.** (2017). *Türkiye’de Güneş Enerjisinden Elektrik Üretim Potansiyelinin Değerlendirilmesi, (Uzmanlık Tezi)*. T.C. Kalkınma Bakanlığı, İktisadi Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü.
- Çetin H.** (2019). *Fotovoltaik Güneş Santrallerinin Verimlerinin Değişiminin İncelenmesi (Yüksek Lisans Tezi)*. Isparta: Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Çolak, L. ve Çökelek, E. E. ve Işık, K.** (2017). Fotovoltaik Termal (pv/t) Güneş Kollektörlerinin Kullanım Alanları ve Performans Artırma Yöntemleri, 7. Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu, Mersin, Eylül 22-23.
- Çöteli, Z. A.** (2007). DGM-Statcom ile Reaktif Güç Kompanzasyonu, *Politeknik Dergisi Journal of Polytechnic*, 10 (2), 123-128.
- Deniz, E.** (2005). *Beş Seviyeli İnverterlerin SDGM İle Kontrolü (Yüksek Lisans Tezi)*. Elazığ: Fırat Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Dinçer, İ. ve Alma, M. H. ve Arcaklıoğlu, E. ve Bayazıtöğlu, E. ve Hepbaşlı, A. ve Kakaç, S. ve Kaygusuz, K. ve Midilli, A. ve Sarı, A. Sarıçiftçi, N. S. ve Şahin, B. ve Turan, R.** (2018). Tüba Güneş Enerjisi Teknolojileri Raporu, Ankara: Türkiye Bilimler Akademisi.
- Elektirik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü.** (t.y.). Erişim: 13 Ekim 2017, <http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx>.
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Enerji İşleri Genel Müdürlüğü.** (t.y.). Erişim: 15 Haziran 2019, <http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx>.
- Ertay, M. M. ve Dijile, M. ve Yücedağ, İ.** (2016). Dinamik kompanzasyon cihazlarında kullanılan evirici yapıları: STATCOM ve DSTATCOM Topolojileri, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 20(2), 265-279.
- Eruz, Ü. G.** (2015). *Güneş Paneli Çeşitlerinden Polikristal, Monokristal Ve Thin Film Panellerinin Karabük Şartlarında Verimlilik Karşılaştırılması (Yüksek Lisans Tezi)*. Karabük: Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Gerçek, Y.** (2018). *Güneş enerji Santralleri için CBS ile En Uygun Yer Tayini: Malatya İli Örneği (Yüksek Lisans Tezi)*. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Gibilisco, S.** (2007). *Alternative Energy Demystified, A Self-Teaching Guide*. USA, Mcgraw Hill Companies.
- Güneş Panellerinin Üretim Süreci.** (t.y.). ErişimTarihi: 1 Haziran 2021, <http://www.guinessistemleri.com/uretimsureci.php>
- Haselhuhn, R. & Hemmerle, C.** (2008). *Planning and Installing Photovoltaic Systems A guide for installers. Architects and Engineers Second Edition*. USA, Earthscan in the UK.
- İzgi, E. ve Özcan, Ö.** (2020). Şebekeye Bağlı Fotovoltaik Çatı Sisteminin Karşılaştırmalı Performans Analizi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, *Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 23 (3), 127-140.
- Karakoç, A.** (2019). *Otovoltaik Güneş Enerjisi Santralleri İçinmekansal Yer Seçiminin Belirlenmesi; Isparta İli Örneği (Yüksek Lisans Tezi)*. Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Karagöl, E. T. ve Kavaz, İ.** (2017). *Dünyada ve Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Raporu*, İstanbul: SETA Dergisi.
- Kaynar N. K.** (2020). Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Güneş Enerjisinin Amasya İlindeki Potansiyeli, *Kutbilge Akademisyenler Derneği*, 4 (2), 48-54.
- Kereush, D. & Perovych, I.** (2017). Determining Criteria For Optimal Site Selection For Solar Power Plants, *Geomatics Landmanagement and Landscape*, 4, 39-54.
- Kılıcı, O.** (2020). *Değişken Özellikli Fotovoltaik Güneş Enerji Santrallerinin Mevcut Verilerle PVsyst Programında Üretim ve Performans Analizi (Yüksek Lisans Tezi)*. Konya: Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
- Kılıç, R. J.** (2015). Güneş Enerjisi, Türkiye'deki Son Durumu ve Üretim Teknolojileri, *Mühendisve Makina*, 56 (671), 28-40.
- Kurucu, A. A.** (2017). Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Potansiyelinin Hesaplanması, *Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 1, 1-22.
- Kocaaslan, M. M.** (2018). *Malatya İçin Güneş Pillerinden Elektrik Enerji Eldesi ve Maliyet Analizi (Yüksek Lisans Tezi)*. Malatya: İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kocakuşak, R.** (2018). *Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Güneş Enerjisinin, Türkiye'deki Önemi Ve Ges Kurulum Araştırması (Yüksek Lisans Tezi)*. İstanbul: İstanbul Maltepe Üniversitesi, Sosyal Bilimleri Enstitüsü.
- Lijun, G. & Dougal, L. & Lotova, A.** (2009). Parallel-Connected Solar PV System to Address Partial and Rapidly Fluctuating Shadow Conditions, *IEEE Trans. on Industrial Electronics*, 56 (5), 1548-1556.
- Malatya Yatırım Destek Ofisi.** (t.y.). ErişimTarihi: 20 Haziran 2021, <http://investinmalatya.gov.tr/tr//sayfa/369-yenilenebilir-enerji>.
- Muhammad, R. H.** (2014). *Power Electronics Devices, Circuits and Applications*. Ankara, Nobel Yayınevi.

- Nacar, F. (2021). Güneş Enerjisi Santrallerinin Arazi Kullanımına Etkisi ve Sonuçları: Osmaniye Örneği, *AvrupaBilimveTeknolojiDergisi*, 24, 98-105.
- Özbay, H. ve Karanfil, A. (2019). Bilecik İli İçin Güneş enerji Santrali Maliyet analizi, *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi*, 6 (2), 1-10.
- Öztürk, H. H. (2017). Güneş Enerjisinden Fotovoltaik Yöntemle Elektrik Üretiminde Güç Dönüşüm Verimi Ve Etkili Etmenler, *Elektrik Tesisat Ulusal Kongre ve Sergisi Bildirileri*, İzmir, Ekim 18-21.
- Öztürk, C. (2020). *Güneş Enerji Sistemlerinde Verim Analizi ve Enerji Kayıplarının Tespiti (Yüksek Lisans Tezi)*. Gaziantep: Hasan Kalyoncu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Öztürk, H. (2012). *Güneş Enerjisi ve Uygulamaları*. İstanbul, Birsen Yayın Evi.
- Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN21), Renewables Global Futures Report** (t.y.). ErişimTarihi: 15 Haziran 2021, https://www.ren21.net/Portals/0/REN21_GFR_2013_print.pdf
- Sarı, V. ve Özyiğit, F. Y. (2020). Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Yerleşkesinde Güneş Enerjisi Santralının Ekonomik Analizi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Fen ve Mühendislik Dergisi*, 22 (65), 517-526.
- Şevik, S. (2017). İl Bazında Enerji Dengesi Analizi: Karabük Örneği, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 5(4), 71-85.
- Şahin, S. (2019). *Güneş Enerji Santrallerinin Verimlerine Etki Eden Faktörlerin Değerlendirilmesi (Yüksek Lisans Tezi)*. Amasya: Amasya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Statistical Review of World Energy-2012 Main Indicators**.(t.y.).Erişim: 24 Aralık 2012, <http://www.aek.yildiz.edu.tr/bilim.html>.
- Texas State Energy Conservation Office, Introduction to Photovoltaic Systems, Renewable Energy Seco Fact Sheet**.(t.y.).Erişim: 09 Temmuz 2014, <http://www.partsonsale.com/introductionphotovoltaics.Pdf>.
- Sarıkaya, F. (2009).Güneş Enerjisi Sektör Raporu, Van: Doğu Anadolu Kalkınma Ajansı.
- Taghvaei, M. H. & Radzi, M. A. M. & Moosavin, S. M. & Hizam, H. & Marhaban, M. H. (2013).A current and future study on non-isolated DC-DC converters for photovoltaic applications,*Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 17, 216-227.
- Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi**. (t.y.). ErişimTarihi: 28 Mayıs 2021, <http://www.teias.gov.tr>.
- Uba, F. A. & Sarsah, E. A. (2013).Optimization of tilt angle for solar collectors in WA, Ghana Pelagia Research Library,*Advances in Applied Science Research*, 4 (4), 108-114.
- Uzar, M. ve Koca, H. (2019). Güneş Enerjisi Santrallerinin Yer Seçimi İçin Uygunluk Haritasının Oluşturulmasında Klasik Ve Bulanık Mantığa Dayalı Yöntemlerin Analizi: Menemen Örneği, *Jeodezi ve Jeoinformasyon*, 7 (1), 11-28.

Yalçın, C. ve Yüce, M. (2019). Burdur İlindeki Mevcut Güneş Enerjisi Santrallerinin (GES) Mekansal Uygunluğunun Değerlendirilmesi, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10 (2), 132-140.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü.
ErişimTarihi: 25 Mayıs 2021,
http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx.

Yolcan, O. O.ve Köse, R. (2020). Türkiye'nin Güneş Enerjisi Durumu ve Güneş Enerjisi Santrali Kurulumunda Önemli Parametreler, *Kırklareli University Journal of Engineering and Science*, 6 (2), 196-215.



ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Fatih SAĞLAM

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans:** 2004, İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik – Elektronik Mühendisliği

MESLEKİ DENEYİM:

- 2004 – 2006 Iğdır TEDAŞ İl Müdürlüğü Kontrol Mühendisi
- 2006 – 2010 Malatya TEDAŞ İl Müdürlüğü İşletme Mühendisi
- 2011 – 2012 Fırat EDAŞ Malatya İl Müdürlüğü Proje Tesis Şube Müdürlüğü
- 2012 - 2021 Malatya Büyükşehir Belediyesi Enerji Aydınlatma Şube Müdürlüğü
- 2021 - MASKİ Elektrik - Makine Dairesi Başkanlığı