T.C.
BATMAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
YENİLENEBİLİR ENERJİ SİSTEMLERİ ANA BİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALİNİN SİMÜLASYON İLE GERÇEK VERİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI VE MEVSİMSEL FAKTÖRLER İLE İLİŞKİLENDİRİLMESİ: BATMAN İLİ ÖRNEĞİ

Ilgıt TANYERİ

Kasım-2024
BATMAN

T.C.
BATMAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
YENİLENEBİLİR ENERJİ SİSTEMLERİ ANA BİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALİNİN SİMÜLASYON İLE GERÇEK VERİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI VE MEVSİMSEL FAKTÖRLER İLE İLİŞKİLENDİRİLMESİ: BATMAN İLİ ÖRNEĞİ

Ilgıt TANYERİ

Danışman
Doç. Dr. Adem YILMAZ

Diğer Jüri Yeleri

Doç. Dr. Adem YILMAZ **Dr. Öğr. Üyesi Muzaffer ALIM**
Dr. Öğr. Üyesi Abdulkadir KOÇER

Kasım-2024
BATMAN

TEZ KABUL VE ONAYI

Ilğıt TANYERİ tarafından hazırlanan "Güneş enerjisi santralinin simülasyon ile gerçek verilerinin karşılaştırılması ve mevsimsel faktörler ile ilişkilendirilmesi: Batman ili örneği" adlı tez çalışması 28/11/2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Batman Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Bilimleri Enstitüsü Yenilenebilir Enerji Sistemleri Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	**İmza**
Başkan Dr. Öğr. Üyesi Abdulkadir KOÇER	……..
Üye Doç. Dr. Adem YILMAZ	……..
Üye Dr. Öğr. Üyesi Muzaffer ALIM	……..

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Dr. Öğr. Üyesi Ömer Murat ÖTER
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYANI

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını beyan eder, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sorumluluğu kabullendiğimi bildiririm.

ETHICAL DECLARATION

I declare that all the information in this thesis has been obtained within the framework of ethical behavior and academic rules, and that the source of any statements and information that do not belong to me in this study prepared in accordance with the thesis writing rules has been fully cited, and I declare that I accept all kinds of legal responsibility in case of any contrary situation.

İmza
Ilğıt TANYERİ
Tarih:28.11.2024

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALİNİN SİMÜLASYON İLE GERÇEK VERİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI VE MEVSİMSEL FAKTÖRLER İLE İLİŞKİLENDİRİLMESİ: BATMAN İLİ ÖRNEĞİ

Ilgıt TANYERİ

Batman Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Yenilenebilir Enerji Sistemleri Ana Bilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Adem YILMAZ

2024, 68 Sayfa

Güneş, gezegenlere ve evrene ısı, ışık veren büyük bir gök cisimdir. İnsan hayatı içinde oldukça önemli bir etkiye sahiptir. Çünkü güneşten yayılan enerji dünya üzerindeki yaşamın neredeyse tamamının var oluşuna katkısı oldukça büyüktür. Güneşten gelen bu enerji yani güneş enerjisi insan hayatında iklim, hava durumu gibi benzeri faktörleri direk olarak etkilemektedir, şüphesiz bu faktörler de insanoğlu yaşamına da yansımaktadır. Güneş enerjisi var olan enerjiler içerisinde doğal ve çevre dostu olan kaynaklardan biridir. Bu nedenden ötürü yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde de hem sınırsız ve tükenmeyen bir kaynak olması hem de temiz, güvenli ve diğer kaynaklara bağımlılığı azaltması açısından en çok tercih edilen kaynaklardandır. Dünya üzerinde bulunan nüfus sayısının artması ile birlikte var olan yenilenemez enerji kaynakları yani petrol, doğalgaz, nükleer gibi kaynakların devamlılığı sağlanamayacağı düşüncesi ile insanlar zamanla güneş enerjisi gibi sınırı olmayan yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmişlerdir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş enerjisi sisteminin kullanımı modern dönemde güneş enerjisi santralleri ile de yapılmaktadır. Bahse konu bu çalışmamızda Batman ilinin merkez ilçesine bağlı Çevrimova Köyü'nde kurulan güneş enerjisi santrallerinin gerçek verileri ile simülasyon verilerinin karşılaştırılmasının yapılması ve Batman iline ait sıcaklık değerleri, global güneş radyasyon değerlerinin de çalışmanın içine dahil edilmesi suretiyle var olan güneş enerjisi santrallerinin bahse konu veriler ile ilişkilendirmesini ortaya koymak amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda ele aldığımız projenin 2018-2023 yılları ve arasındaki zaman dilimleri de dahil edilerek güneş enerjisi santralleri yatırımlarının enerji analizi gibi faktörlerde genellikle kullandıkları PVsyst 7.4 simülasyon programının etkisiyle ortaya çıkan verilerin gerçek analiz verilerine uygunluğunun belirlenmesi bu çalışmanın temelinde yatan yöntemdir. Ayrıca Batman ilinin seçilmesinin bir diğer faktörü de bölge ikliminin karasal iklime sahip olması ve yaz aylarının sıcak ve kurak, kış aylarının ise soğuk ve yağışlı geçmesinden dolayı güneş enerji santrali sisteminin Batman iline olan uygunluğunun belirlenmek istenmesidir.

Anahtar Kelimeler: Batman, Güneş, Güneş Enerjisi, Güneş Enerjisi Santrali, Kaynak, Sıcaklık, Simülasyon, Yenilenebilir Enerji Kaynakları.

ABSTRACT

MASTER THESIS

COMPARISON OF SIMULATION AND REAL DATA OF THE SOLAR ENERGY POWER PLANT AND RELATIONSHIP WITH THE TEMPERATURE FACTOR: BATMAN PROVINCE EXAMPLE

Ilğıt TANYERİ

Batman University Graduate Education Institute

Renewable Energy Systems Department of Science

Advisor: Doç. Dr. Adem YILMAZ

2024, 68 Pages

The Sun is a large celestial body that gives heat and light to the planets and the universe. It has a very important impact on human life. Because the energy emitted from the sun contributes greatly to the existence of almost all life on Earth. This energy coming from the sun, that is, solar energy, directly affects similar factors in human life, such as climate and weather, and undoubtedly, these factors are also reflected in human life. Solar energy is one of the natural and environmentally friendly resources among the existing energies. For this reason, it is one of the most preferred sources among renewable energy sources, as it is an unlimited and inexhaustible resource and is clean, safe and reduces dependence on other resources. With the increase in the number of population in the world, people have gradually turned to unlimited renewable energy sources such as solar energy, with the idea that the continuity of existing non-renewable energy resources, such as oil, natural gas and nuclear, cannot be ensured. The use of solar energy system, which is one of the renewable energy sources, is also made with solar power plants in the modern period. In this study, we compared the real data and simulation data of the solar power plants established in Çevrimova Village of the central district of Batman province, and by including the temperature values of Batman province and global solar radiation values into the study, the existing solar power plants were compared with the said data. It is aimed to reveal the relationship. For this purpose, the method underlying this study is to determine the suitability of the data obtained with the effect of the PVsyst 7.4 simulation program, which is generally used in factors such as energy analysis of solar power plant investments, to the real analysis data by including the time periods between 2018 and 2023 of the project we are considering. In addition, another factor in choosing Batman province is that the climate of the region has a continental climate and the suitability of the solar power plant system for Batman province is wanted to be determined, since the summer months are hot and dry and the winter months are cold and rainy.

Keywords: Batman, Renewable Energy Resources, Resource, Simulation, Sun, Solar Energy, Solar Power Plant, Temperature.

ÖN SÖZ

"Güneş Enerjisi Santralinin Simülasyon İle Gerçek Verilerinin Karşılaştırılması ve Mevsimsel Faktörler İle İlişkilendirilmesi: Batman İli Örneği" konulu çalışmamın amacı Batman ilinde bulunan güneş enerjisi santralinin simülasyon programı ile analizini yapmak ve Batman iline ait mevsimsel faktörlerin güneş panellerindeki verimini yorumlamaktır. Bu amaç doğrultusunda Batman ilinin merkez köylerinden biri olan Çevrimova Köyü'nde bulunan şebekeye bağlı bir güneş enerjisi santralinden yararlanarak gerekli çalışmaların tamamlanması hedeflenmektedir.

Bu tez çalışmasının başından sonuna kadar her noktasında bana destek olan ve benden bilgi birikimini esirgemeden destek olan Dr. Öğr. Üyesi Muzaffer ALIM'a, desteğini her daim hissettiğim çok değerli danışman hocam Doç. Dr. Adem YILMAZ'a teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam da bana katkılar sunan ve yine desteğini her aşama da hissettiğim İlkem Teknoloji firmasına ve tez çalışmam da analiz yöntemlerinde desteğini sıkça aldığım HİT Mühendislik firması yetkililerinden Elektrik Mühendisi Halil İbrahim TEMEL'e ve beni her türlü çalışmamda destekleyen sevgili eşime şükranlarımı sunarım.

Ilğıt TANYERİ
BATMAN-2024

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **v**

ÖN SÖZ ..... **vi**

İÇİNDEKİLER ..... **vii**

ŞEKİLLER LİSTESİ ..... **ix**

TABLOLAR LİSTESİ ..... **xi**

SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **xii**

1. GİRİŞ **1**

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **3**

3. GÜNEŞ ENERJİSİ VE SİSTEMLERİ **10**

3.1. Termal (Isıl) Enerji Sistemleri 10
3.1.1. Düzlemsel güneş kolektörleri 10
3.1.2. Vakumlu güneş kolektörleri 12
3.1.3. Güneş havuzu 13
3.1.4. Güneş ocakları 13
3.1.5. Sera 14
3.1.6. Su arıtma sistemleri 14
3.1.7. Parabolik oluk sistemler 15
3.1.8. Parabolik çanak sistemler 15
3.1.9. Merkez alıcı sistemler 16
3.2. Fotovoltaik Sistemler (Güneş Pilleri) 17
3.2.1. Güneş pillerinin çeşitleri 17
3.2.2. Güneş pillerinin çalışma prensibi 20
3.2.3. Fotovoltaik sistem çeşitleri 21

4. GÜNEŞ ENERJİSİNİN TARİHSEL DÖNÜŞÜMÜ **22**

4.1. Türkiye'de Güneş Enerjisi 23

5. ÇALIŞMANIN ALANI OLAN BATMAN İLİ İLE İLGİLİ BİLGİLENDİRMELER **26**

6. MATERYAL VE YÖNTEM **29**

6.1. Gerçek Üretim ve Simülasyon Üretimi Karşılaştırılması 45
6.2. Sıcaklık – Global Güneş Radyasyonu Değerleri – Gerçek Üretim Değerleri – Simülasyon Üretim Değerleri ile Korelasyon ve Regresyon Analizinin Yapılması .. 51

7. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA **59**

8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER **61**

KAYNAKLAR **62**

EKLER **68**

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1.: Düzlemsel güneş kolektörlerinin iki boyutlu çizimi (Özkaya, 2007)……...111
Şekil 3.2.: Vakumlu güneş kolektörleri (web kaynak-7)……...…...12
Şekil 3.3.: Güneş ocağı (web-kaynak 7)……...13
Şekil 3.4.: Tarım serası (web kaynak-7)……...14
Şekil 3.5.: Güneşle su arıtma sistemi (web kaynak-7)…….....15
Şekil 3.6.: Parabolik oluk sistemler (web kaynak-2)……15
Şekil 3.7.: Parabolik çanak sistemler (web kaynak-2)…….....16
Şekil 3.8.: Merkezi alıcı sistemler (web kaynak-8)……...16
Şekil 3.9.: Güneş pillerinin yapısı (web kaynak-7)……...17
Şekil 3.10.: On-Grid sistemler (web kaynak-7)……21
Şekil 3.11.: Off-Grid sistemler (web kaynak-7)……...21
Şekil 4.1.: GEPA'na ait genel potansiyel görünüm ve aylık ortalama global radyasyon dağılımı (web kaynak-3)……..24

Şekil 4.2.: :Güneş enerjisine dayalı elektrik kurulu güç grafiği (web kaynak-3)……..24

Şekil 4.3.: Güneş Enerjisinin Toplam Kurulu Güç İçerisindeki Oranı (web kaynak-3)…25

Şekil 5.1.: Batman İli Güneş Enerji Potansiyeli (web kaynak-3)……...…...26

Şekil 5.2.: Batman global radyasyon değerleri (kWh/m^2-gün), (web kaynak-3)…...….. 27

Şekil 5.3.: Batman güneşlenme süresi (saat), (web kaynak-3)……..27

Şekil 5.4: Batman pv tipi alan-üretilebilecek enerji (kWh-yıl), (web kaynak-3)…….....28

Şekil 6.1.: Tuana GES uydu görüntüsü (google earth)……..29

Şekil 6.2.: Tuana GES resim…….....30
Şekil 6.3.: Tuana GES resim…….....30
Şekil 6.4.: Tuana GES projesindeki 2018 yılına ait 33 adet inverter verilerinin grafiği....31
Şekil 6.5.: Tuana GES projesindeki 2019 yılına ait 33 adet inverter verilerinin grafiği…31

Şekil 6.6.: Tuana GES projesindeki 2020 yılına ait 33 adet inverter verilerinin grafiği....32
Şekil 6.7.: Tuana GES projesindeki 2021 yılına ait 33 adet inverter verilerinin grafiği…33
Şekil 6.8.: Tuana GES projesindeki 2022 yılına ait 33 adet inverter verilerinin grafiği…33
Şekil 6.9.: Tuana GES projesindeki 2023 yılına ait 33 adet inverter verilerinin grafiği…34
Şekil 6.10.: 2018-2023 yılları arası aylara göre elde edilen enerji üretim miktarları…….35
Şekil 6.11.: Gerçek üretim ve simülasyon üretim grafiği……..45

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1: Aylara göre gerçek üretim ve simülasyon üretim verileriyle yüzeysel sapma değerlerinin gösterimi…….....46
Tablo 2: T-testi için kullanılacak olan 2018-2023 yıllarına ait ortalama değerler ve 27^0 açıdaki simülasyon değerleri……....47
Tablo 3: Tablo 2'de bulunan verileri t-testi analiz sonuçları…….....47
Tablo 4: T-testi için kullanılacak olan 2018-2023 yıllarına ait ortalama değerler ve 33^0 açıdaki simülasyon değerleri…….....48
Tablo 5: Tablo 4'de bulunan verilerin t-testi analiz sonuçları……...48
Tablo 6: 2018-2023 yılları arası mevsimsel veriler, üretim değerleri ve simülasyon verileri…….....51
Tablo 7: Korelasyon matrisi…….51
Tablo 8: 2018-2023 yıllarına ait aylık ortalama gerçek üretim, sıcaklık, global radyasyon değerleri ve bu değerlere göre gerçekleştirilen regresyon analiz değerleri……...……53
Tablo 9: 27 derece açıya sahip simülasyon değerleri, 2018-2023 yıllarına ait aylık ortalama sıcaklık, global radyasyon değerleri ve bu değerlere göre gerçekleştirilen regresyon analiz değerleri…….……...55
Tablo 10: 27 derece açıya sahip simülasyon değerleri, 2018-2023 yıllarına ait aylık ortalama sıcaklık, global radyasyon değerleri ve bu değerlere göre gerçekleştirilen regresyon analiz değerleri……....57

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

W : Watt
GW : Gigawatt
kW : Kilowatt
kWh : Kilowatt saat
kWp : Üretilen enerjinin kilowatt cinsinden şekli
m : Metre
m^2 : Metrekare
m^3 : Metreküp
MW : Megawatt
MWp : Üretilen enerjinin megawatt cinsinden şekli
TW : Terawatt
TWh : Terawatt saat
^{0}C : Santigrad derece
İnç : Uzunluk ölçü birimi
% : Yüzde
V : Volt
M Ω : Global Direnç
Ga : Galyum

Kısaltmalar

DC : Doğru akım
AC : Alternatif akım
PV : Fotovoltaik Güneş Panelleri
PVsyst :Fotovoltaik sistem ile ilgili tasarımların yapılarak sonucunun incelenmesi ve sistem planlanması amacıyla kullanılan bir simülasyon programıdır.
PVsol : Fotovoltaik Sistemler Tasarım Yazılım Programı
CIS : Bakır İndiyum Diseleneid
GES : Güneş Enerji Santrali
YEGM : Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü
GEPA : Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası
PVGIS : Fotovoltaik Coğrafi Bilgi Sistemi
On-Grid : Şebekeye Bağlı Sistemler
Off-Grid : Şebekeden Bağımsız Sistemler
TÜBİTAK : Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu
ETAP : Elektrik güç ve sistemlerin ölçülmesi, modellenmesi ve simülasyonunda kullanılan bir yazılım program
MPP : Maksimum Güç Noktası
IAM : Kimlik ihlallerinin yayılmasını engelleyici bir metot
STC : Uluslararası Standart Test Koşullar

1. GİRİŞ

Enerji, gün geçtikçe en çok öneme sahip bir kavram olarak yeryüzünde yaşayan bütün canlıları etkilemektedir. İnsanoğlunun yaşamını sürdürebilmesi için enerjiye olan ihtiyacı sürekli artmaktadır. Bu enerji ihtiyacı insanoğlunun her zaman enerji kaynakları arayışına sebep olmaktadır. Bu arayışlar sadece enerjiyi kullanma ya da bulma değil aynı zamanda en etkin ve verimli bir şekilde kullanılması yönünde geliştirilmiştir.

Enerji kaynaklarını kendi içerisinde yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları olarak iki kısma ayrılmaktadır:

Yenilenebilir enerji, doğada bulunan, sürdürülebilirliği olan ve belirli bir sınırı olmayan enerji olarak bilinmektedir. Sürdürülebilirlik ve belirli bir sınırının olmaması bu enerji kaynağı çeşidini vazgeçilmez kılmaktadır. Ayrıca yenilenebilir enerji, doğa dostu olduğundan dolayı kullanımı gün geçtikçe artmaktadır.

Başlıca yenilenebilir enerji kaynakları:

- **Güneş Enerjisi**, güneşte bulunan hidrojen gazının helyuma dönüşmesi ile oluşan füzyon aşamasında ortaya çıkan ışıma enerjisidir (web kaynak-3).
- **Rüzgâr Enerjisi**, rüzgârın kinetik enerjisinin türbinler aracılığıyla elektrik enerjisine dönüştürülmesiyle elde edilen yenilenebilir bir enerji türüdür.
- **Biyokütle Enerjisi**, organik atıklardan elde edilen yenilenebilir bir enerji sistemidir.
- **Jeotermal Enerji**, yer kabuğunun derinliklerinde biriken ısıdan yararlanılarak elde edilen enerjidir.
- **Hidroelektrik Enerji**, akan suyun enerjisinin dönüştürülerek enerjiye çevrildiği bir enerji sistemidir.
- **Dalga Enerjisi**, deniz ve okyanuslarda meydana gelen gelgitlerin oluşturduğu mekanik enerjiden elde edilen bir enerji türüdür.

Yenilenemez enerji, sürdürülebilirliği olmayan kaynaklardan elde edilen enerji kaynağını belirtmek için kullanılmaktadır. Yenilenemez enerji kaynakları açısından incelendiğinde ise fosil yakıtlar ve nükleer enerji olmak üzere iki kısma ayrılır:

- **Fosil yakıtlar**, milyonlarca yıl önce yaşamış bitki ve hayvanların yer altında jeolojik süreçlerle dönüşüme uğrayarak enerji kaynağı haline gelmesiyle oluşur. Bu yakıtların yüksek karbon içeriği sayesinde yakıldıklarında büyük miktarda enerji açığa çıkar. Petrol, kömür ve doğalgaz, fosil yakıtlar arasında en bilinenlerdir. Petrol özellikle ulaşım sektöründe, motorlu taşıtlar ve uçak gibi araçlarda yakıt olarak kullanılır. Kömür, elektrik üretiminde ve sanayi sektöründe önemli bir rol oynar. Doğalgaz ise hem konutlarda ısınma amacıyla hem de sanayide üretim ve elektrik üretiminde yaygın olarak kullanılır. Fosil yakıtların geniş bir kullanım alanı olmasına rağmen, bu kaynakların yanması sonucu atmosfere karbon dioksit ve diğer zararlı gazlar salınır. Bu durum, küresel ısınmaya ve iklim değişikliğine büyük ölçüde katkı sağlar. Ayrıca, fosil yakıtların çıkarılması ve işlenmesi sırasında meydana gelen kazalar çevresel felaketlere yol açabilir. Bu nedenlerle fosil yakıtlar hem çevreye verdikleri zararlar hem de sınırlı miktarda olmaları nedeniyle uzun vadede sürdürülebilir bir enerji kaynağı olarak görülmemektedir.
- **Nükleer enerji**, maddenin en küçük yapı taşı olan atomun çekirdeğinden elde edilmektedir. Bu enerji kaynakları her ne kadar birçok farklı alanda kullanılsa da belirli bir limiti olduğu bilindiğinden ve yeniden kullanım şansı olmadığından dolayı yenilenemeyen enerji kaynakları olarak gösterilmektedir. Bu enerji kaynağı, günümüzde en çok elektrik üretimi için kullanılmakta olup, özellikle büyük enerji ihtiyacı olan bölgelerde tercih edilmektedir. Nükleer santrallerde kullanılan uranyum gibi radyoaktif elementler doğada sınırlı miktarda bulunur ve enerji üretimi için karmaşık işlemler gerektirir.

Nükleer enerjinin en büyük avantajı, fosil yakıtlara kıyasla daha az karbon emisyonu ile yüksek miktarda enerji üretebilmesidir. Ancak, bu enerji türü aynı zamanda ciddi riskler de taşır. Nükleer santrallerde kullanılan yakıtın ömrü sınırlıdır ve radyoaktif atıklar çevre ve insan sağlığı için büyük tehlike oluşturur. Ayrıca, nükleer santrallerde meydana gelebilecek kazalar sonucunda ortaya çıkan radyasyon çevresel felaketlere yol açabilir. Çernobil ve Fukushima gibi nükleer kazalar, nükleer enerjinin taşıdığı bu riskleri açıkça ortaya koymaktadır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Güneş enerjisi santrallerinin simülasyon ve gerçek etkilerinin karşılaştırılması, Güneş enerjisi santralleri ile alakalı yapılmış olan çalışmaların kronolojik sıralaması aşağıda verilmiştir;

Özdemir (2003), Binaların Isıl Performanslarının Değerlendirilmesinde Enerji Modelleme ve Simülasyon, yapılan çalışmada binaların enerji performansını değerlendirmek için enerji modelleme ve simülasyon yöntemlerini kullanarak binalardaki enerji akış yollarını analiz etmiştir. Kahraman (2010), Güneş Enerjisi Kaynaklı Elektrik Üretiminin Teknik-Ekonomik Analizi ve Yöresel Uygulamaları, yapıtında güneş enerjisinden kaynaklı olarak elektrik üretiminin teknik değerlendirmesi ve ekonomik analizini yapılarak, üretim türünün önemine dikkat çekmiştir. Girgin (2011), Bir Fotovoltaik Güneş Enerjisi Santralinin Fizibilitesi, Karaman Bölgesinde 5 MW'lık Güneş Enerjisi Santrali İçin Enerji Üretim Değerlendirmesi ve Ekonomik Analizi, çalışmasında Karaman bölgesinde kurulması planlanan 5 MW gücünde bir fotovoltaik güneş enerjisi santrali için enerji üretimi ve ekonomik fizibilite değerlendirmesi yaparak farklı çalışmalarla karşılaştırmalar sunmuştur. Dinçer (2011), Çevresel Faktörlerin Güneş Paneline Etkisinin Matlab/Simulink Programında Modellenmesi ve Simülasyonu, eserinde çevresel faktörlerin fotovoltaik panellerin enerji üretimi üzerindeki etkisini inceleyerek bu etkileri Matlab/Simulink programında modellemiştir.

Acar (2014), Bir Yoğunlaştırılmış Güneş Enerjisi Santrali İçin Organik Rankıne Çevrimi Dizaynı ve Modellemesi, yapıtında sanayi tesislerindeki düşük sıcaklıklı atık ısıların geri kazanımı ve yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanarak çevre dostu enerji üretimi sağlama amacıyla, yoğunlaştırılmış güneş enerjisi santralleri için Organik Rankine Çevrimi (ORÇ) tasarımı yapmıştır. Akar (2016), Bir Güneş Enerji Santralinin Kurulumu ve Performansının Analizi, çalışmasında Ankara'nın Haymana ilçesinde kurulan bir güneş enerjisi santralinin kurulum sürecinden performans analizine kadar tüm aşamalarını incelemiştir. Haydaroğlu, Gümüş (2016), Dicle Üniversitesi Güneş Enerjisi Santralinin PVsyst ile simülasyonu ve Performans Parametrelerinin Değerlendirilmesi, uygulamalı çalışmasında Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi bünyesinde kurulan güneş enerjisi santralinin performansını PVsyst simülasyon programı kullanarak değerlendirmeyi amaçlamıştır. Mutluay (2016), Bir Fotovoltaik Güç Santrali Tasarımının Sistem Simülasyonu ve Tekno-ekonomik Fizibilitesi, eserinde belirlenen bir araziye kurulabilecek fotovoltaik sistemin sistem simülasyonu ve tekno-ekonomik

fizibilitesini inceleyerek bu sistemin uygunluğunu ve enerji üretim potansiyelini analiz etmiştir.

Maltaş (2017), Manisa İli İçin 1 MW Güneş Enerjisi Santrali Fizibilitesi, yapıtında Manisa ilinde kurulacak 1 MW gücünde bir güneş enerji santralinin farklı teknolojiler ile kullanarak ve aynı zamanda PVsyst programındaki veriler ile farklı yollar izlenerek bir çalışma yapılması hedeflenmiştir. Demiryürek (2018), 200 Kwp Kurulu Güçteki Lebit Enerji Güneş Santralinin PVsyst İle Tasarımı ve Üretim Değerleri İle Simülasyon Değerlerinin Karşılaştırılması, çalışmasında, 200 kwp kurulu güce sahip, Lebit enerji güneş santraline ait bilgiler PVsyst programına aktarılarak simüle edilmiş ve gerçek üretim verileri ile simülasyon verileri karşılaştırılmıştır. Doğan (2018), Şebeke Etkileşimli Fotovoltaik Güç Sistemlerinin İncelenmesi ve Simülasyonu, eserinde şebeke etkileşimli fotovoltaik güç sistemlerindeki incelemeler temel unsurlar ve Matlab Simulink programı yardımıyla analiz yapılarak açıklanmıştır. Turan, Ateş, Gökalp (2018), Enerji Dağıtım Sistemlerinde Güneş Enerji Santrali Entegrasyonu ve Röle Koordinasyonu, ortak çalışmalarında ETAP programı ile bir test sistemi üzerinde Güneş Enerji Santralinin şebeke uyumunun sağlanması amaçlanmıştır. Koçak (2018), Büyükçekmece İlçesindeki Güneş Enerji Santralinin Tasarımı ve Ekonomik Analizi, isimli bu projede, Büyükçekmece ilçesinde kurulması planlana bir GES projesinin ekonomik analizi ve enerji üretim değerlendirilmesi yapılması amaçlanmıştır.

Uçkan, (2018), Güneş Enerjisi Destekli Jeotermal Santrallerinin Bilgisayar Tabanlı Modellemesi ve Simülasyonu, yapıtında parabolik destekli jeotermal sistemi için simülasyon çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Tutaşı (2018), Güneş Enerjisinden Isı ve Elektrik Eldesinin Tekno-Ekonomik Simülasyonu: Örnek Bir Uygulama, çalışmasında fotovoltaik ve termal sistemlerin ayrı ayrı ya da bütünsel olarak kullanımı için sistem tasarlayarak, simülasyon yöntemiyle üretim değerlerini belirlemektir.

Ceylan, Taşdelen (2018), Isparta İli İçin Fotovoltaik Programlarının Simülasyon Sonuçlarının Doğruluğunun İncelenmesi, adlı projede FV sisteminin simülasyon verileri ile gerçek verilerin karşılaştırılarak simülasyon verilerinin doğruluğu incelenmiştir. İşler, Muhsin (2018), Güneş Enerjisi Santrallerinde Sehpa Seçiminin Performansa Etkisinin Analiz Edilmesi ve Sıcaklık Analizi, projesinde güneş enerjisinde 5 adet sehpa seçimi yöntemiyle sehpa seçiminin sistem performansına etkisinin analizi yapılmıştır.

Gökalp (2018), Optimal Bağlantı Kriterlerine Göre Güneş Enerji Santrallerinin Şebeke Entegrasyonu ve Ada Modunda Çalışmada Kritik Yüklerin Enerjilendirilmesi, çalışmasında, GES modelinde bir arıza çıkması durumunda sistemin GES ada modunda

enerjilendirilerek çalışmasının sağlaması amacıyla yapılmıştır. Keskin, Martin, Boran (2019), Niğde İli Güneş Enerji Santrali Modellemesi ve Performans Parametreleri Değerlendirmesi, ortak yapıtlarında Dünya'da ve Türkiye'de yenilenebilir enerji incelenmiştir, ayrıca PVsyst simülasyon programı ile bahse konu il ile alakalı araştırma yapılmıştır.

Aksangör, Martin, Boran (2019), PVsyst Simülasyon Aracı Kullanarak Ankara'da Fotovoltaik Güneş Sistemlerin Performans Analizi, ortak yapıtlarında Ankara ili merkezinde bulunan ve deney için seçilen bir bölgeye ait bazı binaların elektrik ihtiyaçlarının fotovoltaik sistemle karşılanması durumunda üretilecek enerji miktarının ve sistemdeki performansın simülasyon programı ile ölçümü yapılarak değerlendirilmek istenmiştir. Erkoç (2019), Güneş Enerji Santrallerinin Modellenmesi, Ekonomik Analizi ve Değerlendirme: Almanya ve Türkiye Uygulamaları, çalışmasında, güneş enerjisinin kullanımının Almanya'da fazla olmasından dolayı Türkiye ile Almanya arasında güneş enerjisi ile alakalı modelleme yapılarak elde edilen veriler değerlendirilmiştir.

Bahadır (2019), Güneş Enerjisi Destekli Bir Organik Rankine Çevriminin Simülasyonu ve Analizi, projesinde güneş destekli ORC sistemi kullanılarak, sistemdeki parametrelerin analizinin yapılması amaçlanmıştır. Ayaz, Hocaoğlu (2019), Afyonkarahisar Bölgesinde Tesis Edilen Gerçek Bir Güneş Enerji Sisteminde Gölge Analizi Yapılması, ortak çalışmalarında güneş enerjisinin verimini düşüren durumlardan biri olan gölge yöntemi için yapılan gölge analizi yönteminin önemine değinerek güneş panellerinin doğru konumlanması durumundaki enerji analizi yapılmıştır.

Güneli, Arserim, Kenanoğlu (2019), Dicle Üniversitesi Güneş Enerji Santralinin Şebeke İle Paralel Çalışmasında Olası Adalaşma Probleminin Matlab Simülasyon Ortamında Değerlendirilmesi, beraber yapmış oldukları projelerinde Dicle Üniversitesi Güneş Enerji Santralinin Ana Şebeke ile bağlantısı Matlab ortamında incelenmiş olup, daha sonra simülasyon programları yardımıyla veri sonuçlarının değerlendirilmesi yapılmıştır. Kınalı (2019), Güneş Enerjisi Simülasyon Programlarının Gerçek Verilerle Doğruluk Analizi, çalışmasında Konya ve Karaman illerinde bulunan Mevlana Kalkınma Ajansı tarafından da desteklenen güneş enerjisi tesislerinin tasarımında kullanılan gerçek veriler ile bu konu ile alakalı kullanılan simülasyon programlarında elde edilen verilerin karşılaştırılması yapılarak bahse konu tesisin performansının değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Akdağ, Yeroğlu (2019), Malatya Yöresi İçin Örnek Bir Güneş Santrali Modelinin Benzetimi ve Şebekeye Etkilerinin İncelenmesi, yapıtlarında Malatya ilinde uygun

olduğu düşünülen bölgeye santral kurulmadan sanal bir model oluşturularak analiz yapılmıştır. Özkoca (2019), Kojenerasyon ve Güneş Enerjisinin Bütünleştirildiği Hibrit Sistemin Ekonomik ve Emisyon Analizi, çalışmasında Denizli ilinde bulunan toplamda 12 MW kurulu güce sahip kojenerasyon santralinin güneş enerjisi ile bütünleştirerek hibrit sistemdeki çalışması analiz edilmiştir.

Korkmaz (2019), Fotovoltaik Bir Sistemin Farklı Açı ve Oryantasyonda Karşılaştırmalı Enerji Üretim Simülasyonu ve Analizi, çalışmasında fotovoltaik sistem tasarımında kullanılan farklı açı ve oryantasyonlarının gerek enerji üretimi gerekse ekonomik analizi gibi durumları karşılaştırılarak değerlendirilmek istenmiştir. Bolat, Arifoğlu, Demiryürek (2020), Lebit Enerji Güneş Santralinin PVsyst Programı İle Analizi, projelerinde lebit enerji güneş santraline ait veriler PVsyst programına aktarılarak gerçek veriler ile simülasyon verileri arasında karşılaştırma yapılmıştır.

Akcan, Kuncan, Minaz (2020), PVsyst Yazılımı İle 30 KW Şebekeye Bağlı Fotovoltaik Sistemin Modellenmesi ve Simülasyonu, adlı bu çalışmada, Batman ilinde birbirine bağlı 30 kW şebekeye bağlı fotovoltaik sistemin modellenmesi ve simülasyonu değerlendirilmiş ve konu ile ilgili analizler PVsyst programı ile yapılmıştır. Atalay Ayran, Aslan (2020), Kütahya İli Güneş Enerji Potansiyelinin Araştırılması ve Örnek Bir Güneş Enerji Santralinin Ekonomik Analizi, adlı bu çalışmada, Kütahya ili için kullanılacak en uygun Güneş Enerji Santrali sisteminin yapısal özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır ve bu anlamda PVsyst programından yararlanılmıştır.

Alkan, Ateş (2020), Çatı Üzeri Doğu-Batı Optimizerli Güneş Enerji Sisteminin Güney Yönelimli Sisteme Göre Üretim Değerlendirmesi ve Ekonomik Analizi, projelerinde Hidayet Türkoğlu Spor Kompleksinde tesis edilen doğu-batı yönlü güneş enerji santralleri ile ilgili tasarımlardan bahsedilerek gerekli simülasyon programları ile incelemeler yapılmıştır. Sarı, Özyiğit (2020), Sivas İlinin Farklı İlçelerinde Şebeke Bağlantılı Güneş Enerjisi Santrallerinin Tasarımı ve Analizi, çalışmalarında, Sivas ilinin farklı ilçelerinde şebeke bağlantılı güneş enerjisi santrallerinin tasarımı ve analizi PVsyst programı ile yaplış olup, çıkan analiz verileri neticesinde sistemin enerji ve maliyet analizi yapılmıştır.

Dal, Yılmaz (2020), Ticari Bir Yat Limanının Elektrik İhtiyacının Fotovoltaik (PV) Teknoloji İle Karşılanmasına Yönelik Bir İnceleme, ortak yaptıkları bu çalışmada, Muğla ili Fethiye ilçesinde bulunan orta ölçekli bir yat seçilerek yıllık elektrik ihtiyacı belirlenmiştir. Bu amaçla Fotovoltaik Coğrafi Bilgi Sistemi (PVGIS) kullanılarak yat limanının bulunduğu konumdaki en uygun PV sistem gücü belirlenmeye çalışılmıştır.

Şensoy (2020), Kategorik Değişkenler Arası İlişki Katsayılarının Simülasyon Yoluyla Karşılaştırılması, isimli bu yapıtta değişkenler arasındaki ilişki korelasyon analizi ile hesaplanmış ve simülasyon yöntemi ile de karşılaştırılmıştır.

Akkaya, Akkaya Oy (2021), Samsun, Bayburt ve Mersin İllerine Kurulabilecek Güneş Enerjisi Santrallerinin Modellemesi, bu çalışmada, bahse konu illere çatı tipi GES projesi yapılarak, simülasyon yöntemlerinde kullanılan programlar ile GES projesine yatırım yapılabilirlik durumunun modellenmesi yapılmıştır. Öztürk (2021), Bir Güneş Enerji Santralinin Üretim İle Simülasyon Değerlerinin Karşılaştırılması ve Kayıp Analizi: Beştepe Enerji Örneği, adlı bu çalışmada, simülasyon değerlerinin gerçek değerlere yakın çıktığı ve oluşan küçük farklılıklarında yüksek sıcaklık ve seçilen güneş panellerinden kaynaklandığı görülmüştür.

Çınaroğlu, Nalbantoğlu (2021), Şebekeye Bağlı Üç Adet Fotovoltaik Enerji Santralinin PVsyst Programı İle Analizi: Kilis Örneği, adlı bu çalışmada, Kilis ilinde bulunan üç adet ve aynı özelliklere sahip güneş enerjisi santrallerinin PVsyst programı ile karşılaştırılması yapılmıştır. Tozkoparan (2021), Çatı Tipi Güneş Enerjisi Santrallerinde Optimizer Kullanımının Üretim Verimliliği, Güvenlik ve Maliyet Bakımından Değerlendirilmesi, isimli bu projede Kocaeli ili Çayırova ilçesinde bulunan çatı tipi güneş santrallerinde PVsyst programı ile simüle edilmiş ve konu ile alakalı enerji ve maliyet analizi yapılmıştır.

Dal (2021), Yat Limanlarındaki Güneş Enerji Santralleri Panel Eğim Açısı Değişiminin Elektrik Üretimi Açısından İncelenmesi, isimli bu projede bir yat limanında GES sisteminden maksimum düzeyde faydalanması amaçlanmaktadır, çalışmada yat limanında panellerin eğim açıları değiştirilmiştir. Ayrıca bu çalışmada Fotovoltaik Coğrafi Bilgi Sistemi (PVGIS) simülasyon programı kullanılmıştır. Soğukpınar, Erkal, Özer (2021), Simülasyon Yaklaşımıyla Türkiye'de Yenilenebilir Enerjiye Dayalı Elektrik Talebi Öngörüsü, beraber yaptıkları projelerinde Türkiye'de kullanılan yenilenebilir enerji kaynaklarının yöntemlerini simülasyon yöntemi ile değerlendirerek, ülkenin gelecek dönemde bu kaynaklar hakkındaki gelişimlerine yön vermeyi amaçlanmıştır.

Yıldırım, Aksu (2021), Rüzgâr ve Güneş Enerjisi Santral Yatırımlarının Ekonomik Performanslarının Değerlendirilmesi, adlı bu çalışmada rüzgâr enerjisi santral ve güneş enerjisi santral yatırımlarının ekonomik performanslarının değerlendirilmesinin yapılması amaçlanmıştır.

Yalılı (2021), Lisanslı Fotovoltaik Güneş Enerji Santrali Yatırımının Finansal Analizi: Van İli Örneği, isimli bu yapıtta Lisanslı bir GES yatırımının günümüz ekonomik

koşullarına göre maliyet analizi yapılarak kârlı olup olmadığı incelenmek istenmiştir. Sancar, Altınkaynak (2021), Isparta İli İçin Farklı Çatı Tiplerinde Tasarlanan Fotovoltaik Sistemlerin Karşılaştırılması, projesinde Isparta ilinde bulunan farklı çatı tiplerinde farklı açılarda bulunan sistemlerin karşılaştırılması yapılmıştır. Aksu (2021), Güneş Enerjisi Santrali Yatırımlarının Ekonomik Analizi, çalışmasında, Türkiye'de bulunan GES yatırımlarının projelendirmeler ile ekonomik analizinin süreci anlatılmak istenmiştir.

Arslan (2022), Güneş Enerji Santrallerinin Simülasyon ile Üretim Verilerinin Karşılaştırılması ve Analizi, çalışmasında, Uşak ve Kayseri'de yer alan iki tane çatı da bir tane de arazi de bulunan üç farklı güneş enerjisi santrallerinin PVsyst, PVsol ve PVGIS programları kullanılarak elde edilen verilerin gerçek tasarım ve üretim verileri ile doğruluğunun karşılaştırılarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Erken (2022), Çift Taraflı Fotovoltaik Güç Santrallerinin Edirne İli İklim Şartları İçin Simülasyonu ve Ekonomik Analizi, projesinde Edirne ili Keşan ilçesinde bulunan bir sistemde özellikle çift taraflı fotovoltaik güç santralleri ile alakalı çeşitli yazılım programı ile karşılaştırmalar ve analizler yapılmıştır.

Asma (2022), Arazi Tipi Güneş Enerji Santrallerinin Verimlilik Analizi: Konya Örneği, çalışmasında, Konya ilinde bulunan arazi tipi güneş enerjisi santrali seçilerek bu arazideki mevcut durumlar PVsyst ve PVsol simülasyon programları ile karşılaştırma yapılarak incelenmesi amaçlanmıştır. Tunçez (2022), Çatı Üstü Güneş Enerji Santrallerinde Verimliliği Etkileyen Faktörlerin Belirlenmesi, projesinde çatı üstü güneş enerjisi santrallerinde ki performans ve verimlilik etkileri çeşitli yöntemlerle analiz edilmeye çalışılmıştır.

Kara (2022), Bir Çatı Tipi Güneş Enerjisi Santrali İçin Projelendirme ve Karşılaştırmalı Analiz, projesinde bir çatı tipi güneş enerjisi santrali için PVsyst simülasyon yazılımı kullanılarak gerçek veriler ile arasındaki hata oranlarından bahsedilmiştir.

Şahin, Dinçer, Yılmaz (2022), 4 Kişilik Bir Ailenin Elektrik Enerjisi İhtiyacı İçin Şebeke Bağlantılı Güneş Enerjisi Santrali Tasarımı ve Simülasyon, adlı bu çalışmada, Kahramanmaraş ili Göksun ilçesinde bulunan 4 kişilik bir ailenin ikametlerinin çatı kısmına kurulan şebeke bağlantılı bir enerjisi sistemi ile elektrik enerji analizi yapılması amaçlanmıştır. Acar (2022), Edirne İli Güneş Enerji Potansiyelinin Araştırılması ve Örnek Bir Güneş Enerji Santrali Analizi, araştırmasında güneş enerjisi ve güneş enerjisinden elektrik elde edilirken kullanılan ekipmanlara değinilmiştir. Daha sonra bu ekipman ve bilgiler ili Edirne ili için yapılan çalışmada değerlendirilmiştir.

Souleymen, Özgür (2022), Moritanya'da Güneş Enerjisinden Elektrik Üretiminin Optimizasyonu ve Fizibilitesi: Nuakşot, Nema ve Wadan Şehirleri İçin Örnek Çalışma, yapıtında Moritanya'da farklı illerde bulunan GES için ön görü niteliğinde çeşitli ekonomik senaryolar oluşturularak maliyet analizi yapılmıştır. Turan (2022), 1 MWp Kapasiteli Çatı Tipi Dağıtık Güneş Enerji Santralinin Tasarımı ve Simülasyon Uygulaması, projesinde 1 MWp Kapasiteli Çatı Tipi Dağıtık Güneş Enerji Santralinin Tasarımı ve Simülasyon Uygulaması PVsyst programı ile gerçekleştirilerek gerçek tasarım ile uyumu incelenmiştir.

Duraklar, Yıldırım, Çınar (2022), Güneş Enerji Santrali Uygulamalarında Meslek Eğitimine Bir Bakış Ve Örnek Bir Uygulama Modeli Tasarımı, adlı bu çalışmada, daha önceki ulusal çalışmalar incelenerek, eğitim amacıyla kurulmuş bir güneş enerjisi sisteminden bahsedilmiştir. Yiğit (2023), Şebekeye Bağlı 1 MW Güneş Enerji Santralinin PVsyst İle Simülasyonu ve Performans Parametrelerinin Değerlendirilmesi, projesinde PVsyst simülasyon yazılımıyla elde edilen simülasyon sonuçları ile sistemin performansı değerlendirilmiştir.

Ay, Pamuk (2023), Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Farabi Yerleşkesindeki Elektrik Enerjisi İhtiyacının Güneş Enerjisi Santralleri Kurularak Elde Edilmesi ve Ekonomik Analizi, çalışmalarında Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Farabi Yerleşkesinde kurulan güneş santrallerinin sağladığı enerji ve bu enerjinin ekonomik analizinden bahsedilmiştir. Tanış, Altıntaş (2023), Elazığ İlinde Şebekeye Bağlı 1036,8 Kwp Fotovoltaik Güneş Enerjisi Santralinin Ölçülen ve Simüle Edilen Performans Verilerinin Analizi, eserinde Elazığ ilinde şebekeye bağlı 1036,8 Kwp fotovoltaik güneş enerjisi santralinin 2018 yılı Ocak-Aralık ayları arasındaki analizlerinden bahsedilmiştir.

3. GÜNEŞ ENERJİSİ VE SİSTEMLERİ

Güneş Enerjisi, güneşte bulunan hidrojen gazının helyuma dönüşümü ile oluşan füzyon sürecinde ortaya çıkan ışıma enerjisidir. Güneş ışınlarının hepsi yeryüzüne direk ulaşmaz; %30'u dünya atmosferi tarafından geriye yansıtılır ve %20'si hava küresinde soğurma işlemine maruz kalır. Kalan %50'si atmosferi geçerek yeryüzüne ulaşır ve bu ulaşan enerji ile hayat sağlanması mümkün olmaktadır. Bu sistemler ile güneşten yararlanılarak enerji oluşturulmaktadır. Temel güneş enerji sistemleri, termal (ısıl) ve fotovoltaik (güneş pili) sistemlerdir (web kaynak-7).

3.1. Termal (Isıl) Enerji Sistemleri

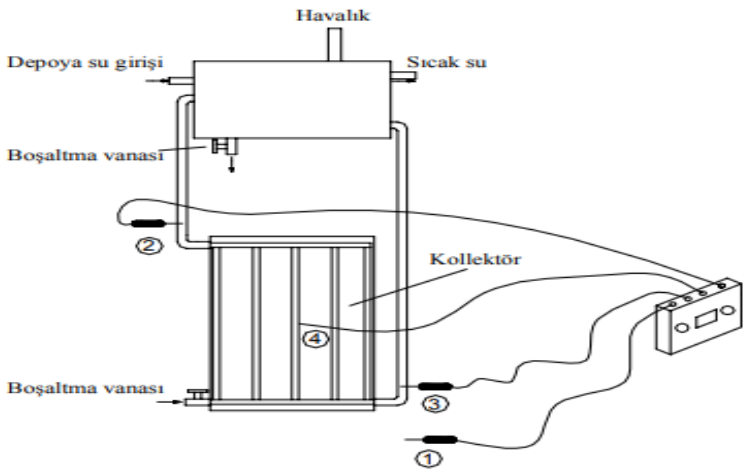
Termal enerji sistemleri, çalışma sıcaklıklarına göre farklı kategorilere ayrılmaktadır. Düşük sıcaklıkta çalışan sistemler arasında düzlemsel güneş kolektörleri, vakumlu güneş kolektörleri, güneş ocakları, güneş havuzları, su arıtma sistemleri ve sera uygulamaları gibi örnekler bulunmaktadır. Bu tür sistemler, genellikle daha düşük sıcaklık gereksinimleri olan uygulamalar için uygundur ve yaygın olarak çeşitli ısıl işlemlerde kullanılmaktadır. Yoğun sıcaklık gerektiren sistemler ise parabolik oluk sistemleri, parabolik çanak sistemleri ve merkezi alıcı sistemler olarak sıralanabilir. Bu sistemler, yüksek sıcaklık elde edilmesi gereken endüstriyel uygulamalarda veya elektrik üretimi gibi yoğun enerji gerektiren süreçlerde kullanılır.

Güneş kolektörleri genel olarak, güneş ışınımını toplayan ve bu enerjiyi kullanılabilir ısıya dönüştüren yapılar olarak tanımlanır. Bu kolektörler, güneşten gelen enerjiyi çeşitli işlemler için gerekli olan termal enerjiye dönüştürme kapasitesine sahip düzeneklerdir ve düşük veya yüksek sıcaklık gereksinimlerine göre farklı tasarımlara sahiptir. Düzlemsel ve vakumlu kolektörler, evsel ihtiyaçlar için sıcak su üretiminde ve başkaca kolay yerlerde kullanılan ısıtma kaynağı olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Tezcan, 2001).

3.1.1. Düzlemsel güneş kolektörleri

Düzlemsel güneş kolektörleri, güneş enerjisinin yenilenebilir kaynaklar arasında öne çıkan bir bileşeni olarak, güneş ışınlarını yüzeylerinde toplar ve bu enerjiyi sıvı ya da gaz gibi taşıyıcı bir akışkan aracılığıyla sistemin diğer bileşenlerine aktarır. Bu süreçte kolektörün yüzeyine gelen güneş ışınları, öncelikle kolektör paneli tarafından emilir. Emilen enerji, kolektör içinde yer alan ısı transfer akışkanını ısıtır ve ısıtılmış akışkan,

sistemdeki ilgili yerlere enerji taşır. Bu mekanizma sayesinde güneş enerjisi, düşük sıcaklık seviyesinde ihtiyaç duyulan termal enerjiye dönüştürülerek doğrudan kullanılabilir. Düzlemsel güneş kolektörleri, genellikle sıcak su üretiminde, ısıtma sistemlerinde veya düşük sıcaklık gerektiren termal işlemlerde kullanılır. Yapısal olarak, kolektör yüzeyi genellikle seçici kaplamalarla kaplanarak güneş enerjisini yüksek oranda soğurma yeteneği kazanır ve bu da sistemin verimliliğini artırır. Ayrıca bu kolektörler, maliyet-etkin olmaları ve bakım gereksinimlerinin düşük olması nedeniyle konutlardan sanayiye geniş bir yelpazede tercih edilmektedir. Düşük sıcaklık termal sistemler için en uygun çözüm olan düzlemsel güneş kolektörleri, özellikle 100°C'nin altındaki uygulamalar için idealdir. Yüksek sıcaklık gerektiren işlemler için yeterli verimi sağlayamasa da, konut ısıtma sistemleri ve sıcak su üretimi gibi düşük sıcaklık gereksinimlerine etkili bir çözüm sunmaktadır. Bu özellikleriyle, güneş enerjisinden yararlanmanın yaygın, pratik ve çevre dostu bir yöntemi olarak enerji dönüşüm sistemlerinde önemli bir yere sahiptir.



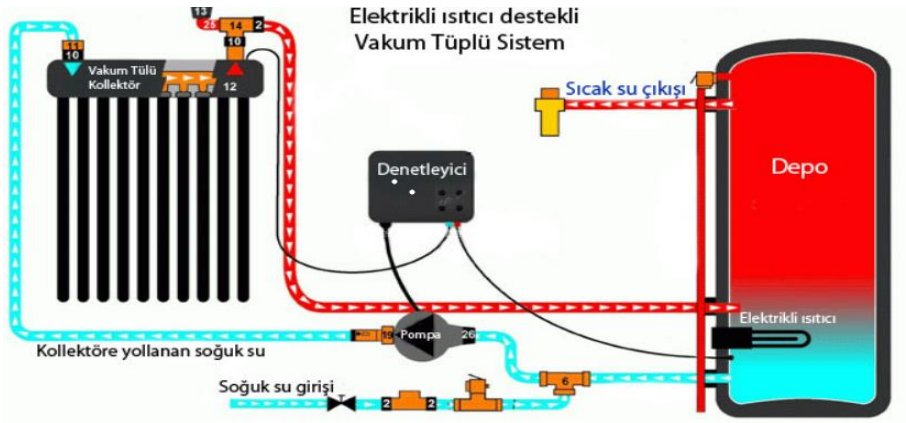
Şekil 3.1.: Düzlemsel güneş kolektörlerinin iki boyutlu çizimi (Özkaya, 2007).

3.1.2. Vakumlu güneş kolektörleri

Vakumlu güneş kolektörleri, enerjiyi daha verimli bir şekilde toplamak için geliştirilmiş özel bir sistemdir. Bu kolektörler, birbirinin içine geçmiş iki cam borudan oluşur. İki boru arasındaki boşluktaki hava tamamen vakumlanarak çıkarılır. Bu vakumlanmış alan, güneş ışınlarını toplarken oluşan ısıyı çevreye kaçırmamak için bir yalıtım görevi görür. Yani vakum, ısının dış ortama iletilmesini büyük ölçüde engeller, tıpkı bir termosun içindeki sıvının sıcaklığını uzun süre koruması gibi.

Vakumlu kolektörlerin bir diğer avantajı, daha geniş bir sıcaklık aralığında çalışabilmeleridir. Yani sadece sıcak su üretimi için değil, aynı zamanda daha yüksek sıcaklık gerektiren uygulamalarda da kullanılabilirler. Bu, onları sanayi alanında ve yüksek sıcaklık gerektiren sistemlerde de oldukça değerli hale getirir. Öte yandan, vakumlu kolektörlerin yapısı daha karmaşık olduğundan, üretim ve kurulum maliyetleri düzlemsel kolektörlere göre genellikle daha yüksektir. Ancak sağladıkları yüksek verimlilik ve soğuk havalarda çalışma avantajı, bu maliyeti uzun vadede karşılayabilir.

Özetle, vakumlu güneş kolektörleri, güneş enerjisini en verimli şekilde toplamak ve daha yüksek sıcaklıklarda kullanılabilir hale getirmek için tasarlanmış etkili sistemlerdir. İyi bir yalıtım sağladıkları için dört mevsim boyunca istikrarlı bir performans sunarlar ve özellikle soğuk iklimlerde güneş enerjisinden faydalanmanın güçlü bir yoludur.



Şekil 3.2.: Vakumlu güneş kolektörleri (web kaynak-7).

3.1.3. Güneş havuzu

Zemini siyah renkli olan tahmini olarak 5-6 metre derinlikte bulunan havuzun güneş ışınımlarını yakalayarak 90°C sıcaklığında sıcak su elde edilmesi amacıyla kullanılır (web kaynak-7). Bu derinliğe sahip bir havuz, özellikle yaz aylarında ya da yoğun güneş alan bölgelerde suyun sıcaklığını daha yüksek seviyelere çıkartabilir. Bu tür bir sistemde, doğal olarak oluşan güneş ışınımı sayesinde 90°C gibi yüksek sıcaklıklara ulaşılması mümkün olabilir. Havuzdaki suyun sıcaklığı arttıkça ısı kaybını minimize etmek için bazı önlemler almak gerekebilir. Örneğin, havuzun etrafının rüzgâr kesici bariyerlerle kaplanması veya yalıtımın artırılması, ortam sıcaklığının düşmesinden kaynaklanacak ısı kaybını azaltarak verimliliği daha da yükseltebilir.

Sonuç olarak, siyah zeminli, derinliği optimize edilmiş bir havuz tasarımı, pasif güneş enerjisi sistemleri arasında etkili bir çözüm sunar. Bu tip bir sistem, özellikle konutlar, endüstriyel tesisler ve tarımda sıcak su ihtiyacının ekonomik ve çevre dostu bir şekilde karşılanmasına katkı sağlayabilir. Böylece, dış enerji kaynaklarına olan bağımlılığı azaltırken sürdürülebilir enerji hedeflerine de katkıda bulunur.

3.1.4. Güneş ocakları

Çanak ya da kutu şeklinde bulunan, içi yansıtıcı maddelerle kaplanmış güneş ocaklarında güneş ışınlarını belli bir nokta da toplanarak yemek pişirme amacıyla kullanılmayı amaçlayan bir yöntemdir. Çin ve Hindistan'da yaygın olarak kullanılmaktadır (web kaynak-7).

Şekil 3.3.: Güneş ocağı (web-kaynak 7).

3.1.5. Sera

Güneş ışınlarının tarım için kullanılması amacını taşıyan bir yöntemdir. Bitkilerin büyümesi için gerekli olan iklim koşullarını yapay olarak kontrol altında tutmayı sağlayan özel yapılardır. Temel amaçları, doğal ortamda yetişmesi zor olan ya da belirli bir sıcaklık, nem ve ışık düzeyine ihtiyaç duyan bitkilerin yıl boyunca üretimini sürdürmektir. Seralar, özellikle iklimi uygun olmayan bölgelerde veya mevsim dışında üretimi mümkün kılarak tarımsal faaliyetleri çeşitlendirme ve verimliliği artırma avantajı sunar.

Seraların işleyişi, genellikle güneş enerjisinin doğal bir ısı kaynağı olarak kullanılmasına dayanır. Güneş ışınları sera camı ya da polikarbon gibi malzemelerden geçerek içerideki alanı ısıtır ve içeride biriken ısı, gece boyunca sıcaklık dengesini koruyarak bitkilerin donma riskini azaltır. Bunun yanı sıra, modern seralarda sıcaklık, nem, havalandırma ve sulama gibi unsurlar otomatik sistemlerle kontrol edilerek ideal büyüme ortamı sağlanır. Böylece bitkiler, en verimli koşullarda yetiştirilir ve üretim döngüsündeki olumsuz etkiler en aza indirilir.

Şekil 3.4.: Tarım serası (web kaynak-7).

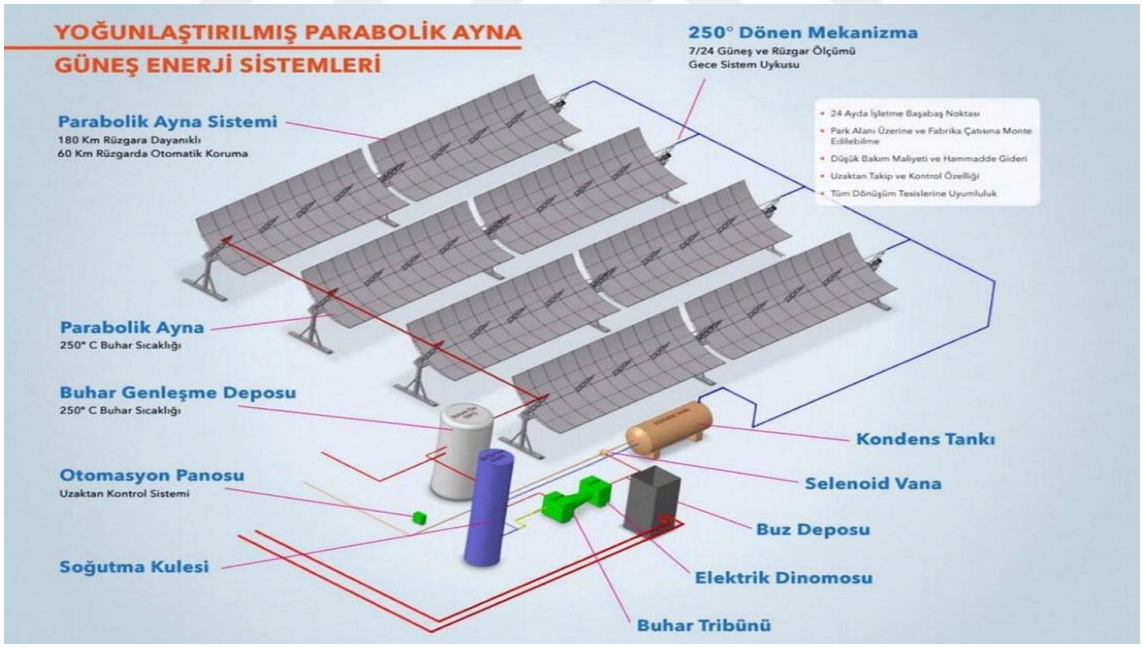
3.1.6. Su arıtma sistemleri

Bu sistem, sığ bir havuzdan ibarettir. Havuzun üzerine şeffaf-cam gibi malzemeler eğimli olarak kapatılır. Havuzda buharlaşan sular kapatılan bu kapatılan bölgede yoğunlaşırlar (web kaynak-7).

Şekil 3.5.: Güneşle su arıtma sistemi (web kaynak-7).

3.1.7. Parabolik oluk sistemler

Bu sistemlerde, kolektörler kesiti parabolik olan yoğunlaştırıcı tabakadan oluşur. Yoğunlaştırma yaptıkları için yaklaşık 350-400°C arasında oluşurlar.

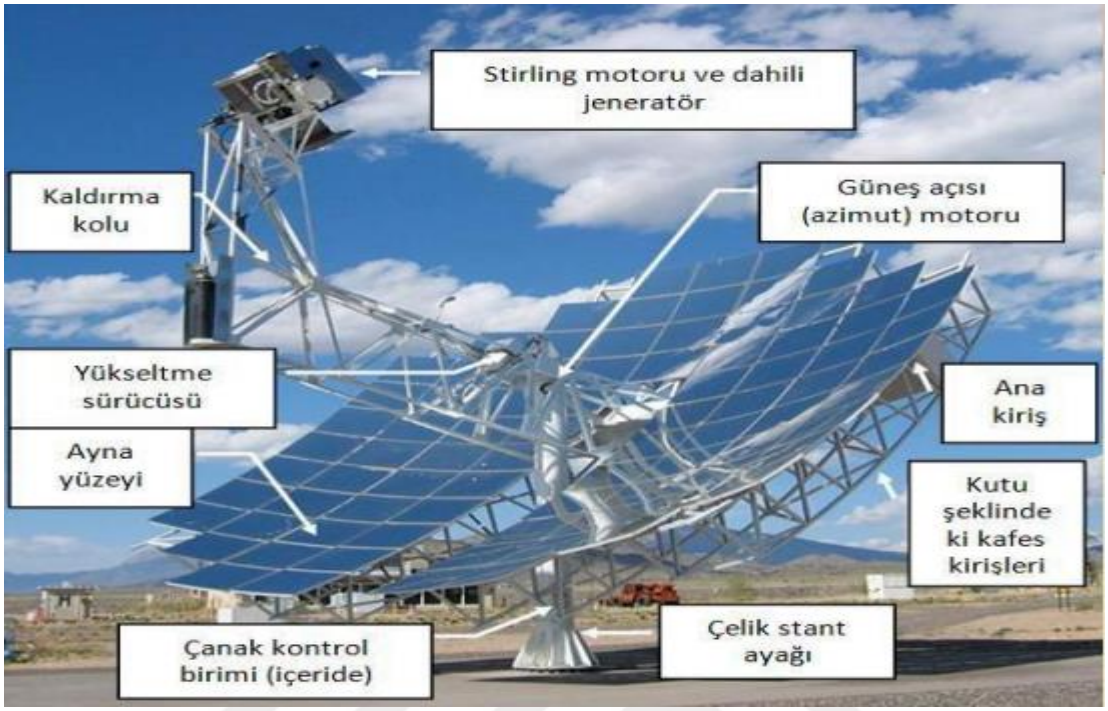


Şekil 3.6.: Parabolik oluk sistemler (web kaynak-2).

3.1.8. Parabolik çanak sistemler

Bu sistemler, güneşi belli bir noktaya alarak elektrik üretilmesini sağlar. Termal enerji ısı şeklinde sıvı yardımı ile direk alınabilir ya da güneşin alındığı hedef noktaya

monte edilen Stirling makine yardımı ile güneş enerjisi elektrik enerjisine çevrilebilir (web kaynak-7).



Şekil 3.7.: Parabolik çanak sistemler (web kaynak-2).

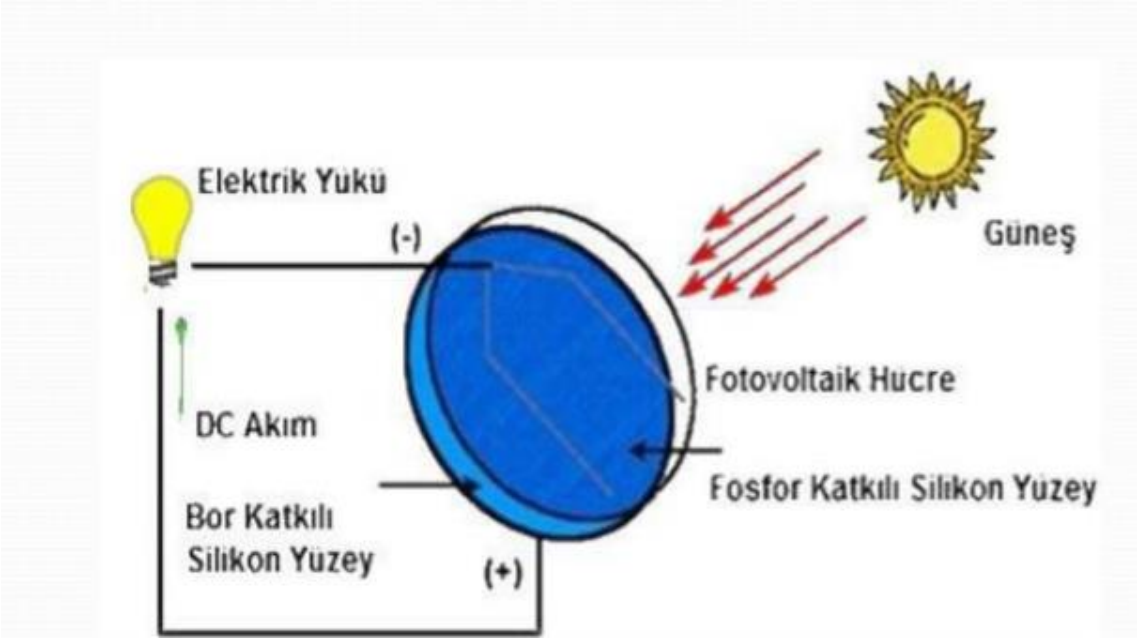
3.1.9. Merkez alıcı sistemler

Bu sistemde, ayrı ayrı noktalara odaklama yapan ve heliostat adı verilen aynalardan oluşan bir alanda güneş enerjisi alıcı adı verilen bir kule üzerine monte edilmiş ısı eşanjörüne yansıtılırak yoğunlaştırılır (web kaynak-7).

Şekil 3.8.: Merkezi alıcı sistemler (web kaynak-8).

3.2. Fotovoltaik Sistemler (Güneş Pilleri)

Güneş pilleri, yüzeylerine gelen güneş ışınlarını direk olarak elektrik enerjisine çeviren yarıiletken maddelerdir. Güneş pilleri kolay bozulmayan uzun yıllar dayanabilen bir sistemle yapılmıştır ayrıca güneş pillerinde enerjinin çıkış noktası boş kaldığı taktirde enerji harcamazlar. Güneş enerjisinin taşıyıcıları ve yayıcıları olan tanecikli fotonlar, fotovoltaik hücre üzerine düşünce elektriğe dönüşmektedir. Yüzey alanları genelde kare, dikdörtgen ve dairesel olarak üretilen güneş pillerinin etki alanları yaklaşık 100 m 2 dir, kalınlıkları da 0,2-0,4 mm değerleri arasında değişiklik göstermektedir. Fotovoltaik cihazların yapımında en çok kullanılan malzeme silisyum ve silisyum alaşımlarıdır (Towsend, 1989).



Şekil 3.9.: Güneş pillerinin yapısı (web kaynak-7).

3.2.1. Güneş pillerinin çeşitleri

Kullanılan başlıca güneş pil çeşitleri şunlardır:

1- Tek kristal (monokristal) silisyum güneş pilleri:

Güneş pillerinde en çok kullanılan malzeme tek kristal silisyumdur çünkü bu tip malzeme ile üretilen güneş pilleri kızılötesi ışığa en fazla duyarlı olandır (web kaynak-1). Teknik olarak tek kristal güneş pillerinin üretimleri zor olmaktadır ve üretimleri zaman almaktadır. Ancak verimlilik ve dayanıklılık açısından en çok tercih edilen güneş pili çeşididir (web kaynak-6).

2- Çok kristal (polikristal) silisyum güneş pilleri:

Erimiş silisyum maddesinin kalıba dökülmesi ve soğumaya bırakılması suretiyle oluşur. Sonrada ince levhalar halinde kesilir. Oluşturulmaları tek kristalli güneş pillerine göre daha ucuz ve kolaydır. Ancak verimlilik oranı yaklaşık %15 civarındadır. Yani verimlilik oranı tek kristalli güneş pillerine göre daha düşüktür (web kaynak-1).

3- İnce film güneş pilleri:

İnce film güneş pilleri, enerji üretimi için çok ince yarı iletken katmanların üst üste sıralanmasıyla oluşturulmuş yapılardır. Bu yapılar, hafif ve esnek olmalarının yanı sıra düşük maliyetleriyle de dikkat çeker. İnce film güneş hücreleri, amorf silikon, çok kristalli bakır indiyum diselenid (CIS) veya kadmiyum tellür gibi farklı malzemeler kullanılarak üretilebilir. Özellikle amorf silikon, ticari amaçlı uygulamalarda sıkça tercih edilen bir malzeme olup, maliyet etkinliği ve üretim kolaylığı açısından avantaj sağlar.

İnce film teknolojisinin bir diğer ayırt edici özelliği, farklı çökeltme yöntemleri kullanarak bu katmanların cam veya plastik yüzeyler üzerine kolayca uygulanabilmesidir. Çökeltme işlemi, üretim maliyetlerini düşürmekle birlikte, 2x2 inç boyutunda küçük güneş hücrelerinin bile uygun maliyetle üretilebilmesine olanak tanır. Üretim sürecinde kullanılan cam veya plastik yüzeyler, hücrelerin esnekliğini artırırken, maliyeti düşüren ve geniş ölçekli üretimi kolaylaştıran bir temel sağlar.

Ayrıca, geleneksel tek kristal silikon hücrelerin aksine, ince film güneş hücreleri tek bir modül veya ünite olarak tasarlanabilir. Bu özellik, ince film pillerin yapısal olarak daha basit bir kurulumla kullanılabilmesine olanak tanır ve büyük alanlarda geniş bir yüzeye yayılmalarını sağlar. Bu esneklik, ince film güneş pillerini bina yüzeyleri, araç tavanları ve esnek yüzeyler gibi çok çeşitli uygulamalar için uygun hale getirir ve onların enerji üretiminde alternatif bir çözüm olarak önemini artırır.

Yarı iletken malzemelerine ve arka elektrik kontaklarına, yansıtmayan özelliğe sahip kaplama ve iletken oksit katmanlar eklenebilir. İnce film güneş pili ise %8-12 arası bir verime sahiptir (web kaynak-4).

4- Amorf silisyum güneş pilleri:

Amorf silisyum güneş pilleri, fotovoltaik teknolojiler arasında düşük maliyeti ve esnek üretim süreci ile dikkat çeken bir güneş pili türüdür. Bu hücreler, kristal yapıda olmayan, yani atomik düzende belirgin bir kristal örgü yapısı bulunmayan silisyumdan

üretilir. Amorf yapılı olması, bu hücrelerin düşük sıcaklıklarda üretilebilmesini ve ince katmanlar halinde uygulanabilmesini sağlar. İnce film teknolojisi kullanılarak üretilen amorf silisyum güneş pilleri, özellikle geniş yüzey alanlarının kaplanması gereken yerlerde tercih edilmektedir.

Amorf silisyum güneş pili kristal yapılı değildir. Bu güneş pillerinin yapısı nedeniyle verimlilik kapsama güçleri %5 ila % 8 arasındadır. Kullanım alanı olarak genellikle yapısal olarak küçük elektronik cihazların güç kaynağı olarak kullanılmaktadır. Amorf silisyum güneş pillerinin bir diğer uygulama alanı, binalara entegre yarı saydam cam yüzeylerdir (web kaynak-6).

Amorf silisyum güneş pilleri, düşük maliyetli ve esnek enerji çözümleri sunan fotovoltaik bir teknoloji olarak öne çıkmaktadır. Daha düşük verimlilikleri olmasına rağmen, üretim ve kullanım kolaylıkları sayesinde geniş bir uygulama alanına sahiptir ve güneş enerjisi sistemlerinin yaygınlaşmasına katkı sağlamaktadır.

5- Kadmiyum tellürid güneş pilleri (CdTe):

Kadmiyum tellür (CdTe) güneş pilleri, özellikle verimlilik, maliyet ve dayanıklılık konularında sağladığı avantajlarla dikkat çekmektedir. Bu tür güneş pilleri, ince film teknolojisine dayanarak üretilir ve kadmiyum tellür yarı iletkeni kullanır. CdTe, diğer yarı iletken malzemelerle kıyaslandığında hem yüksek emilim kapasitesine sahip hem de geniş bir ışık spektrumunu kullanabilmektedir. Bu özellikler, CdTe güneş pillerini düşük maliyetli enerji üretimi için cazip kılmaktadır.

CdTe pillerin, özellikle silikon temelli güneş pillerine kıyasla üretim maliyetlerinin daha düşük olması, büyük ölçekte enerji üretimi projeleri için önemli bir avantaj sağlar. Üretim sürecinin daha az enerji tüketmesi, çevresel açıdan da önemli bir kazanım sunar. Ayrıca, CdTe güneş pillerinin düşük ışıkta da verimli çalışabilmesi, özellikle daha düşük ışık yoğunluğuna sahip bölgelerde ve daha bulutlu iklimlerde avantaj sağlar. Kadmiyum tellür diğer ince film pili teknolojilerine göre daha kolay depolama ve daha geniş ölçekli üretime daha uygundur (web kaynak-4).

6- Bakır indiyum diseleneid güneş pilleri:

CIS (Bakır indiyum diselenid) güneş pilleri, periyodik cetvelin 1. grup (Bakır), 3. grup (İndiyum) ve 6. grup (Selenyum) elementlerinden oluşan bileşik yarı iletken malzemelere dayanır ve özellikle yüksek ışık soğurma kapasitesi ile dikkat çeker. Bu tür güneş pilleri, ince film teknolojisi ile üretilir ve yüksek ışık soğurma özelliği sayesinde

çok ince bir katman (1 mikron kalınlık) ile gelen ışınların %99'unu absorbe edebilir. Bu özellik, CIS güneş pillerini geleneksel güneş pili teknolojilerine göre önemli bir avantaja sahip kılmaktadır.

CIS güneş pillerinin ışık absorpsiyon kapasitesinin yüksek olması, daha az malzeme kullanarak verimli enerji üretimine olanak tanır. Özellikle düşük ışık yoğunluklu ortamlarda bile iyi performans göstermesi, CIS pillerin bulutlu bölgelerde veya düşük ışık alan ortamlarda etkili bir şekilde kullanılmasını sağlar. Bu, CIS güneş pillerini sadece güneşli iklimlerde değil, aynı zamanda çeşitli coğrafi ve iklim koşullarında uygulanabilir kılmaktadır. Aynı zamanda, bu ince film yapı sayesinde esnek alt tabakalar üzerinde üretilebilmeleri, çeşitli yüzeylere kolaylıkla entegre edilebilme potansiyelini de ortaya çıkarır.

CIS pillerin üretim süreci, diğer ince film teknolojileri ile benzerlik göstermekle birlikte, kullanılan malzemelerin tedariki ve çevresel etkileri açısından bazı zorluklar da içermektedir. Örneğin, indiyum nadir bulunan bir elementtir ve tedarik zinciri açısından riskler barındırabilir. Aynı zamanda, üretim sürecinde kullanılan selenyum da çevresel açıdan dikkat edilmesi gereken bir elementtir. Ancak, malzeme verimliliği ve geri dönüştürülebilirliği konusunda yapılan araştırmalar, CIS pillerin çevreye olan etkilerini azaltmak ve sürdürülebilirliklerini artırmak için potansiyel çözüm yolları sunmaktadır. CIS fotovoltaik güneş pili, ticari olarak sıklıkla kullanılır ve hücrelerine Ga (galyum) elementi eklendiğinde daha çok verim elde edilmektedir (web-kaynak-7).

3.2.2. Güneş pillerinin çalışma prensibi

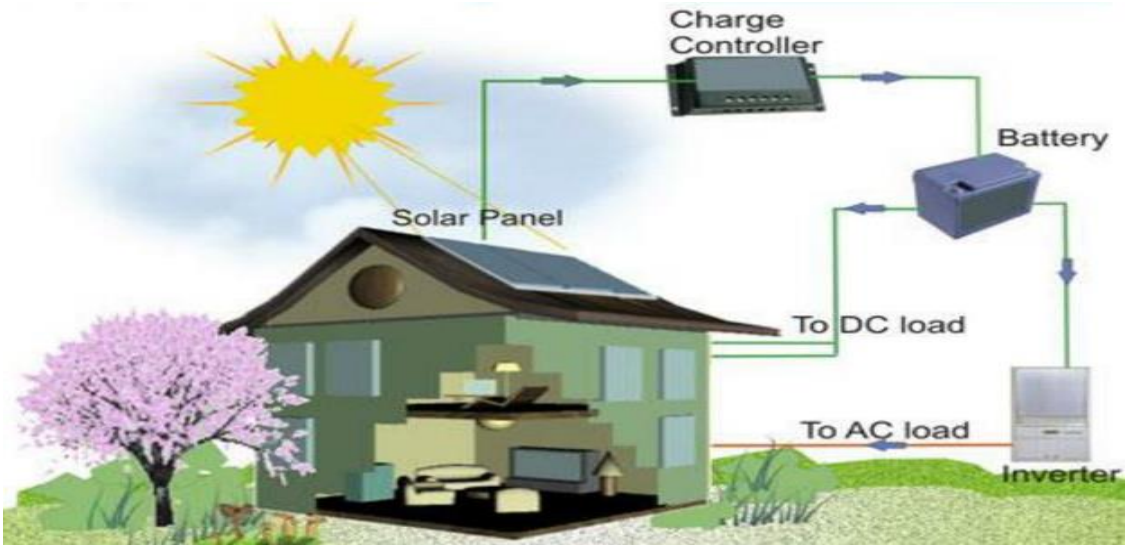
Güneş ışığı güneş pilinin bulunduğu nokta üzerine düşer ve fotovoltaik hücreler tarafından absorbe edilir. Güneş pilinde yüksek elektrona sahip P tipi yarıietken madde ve az oranda elektrona sahip olan N tipi yarıiletken madde bulunur. Güneş ışığı P tipi yarıiletken maddeden elektron ayırır. Enerji kazanan elektronlar N tipi yarıiletken maddeye doğru yönelirler. Böylece sabit tek yönlü elektron akışı doğru akımı (DC) yaratır. Elektronlar kurulan devreler boyluca yönelerek pillerin şarj edilmesinde ya da farklı alanlarda kullanılmasını sağlar ve P tipi yarıiletken maddeye geri döner (Karpuz, 2020).

3.2.3. Fotovoltaik sistem çeşitleri

On-Grid (Şebekeye paralel) sistemler: Güçleri birkaç kW ve MW'lara çıkabilen daha çok binalarda kullanılan küçük güce sahip sistemlerdir (web kaynak-7).

Şekil 3.10.: On-Grid sistemler (web kaynak-7).

Off-Grid (Şebekeden bağımsız) sistemler: Şebekeden bağımsız olarak işleyen bu sistemler elektriğin bulunmadığı ya da elektrik hatlarına uzak olan bölgelerde tüm elektrik ihtiyacını karşılamak üzere kullanılan sistemler olarak bilinir. Genellikle elektrik enerjisinin verilemediği dağ evleri, çiftlik gibi yerlerde kullanılır (web kaynak-7).



Şekil 3.11.: Off-Grid sistemler (web kaynak-7).

4. GÜNEŞ ENERJİSİNİN TARİHSEL DÖNÜŞÜMÜ

Güneş enerjisinin, tarih öncesi dönemlerden beri insanlar tarafından farklı şekillerde kullanımı sağlanmıştır. İnsanlar güneşten yararlanmak için çeşitli yöntemler geliştirerek o zamanın şartlarına göre güneş enerjisini en verimli şekilde kullanmaya çalışmışlardır. Tarih öncesi dönemlerde güneşten yararlanarak zaman ölçmesinden, güneşi kullanarak ısınma ve yemek pişirme gibi herhangi bir teknoloji gerektirmeyen yöntemlerle güneş enerjisinden yararlanılmaya çalışılmıştır [80]. Daha sonra güneş enerjisi kullanılarak çalışan mekanik sistemler ile güneş enerjili buharlı makineler ortaya çıkmıştır. Bu sistemde meydana gelen buhar, piston ve türbinleri hareket ettirerek mekanik güce dönüştürülmüştür. Güneş enerjili buharlı makineler, güneş enerjisinin tarihsel döneminin ileri seviyesi olsa da, güneş enerjisinin teknolojik olarak gelişiminin en ileri seviyeye taşınmasına vesile olmuştur.

1700'lü ve 1800'lü yıllarda, güneş enerjisinin gelişimi için oldukça mühim adımlar atılmaya başlanmıştır. 1767 yılında İsviçreli bilim insanı Horace Bénédict de Saussure, güneş enerjisini ilk defa termal uygulamalar için kullanmıştır. Horace Bénédict de Saussure, güneş enerjisi ile çalışan bir kutu projelendirmiş ve bu kutunun içerisine güneş ışınlarının depolanmasını sağlayan siyah bir plaka yerleştirmiştir. Kutunun içini ısı derecesi yüksek hava ile dolmuş ve güneş enerjisi ile su ısıtma başarısı elde etmiştir. 1839 yılında ise Fransız fizikçi Alexandre-Edmond Becquerel, fotovoltaik etkiyi keşfederek, güneş enerjisinin doğrudan elektrik enerjisine dönüşmesinin adımını atmıştır.

1883 yılında Amerikalı buluşçu Charles Fritts, selenyum tabakasından yararlanarak güneş enerjisi panelleri yapmış ve güneş enerjisinden elektrik üretmek için ilk adımları atmıştır. 1950'li yıllarda ve 1960 yılının başlarında, Bell Laboratuvarı'nda Gerald Pearson, Daryl Chapin ve Calvin Fuller, silisyum tabanlı güneş hücresini bularak güneş enerjisinin elektriğe dönüşümünde ilk mühim başarıyı elde etmişlerdir. 1958 yılında Amerika Bileşik Devletleri, güneş enerjisini kullanarak uydu cihazları ve uzay araçları için elektrik üretimi yapmaya başlamıştır.

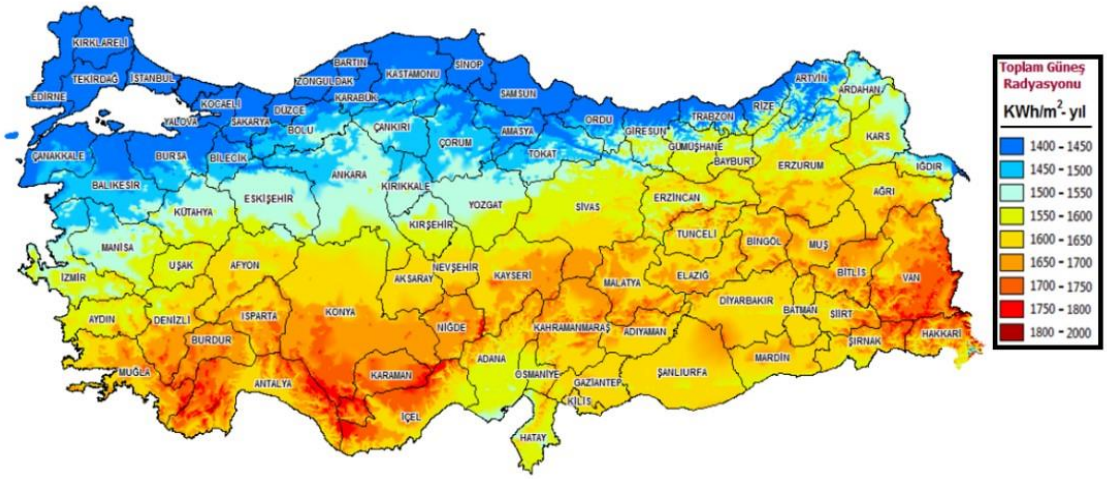
1970'li yıllarda ortaya çıkan enerji krizleri ve çevre sorunları ile yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgi artmış ve birden fazla ülke, güneş enerjisini ve yenilenebilir enerji kaynaklarını teşvik etmek için enerji politikaları ve enerji yasaları çıkarmıştır. 1980'li yıllardan itibaren güneş enerjisi santralleri kurulumu hız kazanmıştır. Bu dönemlerdeki güneş enerjisi ile ilgili gelişmeler, güneş enerjisinin modern çağda da hız

kazanarak daha çok gelişmesine sebep olmuştur. Güneş enerjisinden en çok faydalanan ülkeler: Çin, Amerika Birleşik Devletleri, Hindistan, Japonya, Almanya olarak sıralanmaktadır.

4.1. Türkiye'de Güneş Enerjisi

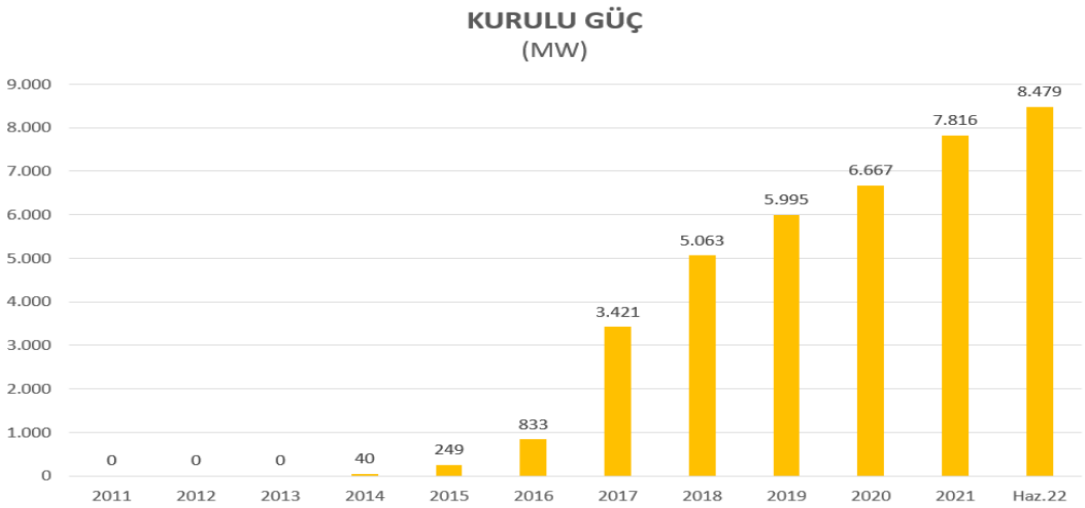
Türkiye, güneş enerjisi açısından potansiyeli oldukça yüksek bir ülkedir. Türkiye'de güneşlenme süresinin fazla olması ve coğrafi konumu sebebiyle güneş enerjisinden en aktif şekilde yararlanma imkânı bulunmaktadır. Türkiye'de güneş enerjisi ile alakalı ilk ulusal kongre, 1975 yılında İzmir ilinde gerçekleşmiştir. Bu kongre ile Türkiye'de güneş enerjisine dikkat çekilmesi amaçlanmıştır. Ancak bu enerji hızlı bir şekilde gelişme göstermiştir. 1975 yılında Orta Doğu Teknik Üniversitesi güneş ilk pasif güneş uygulaması çalışması yapmıştır. Türkiye'de bulunan yükseköğrenim kurumlarında güneş enerjisi kaynağına yönelik çalışmalar artmıştır. 1978 yılında ise Ege Üniversitesi'nde Güneş Enerjisi Enstitüsü kurulmuştur. 1982 yılından itibaren Elektrik İşleri Etüt İdaresi, tüm yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını desteklemektedir. Ayrıca Uluslar Arası Güneş Enerjisi Derneği 1992 yılından itibaren Türkiye ile ülkemizde güneş enerjisine dair yapılan çalışmaları ve kullanımları devlet izni ile devam ettirmektedir. 1982 yılından itibaren Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü'nce yapılan çalışmalar 2 Kasım 2011 tarihinden itibaren yeni kurulan Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM) tarafından yürütülmektedir (web kaynak-5).

Türkiye'de ilk güneş enerjisi santrali (GES), 2011 yılının Eylül ayından İstanbul ili İkitelli semtinde kurulmuştur. Bu kurulum İstanbul Büyükşehir Belediyesi, TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi ve İnosol Enerji'nin ortak çalışmasıyla hayata geçmiştir. Bu projenin kurulum gücü 500 kW'tır. Türkiye güneş enerjisi sisteminde hızlı bir şekilde ilerlerken bu enerji alanında da Dünya'nın dikkatini çekmiştir. Türkiye'de 2014 yılında kurulu güç sadece 40 MW iken, 2022 yılının Haziran ayında yaklaşık 212 kat artarak 8479 MW seviyesine ulaşmıştır. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasına (GEPA) göre, ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2.741 saat, ortalama yıllık toplam ışınım değeri 1.527,46 kWh/m^2 olarak hesaplanmıştır (web kaynak-3).

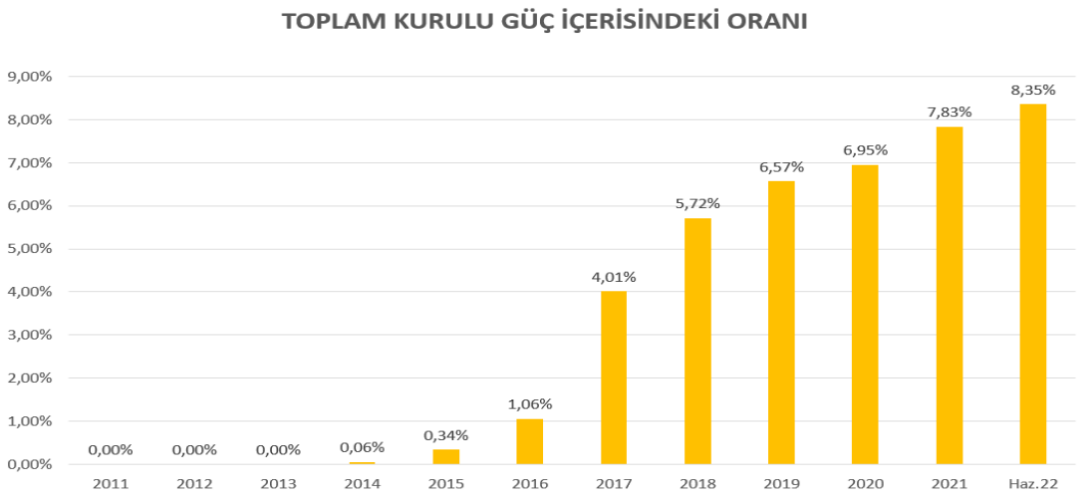


Şekil 4.1.: GEPA'na ait genel potansiyel görünüm ve aylık ortalama global radyasyon dağılımı (web kaynak-3).

Son duruma göre ülkemizde, Haziran 2022 sonu itibariyle güneş enerjisine dayalı elektrik kurulu gücümüz 8,479 MW, toplam kurulu güç içerisindeki oranı %8,35'tir (web kaynak-3).



Şekil 4.2.: :Güneş enerjisine dayalı elektrik kurulu güç grafiği (web kaynak-3).

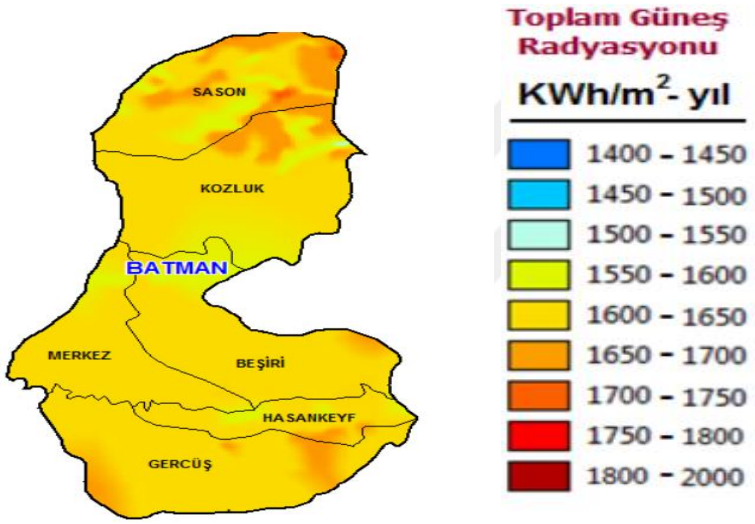


Şekil 4.3.: Güneş Enerjisinin Toplam Kurulu Güç İçerisindeki Oranı (web kaynak-3).

Türkiye'de güneş enerjisi kullanımı, son yıllarda giderek artmıştır. 2022 yılı itibari ile Türkiye'deki güneş enerjisi ile ilgili bazı veriler şunlardır: Türkiye'de kurulu güç miktarı toplamda 2022 yılında, 8.3 GW seviyesine ulaşmıştır. Türkiye'de elektrik üretiminde güneş enerjisinin payı % 6.2 civarındadır. Türkiye, kurulu güç bakımından Avrupa da 8. sırada yer almaktadır.

5. ÇALIŞMANIN ALANI OLAN BATMAN İLİ İLE İLGİLİ BİLGİLENDİRMELER

Batman, ülkemizin Güneydoğu Anadolu Bölgesinde bulunmaktadır. Batman ilinin kuzey ve kuzeydoğusu yüksek sarp ve dağlık olup güneyi ise dağlık ve engebelidir. Batman ilinde karasal iklim hüküm sürmekte olup. Yazlar sıcak ve kurak kışlar ise soğuk ve yağışlı geçmektedir. Batman ili 41 derece 10 dakika ve 41 derece 40 dakika doğu boylamları ile 38 derece 40 dakika ve 37 derece 50 dakika kuzey enlemleri arasında yer almaktadır ve rakımı 550 metre(m)'dir. Batman ili için kurulan güneş enerji santrallerinin verimliliği açısından en önemli faktörlerden biri de sıcaklıktır.

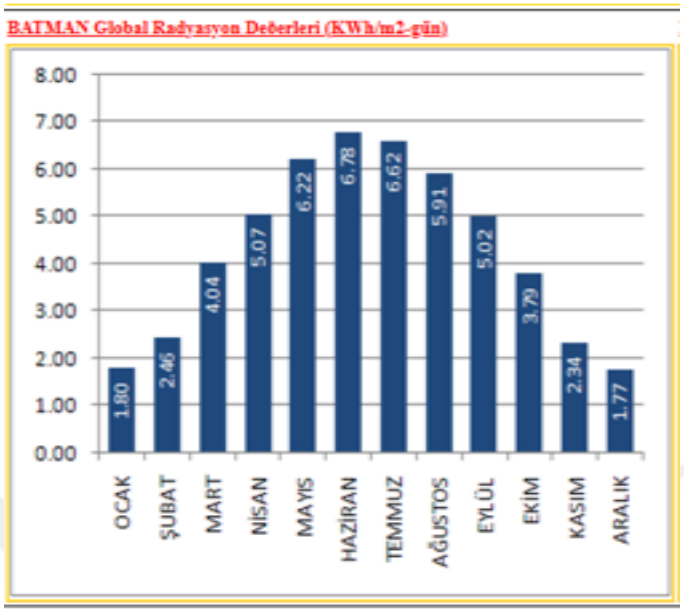


Şekil 5.1.: Batman İli Güneş Enerji Potansiyeli (web kaynak-3).

Şekil 5.1., bir bölgedeki yıllık toplam güneş radyasyonu miktarını gösteren bir renk ölçeğidir. Güneş radyasyonu, belirli bir yüzey alanına (metrekare) yıl boyunca düşen toplam enerji miktarı olarak ölçülmüş ve kilovat-saat (kWh/m²-yıl) cinsinden ifade edilmiştir. Görselde renk skalası, düşükten yükseğe doğru artan radyasyon miktarlarını temsil edecek şekilde düzenlenmiştir. En düşük radyasyon değeri olan 1400-1450 kWh/m²-yıl aralığı koyu mavi renkle gösterilmişken, radyasyon miktarı arttıkça renk skalasında sarı, turuncu gibi sıcak renklere geçiş yapılmış ve en yüksek radyasyon değeri olan 1800-2000 kWh/m²-yıl aralığı koyu kırmızı renkle ifade edilmiştir.

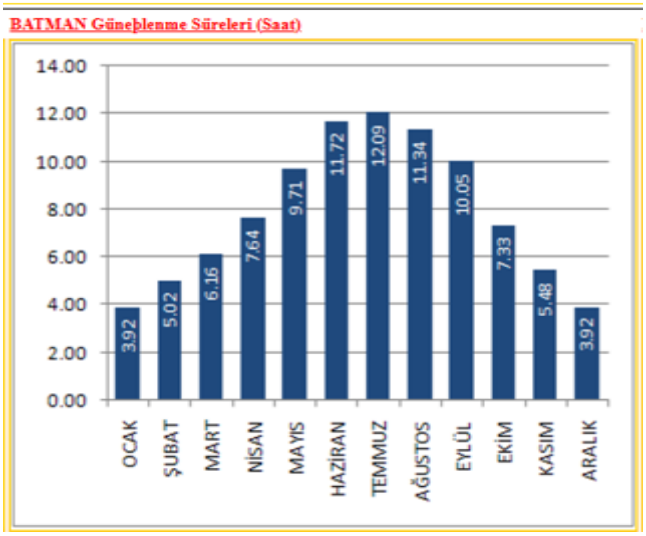
Bu tür bir ölçek, bir bölgenin güneş enerjisi potansiyelini anlamak için önemli bir araçtır. Örneğin, yüksek radyasyon değerleri güneş enerjisi sistemlerinin daha verimli çalışabileceği yerleri gösterir. Radyasyon değerlerinin artmasıyla birlikte renklerin daha

sıcak tonlara geçmesi, bu görselin kolayca anlaşılmasını sağlar; yüksek radyasyon bölgeleri, enerji üretimi için daha avantajlı alanları belirtir.



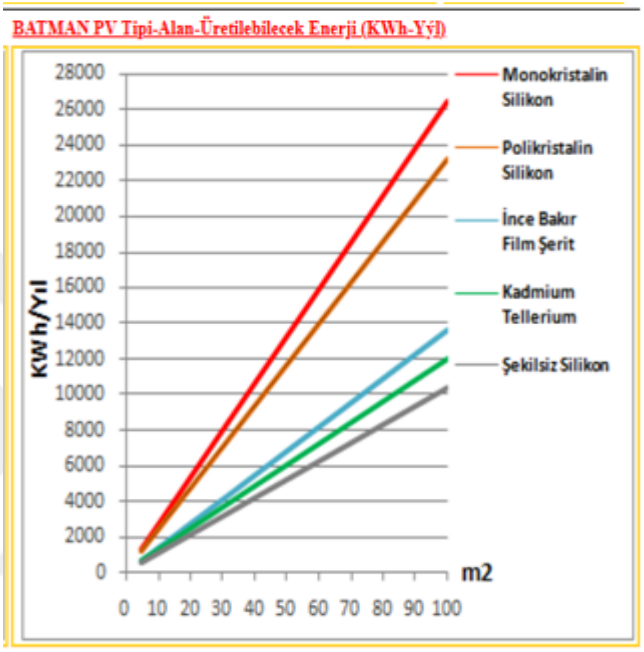
Şekil 5.2.: Batman global radyasyon değerleri (kWh/m^2-gün), (web kaynak-3).

Şekil 5.2. deki Veriler, Batman bölgesinin yaz aylarında yüksek güneş enerjisi üretim potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. az aylarındaki yüksek radyasyon değerleri, fotovoltaik sistemlerin maksimum verimlilikte çalışması için ideal koşulları sağlamaktadır. Bununla birlikte, kış aylarında enerji üretiminin azalması, diğer enerji kaynaklarıyla hibrit sistemlerin geliştirilmesi gerekliliğini ortaya koyabilir.



Şekil 5.3.: Batman güneşlenme süresi (saat), (web kaynak-3).

Şekil 5.3. deki veriler, haziran ve temmuz aylarında uzun güneşlenme süreleri, Batman bölgesinde güneş enerjisi sistemlerinin kurulum ve işletme maliyetlerinin kısa sürede karşılanabileceğini göstermektedir. Kış aylarında düşük güneşlenme süreleri, enerji depolama sistemlerinin veya hibrit enerji kaynaklarının kullanımını zorunlu kılmaktadır. Bölgedeki ortalama yıllık güneşlenme süresi, güneş enerjisi yatırımları için yeterli bir altyapı sağladığını göstermektedir.

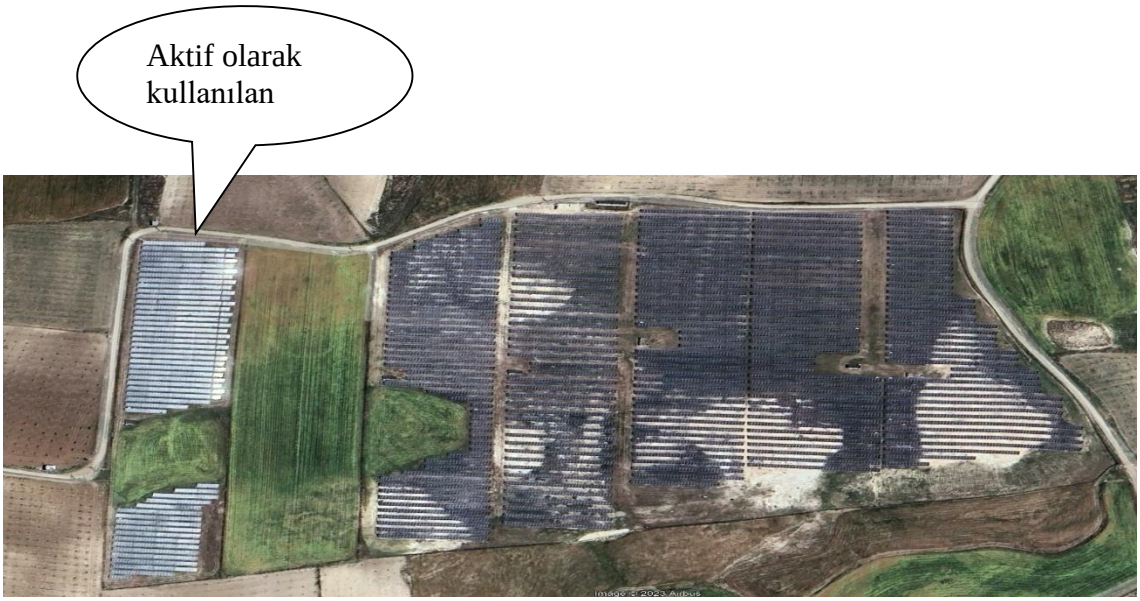


Şekil 5.4: Batman pv tipi alan-üretilebilecek enerji (kWh-yıl), (web kaynak-3).

Şekil 5.4. incelendiğinde Batman gibi uzun güneşlenme sürelerine ve yüksek radyasyon potansiyeline sahip bölgelerde, enerji üretim kapasitesini en üst düzeye çıkaran PV teknolojilerinin kullanımı öngörülmektedir.

6. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu tez çalışması başlıca dört aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamalar literatür taraması, güneş enerji sisteminin işlevi hakkında bilgilendirmeler, seçilen Batman iline bağlı Çevrimova köyünde bulunan Tuana isimli güneş enerjisi santralinin PVsyst 7.4 programına göre simülasyon çalışmasının yapılarak yorumlanması ve Batman ilinin mevsimsel verileri göz önünde bulundurularak gerekli analiz çalışmalarının yapılması safhalarıdır. Bu çalışmamız da Batman ili Çevrimova köyünde bulunan güneş enerji sistemi projesinin 2018-2023 yılları ve arasındaki zaman dilimleri de dahil edilerek güneş enerjisi santralleri yatırımlarının enerji analizi ve sıcaklık gibi faktörlerinde genellikle kullanılan PVsyst 7.4 simülasyon programının etkisiyle ortaya çıkan verilerin gerçek analiz verilerine uygunluğunun belirlenmesi amaçlanmaktadır. Sistem ile ilgili elimiz de bulunan 30 kw'lık bir güç ile çalışması, bahse konu proje alanı olan Çevrimova köyünde bulunan güneş enerjisi santralinde toplam 6 adet santral olduğunu ve sadece 1 adet santralin kullanıldığı, sistemde kullanılan panel açısının da $27^{O}C$ olduğu öğrenilmiştir. Tuana isimli bu santralde toplamda 23400 adet panel olduğu ve bu panellerden yaklaşık 3900 adetinin kullanıldığı da projenin bulunduğu alana ait olan uydu resmi ile görülmüştür.

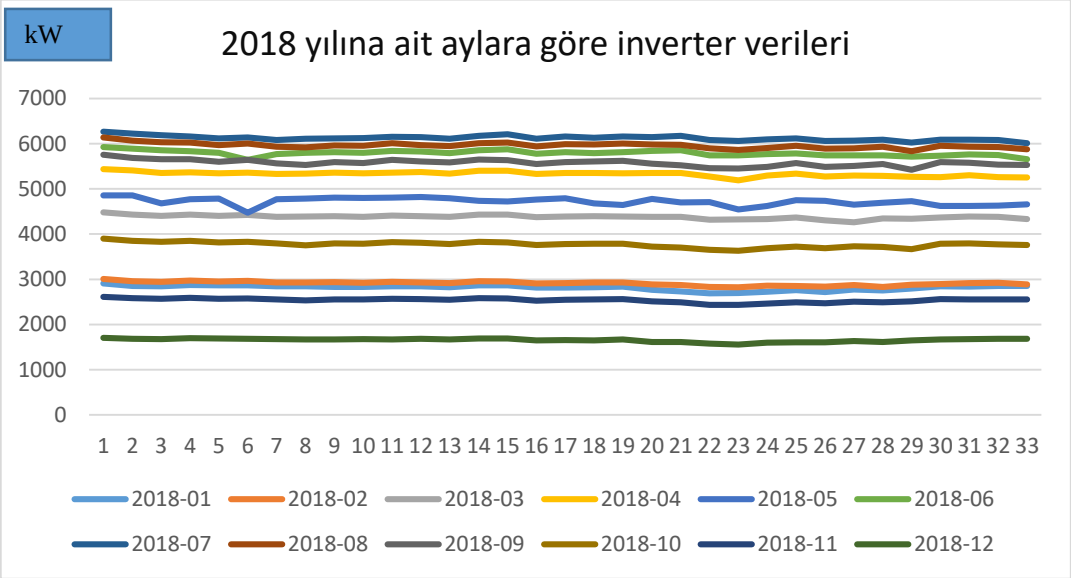


Şekil 6.1.: Tuana GES uydu görüntüsü (google earth).

Şekil 6.2.: Tuana GES resim.

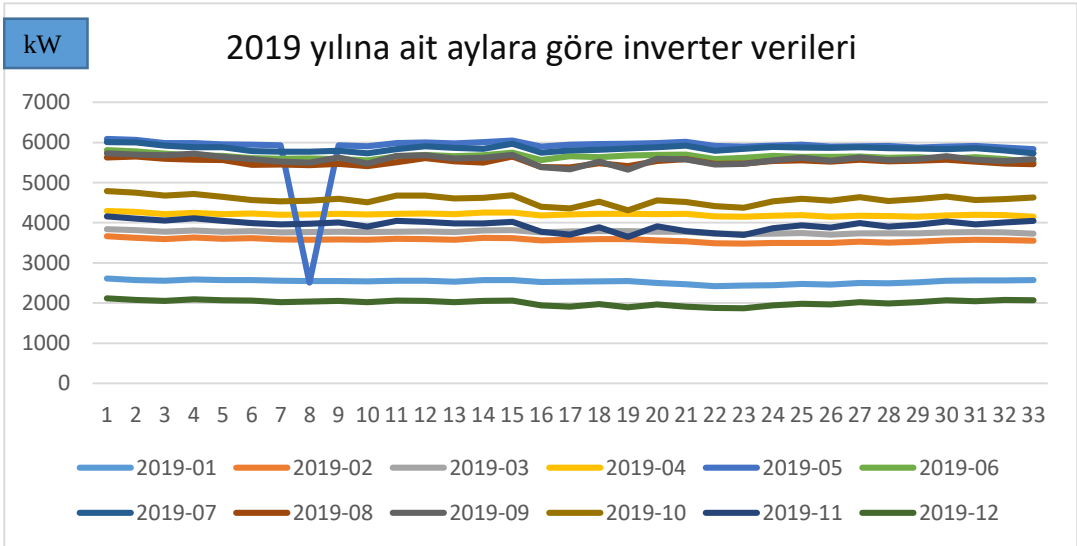
Şekil 6.3.: Tuana GES resim.

Tuana GES Projesinde Kullanılan 2018-2023 Yılları Arası İnverter Verileri Grafik Gösterimi



Şekil 6.4.: Tuana GES projesindeki 2018 yılına ait 33 adet inverter verilerinin grafiği.

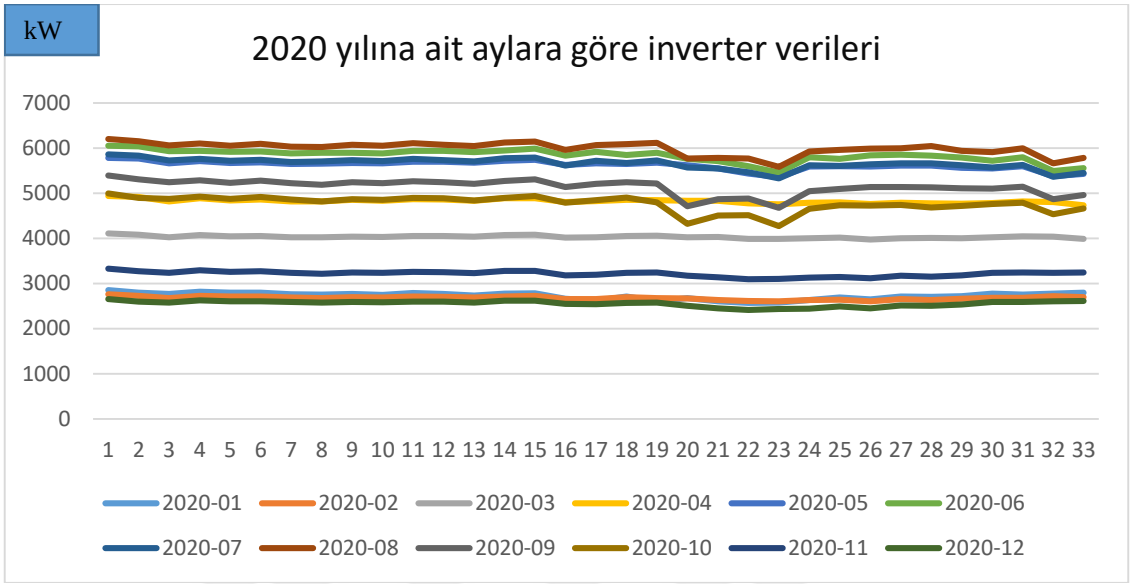
2018 yılına ait 01-33 numaralı inverter verileri genel anlamda incelendiğinde, en fazla enerji akışının temmuz ve ağustos aylarında gerçekleştiği görülmüştür. En yüksek inverter verisi ise 2018 yılının temmuz ayı ait inv-1 'e ait olan 6264,53 kwh değeridir. Ayrıca sistemde en düşük inverter verisi ise 2018 yılının aralık ayı inv-23' e ait 1559,32 kwh değeridir.



Şekil 6.5.: Tuana GES projesindeki 2019 yılına ait 33 adet inverter verilerinin grafiği.

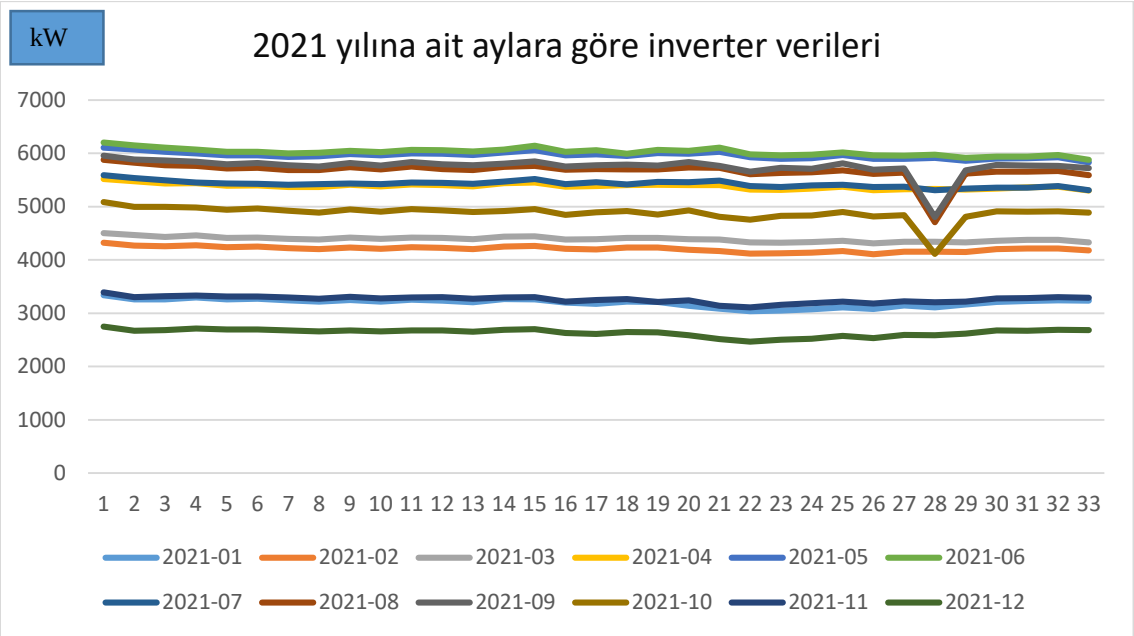
2019 yılına ait 01-33 numaralı inverter verileri genel anlamda incelendiğinde, en fazla enerji akışının mayıs ve temmuz aylarında gerçekleştiği görülmüştür. En yüksek

inverter verisi ise 2019 yılının mayıs ayı ait inv-1 ‘e ait olan 6089,36 kwh değeridir. Ayrıca sistemde en düşük inverter verisi ise 2019 yılının aralık ayı inv-23’ e ait 1869,09 kwh değeridir.



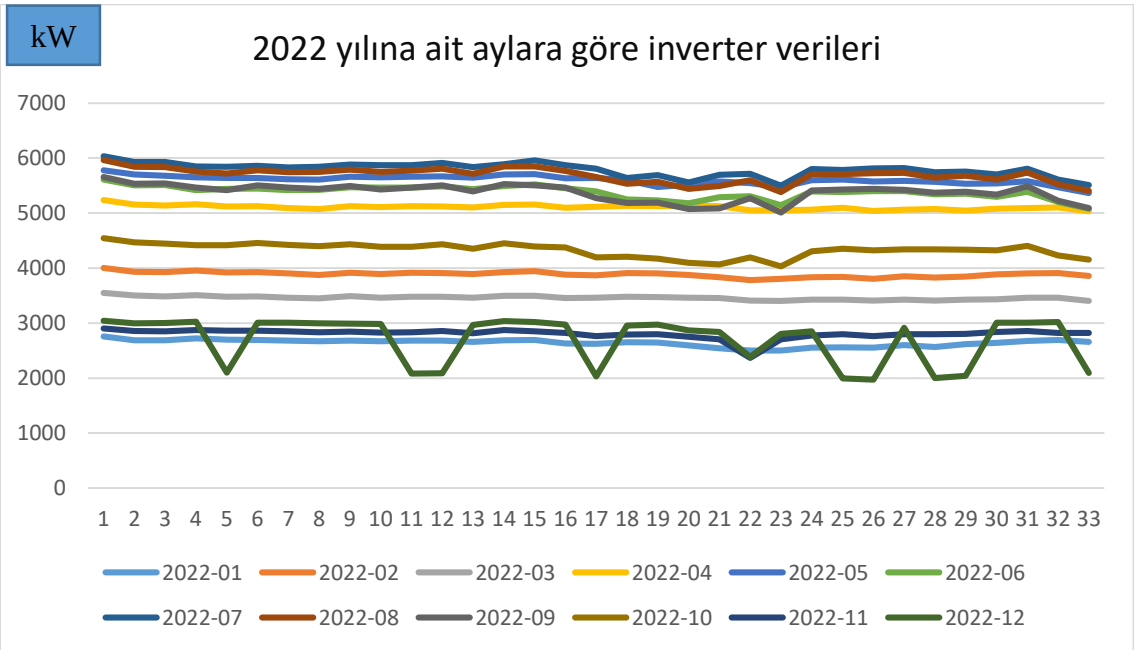
Şekil 6.6.: Tuana GES projesindeki 2020 yılına ait 33 adet inverter verilerinin grafiği.

2020 yılına ait 01-33 numaralı inverter verileri genel anlamda incelendiğinde, en fazla enerji akışının haziran ve ağustos aylarında gerçekleştiği görülmüştür. En yüksek inverter verisi ise 2020 yılının ağustos ayı ait inv-1 ‘e ait olan 6201,54 kwh değeridir. Ayrıca sistemde en düşük inverter verisi ise 2020 yılının aralık ayı inv-22’ e ait 2411,2 kwh değeridir.



Şekil 6.7.: Tuana GES projesindeki 2021 yılına ait 33 adet inverter verilerinin grafiği.

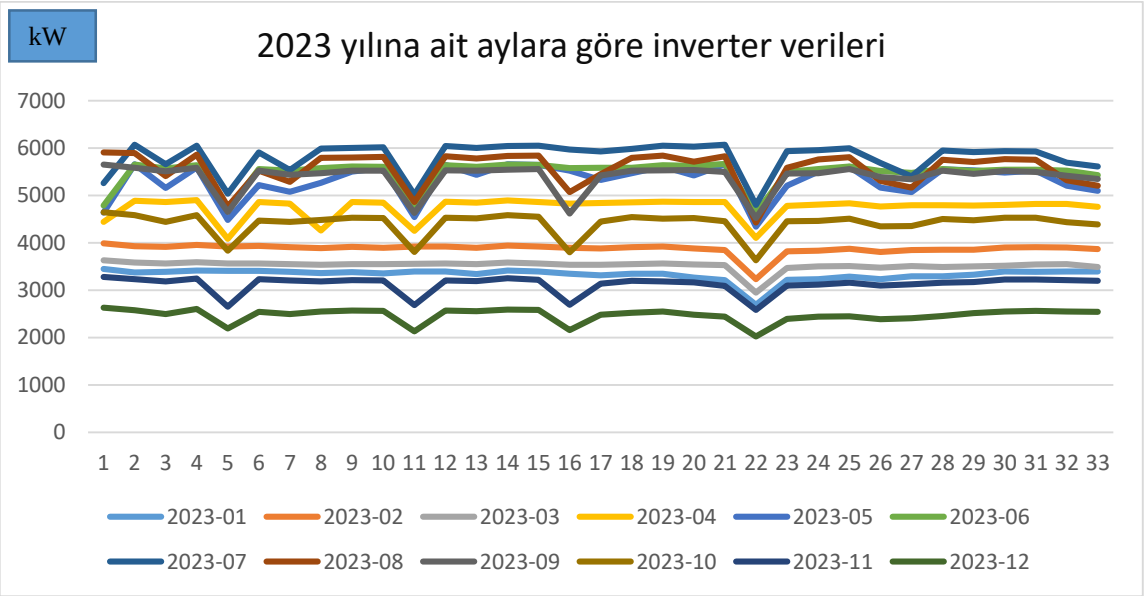
2021 yılına ait 01-33 numaralı inverter verileri genel anlamda incelendiğinde, en fazla enerji akışının mayıs ve haziran aylarında gerçekleştiği görülmüştür. En yüksek inverter verisi ise 2021 yılının haziran ayı ait inv-1 'e ait olan 6205,82 kWh değeridir. Ayrıca sistemde en düşük inverter verisi ise 2021 yılının aralık ayı inv-22' e ait 2469,72 kWh değeridir.



Şekil 6.8.: Tuana GES projesindeki 2022 yılına ait 33 adet inverter verilerinin grafiği.

2022 yılına ait 01-33 numaralı inverter verileri genel anlamda incelendiğinde, en fazla enerji akışının temmuz ve ağustos aylarında gerçekleştiği görülmüştür. En yüksek

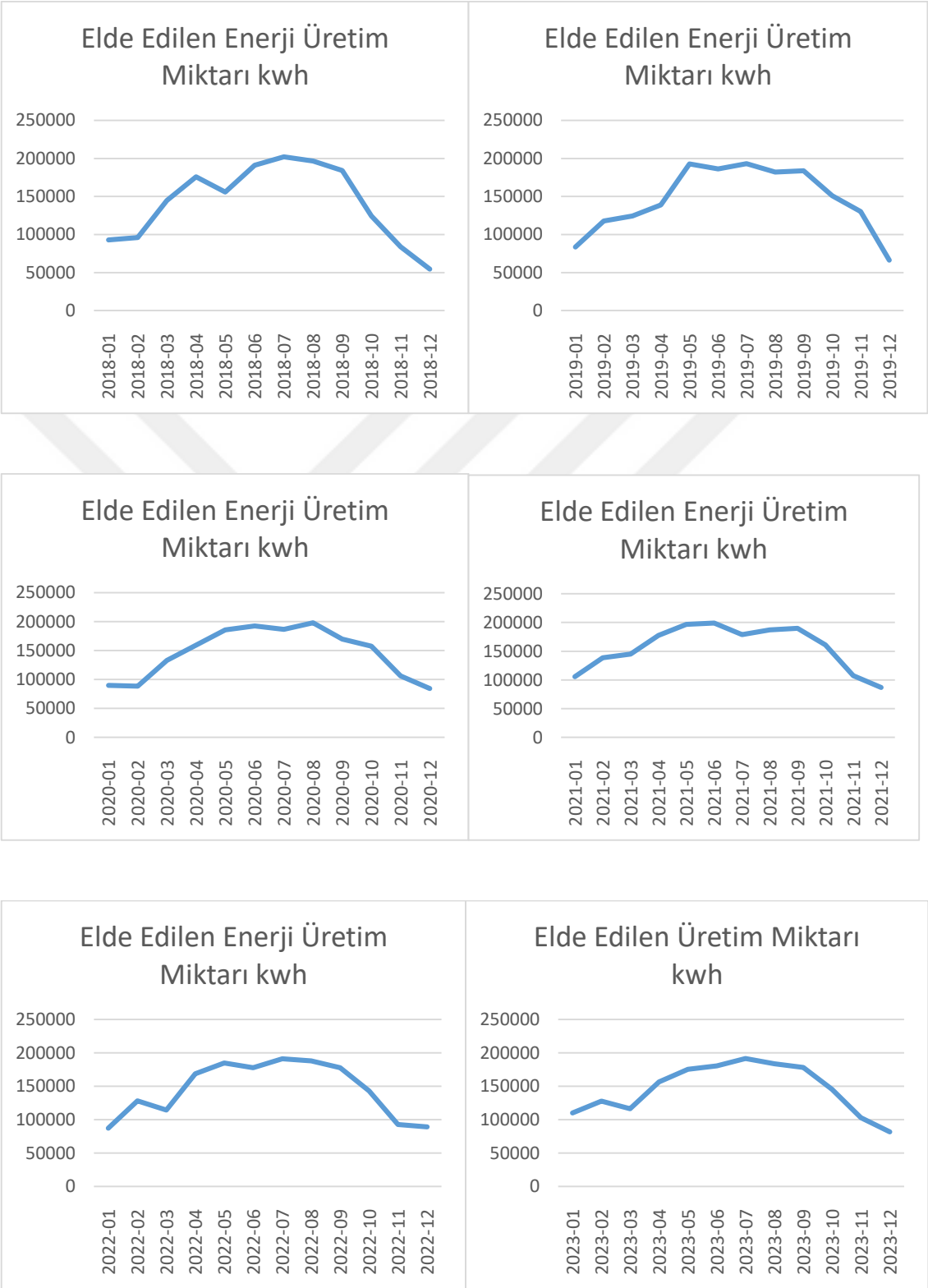
inverter verisi ise 2022 yılının temmuz ayı ait inv-1 ‘e ait olan 6035,9 kWh değeridir. Ayrıca sistemde en düşük inverter verisi ise 2022 yılının aralık ayı inv-26’ ya ait 1972,9 kWh değeridir.



Şekil 6.9.: Tuana GES projesindeki 2023 yılına ait 33 adet inverter verilerinin grafiği.

2023 yılına ait 01-33 numaralı inverter verileri genel anlamda incelendiğinde, en fazla enerji akışının temmuz ve ağustos aylarında gerçekleştiği görülmüştür. En yüksek inverter verisi ise 2023 yılının temmuz ayı ait inv-2 ‘e ait olan 6072,28 kWh değeridir. Ayrıca sistemde en düşük inverter verisi ise 2023 yılının aralık ayı inv-22’ ye ait 2025,06 kWh değeridir.

Tuana GES Projesinde Kullanılan 2018-2023 Yılları Arası Elde Edilen Enerji Üretim Miktarları



Şekil 6.10.: 2018-2023 yılları arası aylara göre elde edilen enerji üretim miktarları.

Batman ili Çevrimova köyünde bulunan Tuana güneş enerji sistemi projesinden sistemin 30 kW inverter gücü ile çalıştığını öğrenildi. Ayrıca sistemde 1 MW santralde 3900 adet güneş panelinin varlığı da öğrenilmiştir. Tuana güneş enerji sistemi projesinde elde edilen enerji üretim miktarları incelendiğinde ise, kış aylarında (ocak, şubat, kasım, aralık) üretimin genellikle düşük olduğu görülmüştür, bu da bu aylarda güneş ışınımının düşük olmasında kaynaklıdır. Özellikle ilkbahar ve yaz aylarında üretimin en yüksek seviyelere eriştiği gözlenmiştir. Bu durumda ilkbahar ve yaz aylarında güneş ışınımının yüksek olması ile ilgilidir.

2018-2023 yılları arasındaki elde edilen enerji miktarı incelendiğinde ortaya çıkan bir başka konuda yıl bazlı değişikliklerdir. 2018-2020 arasında aylık üretim kısmen artarken, 2021-2023 döneminde üretimde önemli değişiklikler görülmektedir. Özellikle 2021 yılında gözle görünür bir üretim artışı gözlemleniyor. Bu, güneş enerjisi panellerinin verimliliğinin artışından kaynaklanabilir. 2022 ve 2023 yıllarında bazı aylarda önceki yıllara göre düşüşler görülüyor. Mesela, mayıs 2023'te üretim önceki yıllara göre biraz daha düşüktür ancak genel üretim seviyesi hala güçlü bir performansı gösteriyor.

Genel olarak belirtmek gerekirse, güneş enerjisi santralinin üretimi, mevsimsel değişikliklere göre şekilleniyor ve genel olarak yaz aylarında daha yüksek, kış aylarında ise daha düşük olduğu görülmektedir. Yıllık bazda da üretim kapasitesinde artış görünmekte, fakat 2022 ve 2023 yıllarında bazı dalgalanmalar bulunmaktadır. Bu durum, hem panel verimliliği hem de hava koşulları gibi etmenlerden kaynaklanabilmektedir.

Son yıllarda nüfusun hızla artması, çevre kirliliği, küresel ısınma, fosil yakıtlarının tükenmesi gibi faktörler temiz ve çevre dostu kaynakların artmasına sebep olmuştur. Özellikle kullanım pratikliği ve erişilebilirlik açısında güneş enerjisi en çok kullanılan yenilenebilir enerji kaynakları arasında yer almaktadır. Bu çalışmamız da Batman ili Çevrimova köyünde bulunan güneş enerji sistemi ile alakalı PVsyst 7.4 simülasyon programını kullanarak ortaya çıkan verilerin elimizde mevcut 2018-2023 yıllarına ait gerçek analiz verilerine uygunluğunun belirlenmesi ve mevsimsel faktörler ile aralarındaki bağlantı uygunluğunun analiz edilmesi amaçlanmaktadır.

Pvsyst – Simülasyon Raporu

Şebekeye Bağlı Sistem

Proje 1: Modül zincirine göre boyutlandırmalı rapor

Varyant: 27°'lik simülasyon varyantı

Proje özeti

Coğrafi konum	Konum		Proje ayarları	
Çevrimova	Enlem	37.82 °N	Albedo	0.20
Turkey	Boylam	41.27 °E		
	Rakım	736 m		
	Saat dilimi	UTC+3		

Hava durumu verileri

Çevrimova

Meteonorm 8.1 (1985-2000), Sat=% 100 - Sentetik

Sistem özeti

Şebekeye bağlı sistem — **Dizi, tek sıra**

Kolektör düzleminin yönlendirmesi		Yakın gölgelemeler		Kullanıcı ihtiyaçları
Sabit düzlem		Modül zincirlerine göre		Sınırsız yükleme (şebeke)
Eğim/Azimut	27 / 0 °	Elektrik etki	100 %	

Sistem bilgisi

PV alanı		İnvertör	
Panel sayısı	3900 adet	Öğe sayısı	33 adet
Toplam nom. güç	1170 kWp	Toplam nom. güç	990 kWac
		Nom. güç oranı	1.182

Sonuçların özeti

Üretilen enerji	1849582 kWh/yıl	Üretilebilir	1581 kWh/kWp/yıl	Perf. oranı PR	71.94 %

Genel parametreler

Şebekeye bağlı sistem — **Dizi, tek sıra**

Kolektör düzleminin yönlendirmesi

Yönlendirme		**Dizi ayarları**		**Kullanılan modeller**	
Sabit düzlem		Dizi sayısı	33 adet	Transpozisyon	Perez
Eğim/Azimut	27 / 0 °	Dizi alan, basit		Difüz	Perez, Meteonorm
		Boyutlar		Circumsolar	ayrı
		Dizi aralığı	4.50 m		
		Kolektör eni	3.02 m		
		Arazi kullanım oranı (GCR)	67.2 %		
		Etkisiz üst şerit	0.02 m		
		Etkisiz alt şerit	0.02 m		
		Gölgeleme açı sınırı			
		Profil açı sınırı	37.7 °		

Ufuk	**Yakın gölgelemeler**		**Kullanıcı ihtiyaçları**
Ufuk tanımlanmadı	Modül zincirlerine göre		Sınırsız yükleme (şebeke)
	Elektrik etki	100 %	

Kolektör alanının özellikleri

PV modül		**İnvertör**	
Üretici	CW Enerji	Üretici	Huawei Technologies
Model	CWT300 - 60PM - V	Model	SUN2000-30KTL-M3-400V
(Orijinal PVsyst veritabanı)		(Orijinal PVsyst veritabanı)	
Birim gücü	300 Wp	Birim gücü	30.0 kWac
PV modül sayısı	3900 adet	İnvertör sayısı	33 adet
Nominal (STC)	1170 kWp	Toplam güç	990 kWac
Modül	195 Zincir x 20 Seri	Çalışma gerilimi	200-1000 V
İşletme şartlarında (50°C)		Maks güç (=>55°C)	33.0 kWac
Pmpp	1065 kWp	Nom. güç oranı (DC:AC)	1.18
U mpp	590 V	İnvertörde güç paylaşımı	
I mpp	1804 A		

Total PV gücü		**İnvertör toplam gücü**	
Nominal (STC)	1170 kWp	Toplam güç	990 kWac
Toplam	3900 modül	Maks güç	1089 kWac
Panel yüzeyi	6395 m²	İnvertör sayısı	33 adet
Hücre yüzeyi	5710 m²	Nom. güç oranı	1.18

Dizi kayıpları

Termal kayıp faktörü		**DC kablolama kaybı**		**Modül kalite kaybı**	
Işınıma göre modül sıcaklığı		Global alan direnci	5.4 mΩ	Kayıp oranı	-0.8 %
Uc (sabit)	20.0 W/m²K	Kayıp oranı	1.5 STC'de%		
Uv (rüzgar)	0.0 W/m²K/m/s				

Modül uyumsuzluk kaybı		**Dizi uyumsuzluk kaybı**	
Kayıp oranı	2.0 MPP'de%	Kayıp oranı	0.2 %

IAM kayıp faktörü

Yansıma etkisi (IAM): Fresnel, yansıma önleyici, n(cam)=1.526, n(AR)=1.290

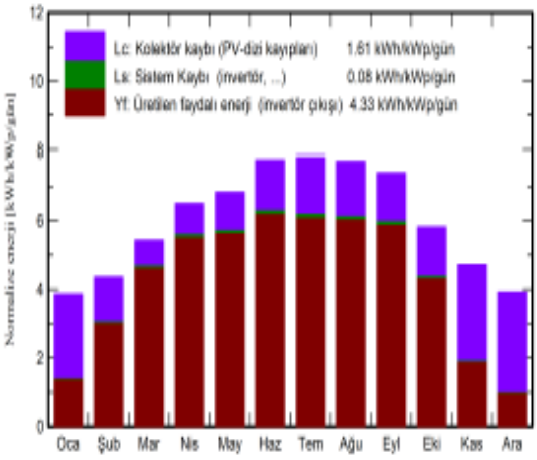
0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.999	0.987	0.962	0.892	0.816	0.681	0.440	0.000

Genel sonuçlar

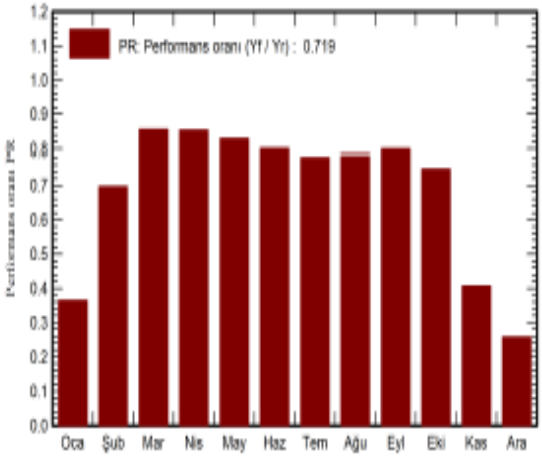
Sistem üretimi

Üretilen enerji	1849582 kWh/yıl	Üretilebilir	1581 kWh/kWp/yıl
		Perf. oranı PR	71.94 %

Normalize üretim (kWp başı)



Performans oranı PR



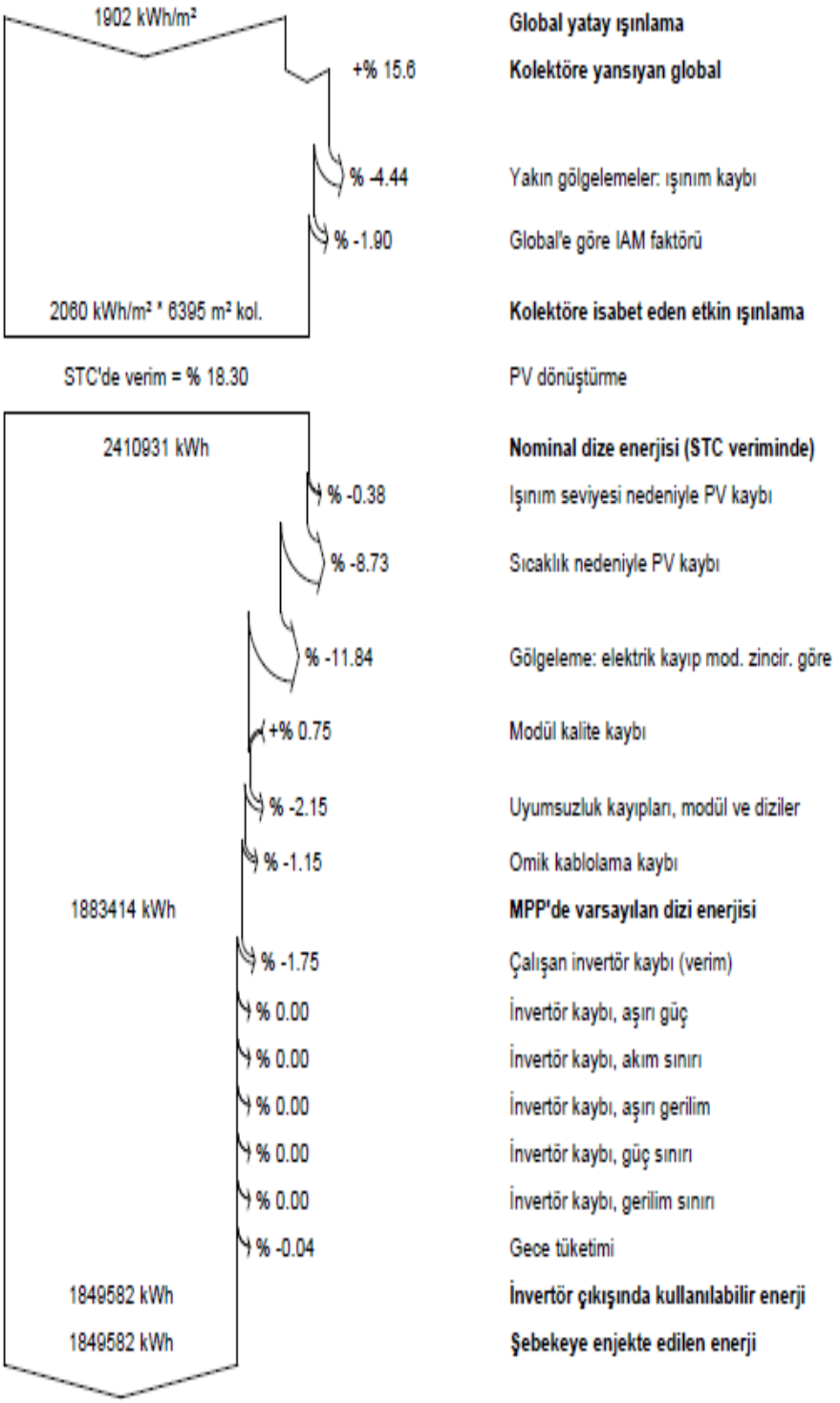
Bilanço ve genel sonuçlar

	GlobHor kWh/m²	DiffHor kWh/m²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray kWh	E_Grid kWh	PR oran
Ocak	77.4	31.77	2.53	119.8	100.8	52291	51124	0.365
Şubat	89.3	37.53	4.68	122.1	113.1	101453	99660	0.697
Mart	138.4	52.79	9.47	168.4	161.2	171637	168765	0.856
Nisan	177.8	61.48	13.82	194.9	186.8	198021	194673	0.854
Mayıs	213.4	70.04	19.49	211.9	202.4	209144	205519	0.829
Haziran	245.3	55.63	26.57	233.1	223.7	222628	218676	0.802
Temmuz	250.9	52.59	31.47	243.0	233.2	226137	221986	0.781
Ağustos	226.8	46.37	30.95	239.3	230.7	223931	219858	0.785
Eylül	185.1	34.43	25.07	221.6	214.1	211242	207482	0.800
Ekim	133.0	36.26	18.38	180.4	171.9	160659	157923	0.748
Kasım	90.8	27.40	9.56	141.5	123.2	68597	67261	0.406
Aralık	73.5	25.66	4.23	121.4	98.7	37670	36656	0.258
Yıl	1901.6	531.95	16.42	2197.4	2059.9	1883409	1849582	0.719

Açıklama

GlobHor	Global yatay ışınlama	EArray	Dizinin çıkışında etkin enerji
DiffHor	Yatay difüz ışınlama	E_Grid	Şebekeye enjekte edilen enerji
T_Amb	Çevre sıcaklığı	PR	Performans oranı
GlobInc	Kolektöre yansıyan global		
GlobEff	IAM ve gölgeleme için düzeltilmiş etkin Global		

Kayıplar diyagramı



Şebekeye Bağlı Sistem
Proje 2: Modül zincirine göre boyutlandırmalı rapor
Varyant: 33º'lik simülasyon varyantı

Proje özeti

Coğrafi konum	Konum		Proje ayarları	
Çevrimova	Enlem	37.82 °N	Albedo	0.20
Turkey	Boylam	41.27 °E		
	Rakım	738 m		
	Saat dilimi	UTC+3		

Hava durumu verileri

Çevrimova

Meteonorm 8.1 (1985-2000), Sat=% 100 - Sentetik

Sistem özeti

Şebekeye bağlı sistem — **Dizi, tek sıra**

Kolektör düzleminin yönlendirmesi		Yakın gölgelemeler		Kullanıcı ihtiyaçları
Sabit düzlem		Modül zincirlerine göre		Sınırsız yükleme (şebeke)
Eğim/Azimut	33 / 0 °	Elektrik etki	100 %	

Sistem bilgisi

PV alanı		İnvertör	
Panel sayısı	3900 adet	Öğe sayısı	33 adet
Toplam nom. güç	1170 kWp	Toplam nom. güç	990 kWac
		Nom. güç oranı	1.182

Sonuçların özeti

Üretilen enerji	1740952 kWh/yıl	Üretilebilir	1488 kWh/kWp/yıl	Perf. oranı PR	67.08 %

Genel parametreler

Şebekeye bağlı sistem

Dizi, tek sıra

Kolektör düzleminin yönlendirmesi

Yönlendirme		**Dizi ayarları**		**Kullanılan modeller**	
Sabit düzlem		Dizi sayısı	33 adet	Transpozisyon	Perez
Eğim/Azimut	33 / 0 °	Dizi alan, basit		Difüz	Perez, Meteonorm
		Boyutlar		Circumsolar	ayrı
		Dizi aralığı	4.50 m		
		Kolektör eni	3.02 m		
		Arazi kullanım oranı (GCR)	67.2 %		
		Etkisiz üst şerit	0.02 m		
		Etkisiz alt şerit	0.02 m		
		Gölgeleme açı sınırı			
		Profil açı sınırı	40.4 °		

Ufuk	**Yakın gölgelemeler**		**Kullanıcı ihtiyaçları**
Ufuk tanımlanmadı	Modül zincirlerine göre		Sınırsız yükleme (şebeke)
	Elektrik etki	100 %	

Kolektör alanının özellikleri

PV modül		**İnvertör**	
Üretici	CW Enerji	Üretici	Huawei Technologies
Model	CWT300 - 60PM - V	Model	SUN2000-30KTL-M3-400V
(Orijinal PVsyst veritabanı)		(Orijinal PVsyst veritabanı)	
Birim gücü	300 Wp	Birim gücü	30.0 kWac
PV modül sayısı	3900 adet	İnvertör sayısı	33 adet
Nominal (STC)	1170 kWp	Toplam güç	990 kWac
Modül	195 Zincir x 20 Seri	Çalışma gerilimi	200-1000 V
İşletme şartlarında (50°C)		Maks güç (=>55°C)	33.0 kWac
Pmpp	1065 kWp	Nom. güç oranı (DC:AC)	1.18
U mpp	590 V	İnvertörde güç paylaşımı	
I mpp	1804 A		

Total PV gücü		**İnvertör toplam gücü**	
Nominal (STC)	1170 kWp	Toplam güç	990 kWac
Toplam	3900 modül	Maks güç	1089 kWac
Panel yüzeyi	6395 m²	İnvertör sayısı	33 adet
Hücre yüzeyi	5710 m²	Nom. güç oranı	1.18

Dizi kayıpları

Termal kayıp faktörü		**DC kablolama kaybı**		**Modül kalite kaybı**	
Işınıma göre modül sıcaklığı		Global alan direnci	5.4 mΩ	Kayıp oranı	-0.8 %
Uc (sabit)	20.0 W/m²K	Kayıp oranı	1.5 STC'de%		
Uv (rüzgar)	0.0 W/m²K/m/s				

Modül uyumsuzluk kaybı		**Dizi uyumsuzluk kaybı**	
Kayıp oranı	2.0 MPP'de%	Kayıp oranı	0.2 %

IAM kayıp faktörü

Yansıma etkisi (IAM): Fresnel, yansıma önleyici, n(cam)=1.526, n(AR)=1.290

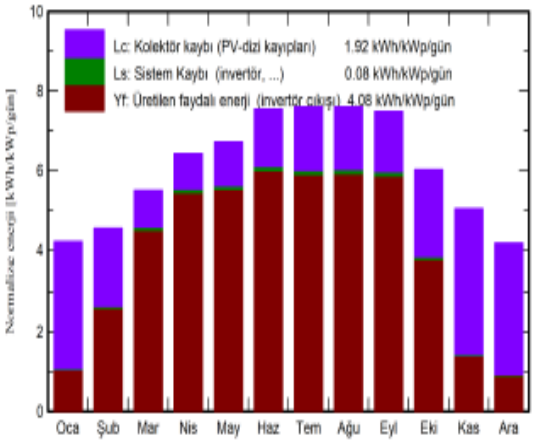
0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.999	0.987	0.962	0.892	0.816	0.681	0.440	0.000

Genel sonuçlar

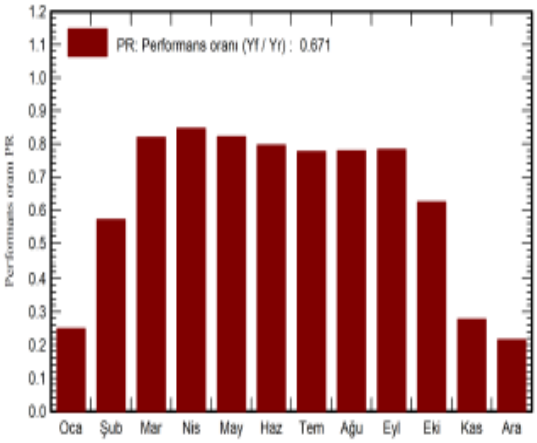
Sistem üretimi

Üretilen enerji	1740952 kWh/yıl	Üretilebilir	1488 kWh/kWp/yıl
		Perf. oranı PR	67.08 %

Normalize üretim (kWp başı)



Performans oranı PR



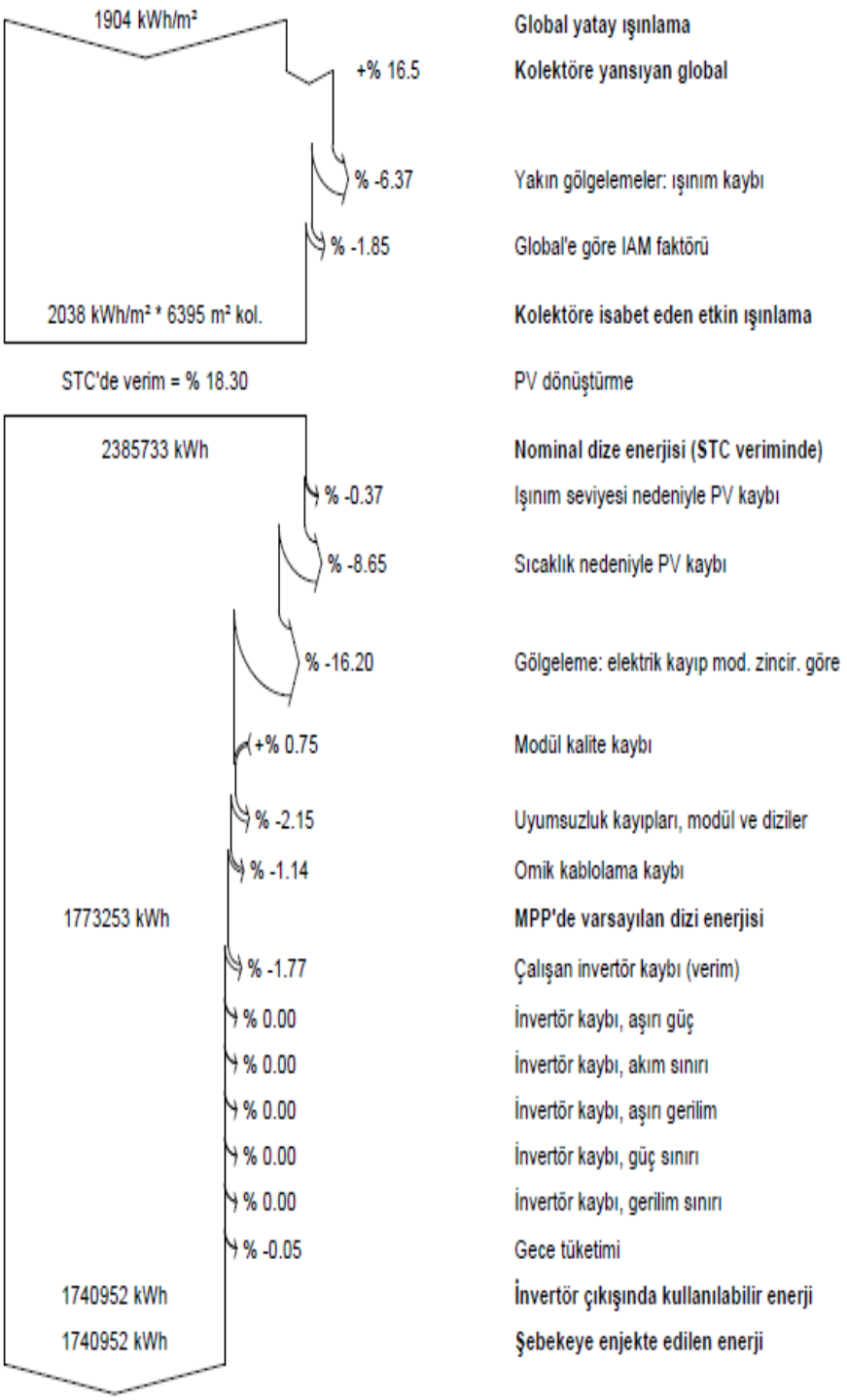
Bilanço ve genel sonuçlar

	GlobHor kWh/m²	DiffHor kWh/m²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray kWh	E_Grid kWh	PR oran
Ocak	77.3	26.23	2.20	130.5	103.7	39016	37987	0.249
Şubat	89.4	34.48	4.49	127.2	115.2	86666	85041	0.571
Mart	138.4	55.08	9.38	170.3	161.0	166035	163238	0.819
Nisan	177.7	67.44	13.79	192.8	182.9	194260	190999	0.847
Mayıs	213.5	74.26	19.50	208.1	196.6	203768	200266	0.822
Haziran	247.0	54.42	26.65	226.2	215.0	214434	210638	0.796
Temmuz	251.5	49.16	31.61	235.6	224.2	217999	214016	0.777
Ağustos	226.8	45.41	31.08	235.6	225.2	218710	214734	0.779
Eylül	185.0	35.35	25.12	224.6	215.6	209435	205683	0.783
Ekim	132.9	36.78	18.29	186.7	174.5	138975	136519	0.625
Kasım	90.8	26.07	9.48	151.1	125.4	50235	49082	0.278
Aralık	73.4	24.91	4.02	129.5	99.1	33720	32751	0.216
Yıl	1903.7	529.62	16.37	2218.2	2038.4	1773253	1740952	0.671

Açıklama

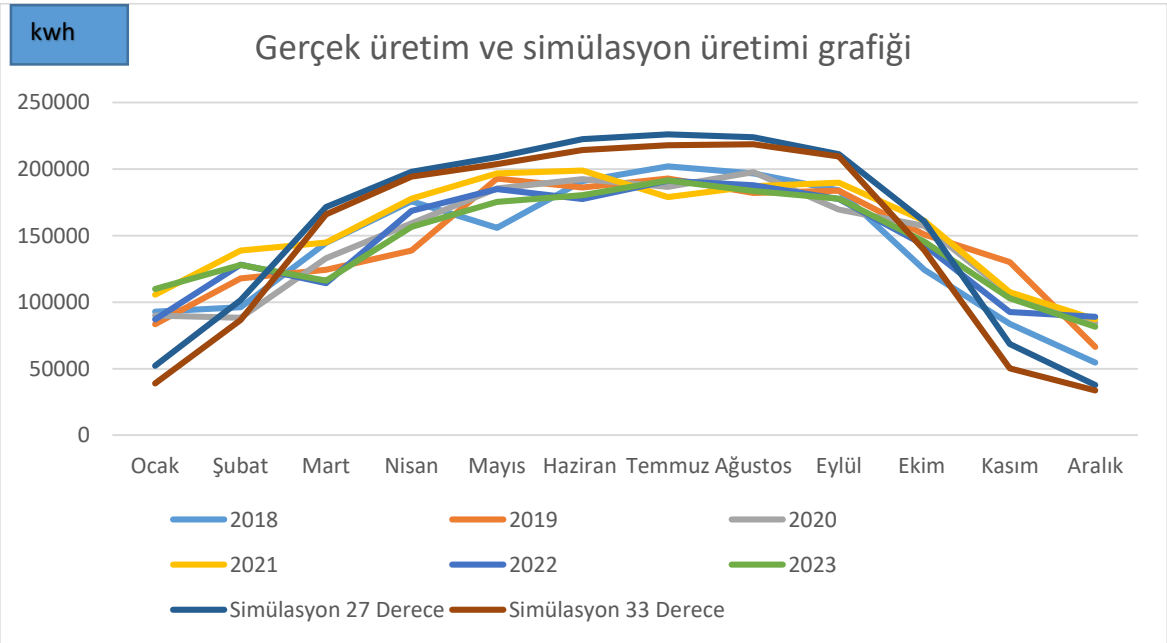
GlobHor	Global yatay ışınlama	EArray	Dizinin çıkışında etkin enerji
DiffHor	Yatay difüz ışınlama	E_Grid	Şebekeye enjekte edilen enerji
T_Amb	Çevre sıcaklığı	PR	Performans oranı
GlobInc	Kolektöre yansıyan global		
GlobEff	IAM ve gölgeleme için düzeltilmiş etkin Global		

Kayıplar diyagramı



6.1. Gerçek Üretim ve Simülasyon Üretimi Karşılaştırılması

Bu çalışma için üretilen gerçek enerjide kullanılan eğim derecesinin 27° olduğu bilinmektedir. Bu nedenle PVsyst programı ile gerçekleştirdiğimiz simülasyon çalışmasında 27°'lik ve 33°'lik açı kullanarak elde edilen simülasyon verileri ve 27°'lik gerçek üretim değerlerinin karşılaştırılması yapılmak istenmiştir.



Şekil 6.11.: Gerçek üretim ve simülasyon üretim grafiği.

Şekil 6.11.'de simülasyon 27°'nin temmuz ayına ait üretim miktarı 226137 kWh ile en yüksek üretim miktarına sahiptir. Simülasyon 33°'nin aralık ayına ait üretim miktarı 33720 kWh ile en düşük üretim miktarına sahiptir.

Şekil 6.11. incelendiğinde ise ekim-mart ayları arası verilerde 27°'lik simülasyon açısı gerçek veriler ile örtüşürken, 33°'lik simülasyon açıdaki verilerde ise diğer aylar ki yani ekim-mart arası dışında kalan veriler gerçek verilere daha yakın olduğu görülmektedir.

Şekil 6.11.'de görülen farklı dereceler için oluşan sapmaların daha iyi görebilmek için aylara göre gerçek üretim verilerinin ortalaması ile simülasyon sonuçları aşağıda bulunan Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1: Aylara göre gerçek üretim ve simülasyon üretim verileriyle yüzeysel sapma değerlerinin gösterimi.

Aylar	2018-2023 Yıllarına Ait Ortalama Üretim Değeri kWh	27º'lik Açıya Ait Simülasyon Üretim Değeri kWh	33º'lik Açıya Ait Simülasyon Üretim Değeri kWh
Ocak	94827,84	52291	39016
Şubat	116207,7	101453	86666
Mart	129556,3	171637	166035
Nisan	162784,8	198021	194260
Mayıs	181886,2	209144	203768
Haziran	187813	222628	214434
Temmuz	190589,6	226137	217999
Ağustos	189140,8	223931	218710
Eylül	180463,1	211242	209435
Ekim	147000,5	160659	138975
Kasım	103861,5	68597	50235
Aralık	77182,99	37670	33720
Toplam	**1761314**	**1883410**	**1773253**
Yüzdesel Sapma		**%6,9**	**%0,7**

Tablo 1'de gerçek ortalama üretim miktarına göre %6,9 oranının daha yüksek bir üretim değeri verdiği yani 27°'lik simülasyon açı gerçek üretimle kıyaslandığında daha fazla enerji üreteceğini tahmin edilmektedir ve bu sapma yüksek bir orana işaret ettiği için 27° simülasyon açısındaki simülasyon değerleri gerçek üretimi tam olarak yansıttığı söylenemez. Ancak 33º'lik simülasyon açıdaki % 0,7'lik sapma oranı sonuçlarının gerçek üretim verilerine daha doğru bir şekilde yaklaştığını ve dolayısıyla bu açının daha iyi bir tahmin değeri sunduğunu gösterir. Bu durum güneş enerjisi simülasyonları yaparken farklı aylarda farklı açıların daha iyi sonuç verebileceğini ve değişken açıların dikkate alınması gerektiğini göstermektedir.

Şekil 6.11. ve Tablo 1'deki veriler incelendiğinde, Şekil 6.11'de 27^0 açısındaki simülasyon verilerinin ekim-mart ayları arası verilerde gerçek veriler ile örtüştüğünü ve 33^0 açısındaki simülasyon verilerinin geri kalan aylardaki verilerin gerçek verilerle yakın olduğu belirtilmiştir. Tablo 1'de ise 33º'lik simülasyon açıdaki % 0,7'lik sapma oranı sonuçlarının gerçek üretim verilerine daha yakın olduğu görülmesi üzerine bu konu ile ilgili t-testi yaparak çalışmamızın amacı kapsamında en uygun sonuçları yorumlanmak istenmektedir. Çünkü Tuana güneş enerji sisteminin gerçek açısı 27^0'dir. Bu nedenle

sonuçların istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde fark edip etmediğini test etmek için istatistiksel t-testi kullanılmıştır.

T testi

T testi iki örnek arasındaki ortalamalar arasında fark olup olmaması hususunu belirtmek için kullanılmaktadır. Bu testi Tablo 1'de bulunan verilere göre önce 2018-2023 yıllarına ait gerçek üretim değeri ile $27^{0'}$lik simülasyon verilerine ait veriler ile daha sonra da 2018-2023 yıllarına ait gerçek üretim değeri ile $33^{0'}$lik simülasyon verilerine ait veriler ile yapılacaktır.

Tablo 2: T-testi için kullanılacak olan 2018-2023 yıllarına ait ortalama değerler ve 27^0 açıdaki simülasyon değerleri.

Aylar	2018-2023 Yıllarına Ait Ortalama Üretim Değeri kWh	27º'lik Açıya Ait Simülasyon Üretim Değeri kWh
Ocak	94827,84	52291
Şubat	116207,7	101453
Mart	129556,3	171637
Nisan	162784,8	198021
Mayıs	181886,2	209144
Haziran	187813	222628
Temmuz	190589,6	226137
Ağustos	189140,8	223931
Eylül	180463,1	211242
Ekim	147000,5	160659
Kasım	103861,5	68597
Aralık	77182,99	37670

Tablo 3: Tablo 2'de bulunan verileri t-testi analiz sonuçları.

	Gerçek Üretim Değeri	*27^0'lik Açıda Simülasyon Değeri*
Ortalama	146776,2	156950,8
Varyans	1,69E+09	5,2E+09
Gözlem	12	12
Pearson Korelasyonu	0,975354	
Öngörülen Ortalama Farkı	0	
df	11	
t Stat	-1,05986	
P(T<=t) tek-uçlu	0,155962	
t Kritik tek-uçlu	1,795885	
P(T<=t) iki-uçlu	0,311924	
t Kritik iki-uçlu	2,200985	

Tablo 4: T-testi için kullanılacak olan 2018-2023 yıllarına ait ortalama değerler ve 33^0 açıdaki simülasyon değerleri.

Aylar	2018-2023 Yıllarına Ait Ortalama Üretim Değeri kWh	33º'lik Açıya Ait Simülasyon Üretim Değeri kWh
Ocak	94827,84	39016
Şubat	116207,7	86666
Mart	129556,3	166035
Nisan	162784,8	194260
Mayıs	181886,2	203768
Haziran	187813	214434
Temmuz	190589,6	217999
Ağustos	189140,8	218710
Eylül	180463,1	209435
Ekim	147000,5	138975
Kasım	103861,5	50235
Aralık	77182,99	33720

Tablo 5: Tablo 4'de bulunan verilerin t-testi analiz sonuçları.

	Gerçek Üretim Miktarı	*33^0'lik Açıda Simülasyon Değeri*
Ortalama	146776,2	147771,1
Varyans	1,69E+09	5,64E+09
Gözlem	12	12
Pearson Korelasyonu	0,968723	
Öngörülen Ortalama Farkı	0	
df	11	
t Stat	-0,09402	
P(T<=t) tek-uçlu	0,46339	
t Kritik tek-uçlu	1,795885	
P(T<=t) iki-uçlu	0,926781	
t Kritik iki-uçlu	2,200985	

T testi sonuçları genel değerlendirme:

Ortalamalar:

- Gerçek Üretim: 146.776
- 27^0 Açıdaki Simülasyon Değeri: 156.950
- 33^0 Açıdaki Simülasyon Değeri: 147.771

Varyans (Değişkenlik):

- Gerçek Üretim: 1,69 milyar
- 27^0 Açıdaki Simülasyon Değeri: 5,2 milyar
- 33^0 Açıdaki Simülasyon Değeri: 5,64 milyar

Gözlem Sayısı:

- Her grupta 12 gözlem vardır. (n)

Pearson Korelasyonu:

- Gerçek üretim ile 27^0 açıdaki simülasyon değeri arasındaki t-testinde 0,975354,
- Gerçek üretim ile 33^0 açıdaki simülasyon değeri arasındaki t-testinde 0,969'dır.
- Bu değerler +1 değerine yakın olduğundan dolayı veriler arasında güçlü ve pozitif bir ilişki olduğunu gösterir.

Serbestlik Derecesi (df):

- 11 (n-1 şeklinde hesaplanır.)

t-İstatistiği (t Stat):

- Gerçek üretim ile 27^0 açıdaki simülasyon değeri arasındaki t-testinde -1,06. Bu, gerçek üretim ortalamasının simülasyon ortalamasından biraz düşük olduğunu gösteriyor.
- Gerçek üretim ile 33^0 açıdaki simülasyon değeri arasındaki t-testinde -0,094. Bu, Gerçek Üretim ortalamasının Simülasyon ortalamasına çok yakın olduğunu ve aralarında çok az fark olduğunu gösterir.

P-değeri (P(T<=t)):

- Gerçek üretim ile 27^0 açıdaki simülasyon değeri için,

- ✓ Tek uçlu test için: 0,156
- ✓ Çift uçlu test için: 0,312

- Gerçek üretim ile 33^0 açıdaki simülasyon değeri için,

- ✓ Tek uçlu test için: 0,463
- ✓ Çift uçlu test için: 0,927

Kritik t-değerleri:

- Gerçek üretim ile 27^0 açıdaki simülasyon değeri için,

- ✓ Tek uçlu test için: 1,796
- ✓ Çift uçlu test için: 2,201

- Gerçek üretim ile 33^0 açıdaki simülasyon değeri için,

- ✓ Tek uçlu test için: 1,796
- ✓ Çift uçlu test için: 2,201

Değerlendirme:

Sonuç olarak bu t-testinde %5 anlamlılık seviyesinde gerçek üretim ile simülasyon verileri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığını göstermektedir. Çünkü 0.05 değerinden yüksektir. Veri setleri arasında çok güçlü bir korelasyon vardır ancak ortalamalar arasında kayda değer bir fark bulunmamıştır.

6.2. Sıcaklık – Global Güneş Radyasyonu Değerleri – Gerçek Üretim Değerleri – Simülasyon Üretim Değerleri ile Korelasyon ve Regresyon Analizinin Yapılması

Tablo 6: 2018-2023 yılları arası mevsimsel veriler, üretim değerleri ve simülasyon verileri.

Aylar	2018-2023 Ortalama Sıcaklık Değerleri (^{0}C)	2018-2023 Arası Aylık Ortalama Global Radyasyon Değeri (kWh/m^2-gün)	2018-2023 Arası Aylık Ortalama Gerçek Üretim Miktarı (kWh)	Simülasyon Değeri 27 Derece (kWh)	Simülasyon Değeri 33 Derece (kWh)
Ocak	4,21	1,9	94827,84	52291	39016
Şubat	5,78	2,99	116207,7	101453	86666
Mart	9,46	3,49	129556,3	171637	166035
Nisan	14,4	5,48	162784,8	198021	194260
Mayıs	19,35	6,56	181886,2	209144	203768
Haziran	26,06	7,8	187813	222628	214434
Temmuz	29,56	7,78	190589,6	226137	217999
Ağustos	29,61	6,81	189140,8	223931	218710
Eylül	25,01	5,72	180463,1	211242	209435
Ekim	18,75	3,8	14700,5	160659	138975
Kasım	10,71	2,26	103861,5	68597	50235
Aralık	6,43	1,51	77182,99	37670	33720

Tablo 7: Korelasyon matrisi.

	Sıcaklık Değerleri (^{0}C)	*Global Radyasyon Değeri (kWh/m2-gün)*	*Gerçek Üretim Miktarı (kWh)*	*Simülasyon 27 Derece (kWh)*	*Simülasyon 33 Derece (kWh)*
Sıcaklık Değerleri (^{0}C)	1				
Global Radyasyon Değeri (kWh/m2-gün)	0,907564	1			
Gerçek Üretim Miktarı (kWh)	0,624567	0,794821	1		
Simülasyon Değeri 27 Derece (kWh)	0,861468	0,937452	0,70458	1	
Simülasyon Değeri 33 Derece (kWh)	0,852809	0,936221	0,735853	0,997063	1

Korelasyon matrisindeki değerler, iki değişken arasındaki ilişkinin gücünü ve yönünü gösterir. Korelasyon katsayısı -1 ile 1 arasında değişir:

- **1**: Mükemmel pozitif korelasyon. İki değişken arasında tam bir doğrusal ilişki vardır. Bir değişken arttığında diğeri de artar.

- **-1**: Mükemmel negatif korelasyon. İki değişken arasında tam bir ters doğrusal ilişki vardır. Bir değişken arttığında diğeri azalır.
- **0**: Korelasyon yok. İki değişken arasında doğrusal bir ilişki yoktur.

Korelasyon matrisi incelemesi

Bu korelasyon matrisi, güneş enerjisi üretimi ile çevresel faktörler arasındaki ilişkilerin önemli bir şekilde modellendiğini göstermektedir. Özellikle, global radyasyon değeri ve gerçek üretim arasındaki güçlü ilişki, güneş panelinin verimliliğini ve üretim kapasitesini artıran temel faktörün ışınım olduğunu işaret eder. Ayrıca, simülasyon değerleri ile gerçek üretim miktarları arasındaki yüksek korelasyonlar, simülasyonların genellikle doğru tahminler sunduğunu ve farklı sıcaklık koşullarının üretim üzerinde nasıl etkiler yarattığını anlamada yararlı olduğunu göstermektedir.

Bu korelasyonlar, güneş enerjisi projeleri için optimizasyon stratejileri geliştirilirken, çevresel faktörlerin dikkatle analiz edilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Özellikle sıcaklık ve ışınım arasındaki etkileşimlerin simülasyonlar üzerinden doğru bir şekilde anlaşılması, gelecekteki enerji üretim tahminlerinin doğruluğunu artırabilir.

Regresyon analizi

Regresyon analizini çalışmamızın bağımlı değişkeni olarak seçtiğimiz gerçek üretim verileri, simülasyon 27 derece için üretim verileri ve simülasyon 33 derece üretim verilerine göre yapacağız. Burada bağımsız değişkenler ise sıcaklık, global radyasyon değeridir.

1-Gerçek Üretim Değerine Göre Regresyon Analizi Raporu

Tablo 8: 2018-2023 yıllarına ait aylık ortalama gerçek üretim, sıcaklık, global radyasyon değerleri ve bu değerlere göre gerçekleştirilen regresyon analiz değerleri.

Aylar	2018-2023 Arası Aylık Ortalama Gerçek Üretim Miktarı (kWh)	2018-2023 Ortalama Sıcaklık Değerleri (^{0}C)	2018-2023 Arası Aylık Ortalama Global Radyasyon Değeri (kWh/m^2-gün)
Ocak	94827,84	4,21	1,9
Şubat	116207,7	5,78	2,99
Mart	129556,3	9,46	3,49
Nisan	162784,8	14,4	5,48
Mayıs	181886,2	19,35	6,56
Haziran	187813	26,06	7,8
Temmuz	190589,6	29,56	7,78
Ağustos	189140,8	29,61	6,81
Eylül	180463,1	25,01	5,72
Ekim	14700,5	18,75	3,8
Kasım	103861,5	10,71	2,26
Aralık	77182,99	6,43	1,51

Regresyon İstatistikleri

İstatistik	Değer
Çoklu R	0,9755
R Kare	0,9516
Ayarlı R Kare	0,9409
Standart Hata	10006,53
Gözlem Sayısı	12

ANOVA

Kaynak	df	SS	MS	F	Anlamlılık F
Regresyon	2	17.735.540.679	8.867.770.340	88,56	1,20E-06
Fark	9	901.175.190,4	100.130.576,7		
Toplam	11	18.636.715.869			

Katsayılar ve Güven Aralıkları

Değişken	Katsayılar	Standart Hata	t İstatistiği	P-değeri	Düşük %95	Yüksek %95	Düşük 95,0%
Kesişim	65922,40	6824,40	9,66	4,77E-06	50484,53	81360,27	50484,53
Sıcaklık	886,16	763,50	1,16	0,2756	-841,00	2613,33	-841,00
Global Radyasyon	14146,36	3133,97	4,51	0,0015	7056,83	21235,89	7056,83

Gerçek Üretim Değerine Göre Regresyon Denklemi

Y = 65922,40 + 886,16*Sıcaklık + 14146,36*Global Radyasyon

- PVsyst raporunun 27 ^{0}C'lik simülasyon verilerine ait ortalama sıcaklık miktarı:16,35 ^{0}C
- PVsyst raporunun 27 ^{0}C'lik simülasyon verilerine ait global radyasyon değeri: 5,19 kWh/m^2-gün'dür.
- Y: 65922,40+886,16*16,35+14146,36*5,19
- Regrasyon denklemine göre hesapladığımızda gerçek üretim değeri (Y):153830,72 kWh'dir.
- PVsyst raporunun 33 ^{0}C'lik simülasyon verilerine ait ortalama sıcaklık miktarı:16,30 ^{0}C
- PVsyst raporunun 33 ^{0}C'lik simülasyon verilerine ait global radyasyon değeri: 5,20 kWh/m^2-gün'dür.
- Y:65922,40+886,16*16,30+14146,36*5,20
- Regrasyon denklemine göre hesapladığımızda gerçek üretim değeri (Y):153927,88 kWh'dir.
- Tuana güneş enerjisi sistemi projesinde gerçek üretim değerinin ortalama üretim miktarı: 146776,6 kWh'dir.

2-27 ^{0}C'lik Simülasyon Değerine Göre Regresyon Analiz Raporu

Tablo 9: 27 derece açıya sahip simülasyon değerleri, 2018-2023 yıllarına ait aylık ortalama sıcaklık, global radyasyon değerleri ve bu değerlere göre gerçekleştirilen regresyon analiz değerleri.

Aylar	27 ^{O}C'lik Simülasyon Üretim Değeri (kWh)	2018-2023 Ortalama Sıcaklık Değerleri (^{0}C)	2018-2023 Arası Aylık Ortalama Global Radyasyon Değeri (kWh/m^2-gün)
Ocak	52291	4,21	1,9
Şubat	101453	5,78	2,99
Mart	171637	9,46	3,49
Nisan	198021	14,4	5,48
Mayıs	209144	19,35	6,56
Haziran	222628	26,06	7,8
Temmuz	226137	29,56	7,78
Ağustos	223931	29,61	6,81
Eylül	211242	25,01	5,72
Ekim	160659	18,75	3,8
Kasım	68597	10,71	2,26
Aralık	37670	6,43	1,51

Aşağıda regresyon modeli ile ilgili temel istatistikler verilmiştir:

- Çoklu R: 0.9378
- R Kare: 0.8795
- Ayarlanmış R Kare: 0.8527
- Standart Hata: 27688.49
- Gözlem Sayısı: 12

ANOVA Tablosu

ANOVA analizi, modelin genel anlamlılığını değerlendirmek için yapılmıştır. F istatistiği ve anlamlılık düzeyi (p-değeri) aşağıda özetlenmiştir:

Kaynak	df	SS	MS	F
Regresyon	2	5.03E+10	2.52E+10	32.83
Hata	9	6.90E+09	7.67E+08	
Toplam	11	5.72E+10		

Katsayılar ve Regresyon Denklemi

Modeldeki değişkenlere ait katsayılar, standart hatalar, t istatistikleri ve p-değerleri aşağıdaki tabloda verilmiştir. Bu değerler yardımıyla regresyon denklemi oluşturulmuştur.

Değişken	Katsayılar	Standart Hata	t Stat	P-değeri	95% Güven Aralığı
Kesişim	19425.31	18883.42	1.03	0.3305	(-23291.95, 62142.56)
Sıcaklık	463.85	2112.65	0.22	0.8311	(-4315.28, 5242.99)
Global Radyasyon Değeri	27769.09	8671.83	3.20	0.0108	(8152.06, 47386.13)

Regresyon denklemi aşağıdaki gibi oluşturulmuştur:

Y = 19425.31 + 463.85 * Sıcaklık + 27769.09 * Global Radyasyon Değeri

- Tuana güneş enerji sistemine ait ortalama sıcaklık değeri: 16,61 ^{0}C
- Tuana güneş enerji sistemine ait ortalama global radyasyon değeri: 4,67 kWh/m^2-gün'dür.
- Y=19425,31+463,85*16,61+27769,09*4,67
- Y=156811,50 kWh'dir.
- 27^{0}C'lik simülasyon raporunun PVsyst programında çıkan asıl verisi 156950,8 kWh'dir.

3-33 ^{0}C'lik Simülasyon Değerine Göre Regresyon Analiz Raporu

Tablo 10: 27 derece açıya sahip simülasyon değerleri, 2018-2023 yıllarına ait aylık ortalama sıcaklık, global radyasyon değerleri ve bu değerlere göre gerçekleştirilen regresyon analiz değerleri.

Aylar	33 ^{O}C'lik Simülasyon Üretim Değeri (kWh)	2018-2023 Ortalama Sıcaklık Değerleri (^{0}C)	2018-2023 Arası Aylık Ortalama Global Radyasyon Değeri (kWh/m^2-gün)
Ocak	39016	4,21	1,9
Şubat	86666	5,78	2,99
Mart	166035	9,46	3,49
Nisan	194260	14,4	5,48
Mayıs	203768	19,35	6,56
Haziran	214434	26,06	7,8
Temmuz	217999	29,56	7,78
Ağustos	218710	29,61	6,81
Eylül	209435	25,01	5,72
Ekim	138975	18,75	3,8
Kasım	50235	10,71	2,26
Aralık	33720	6,43	1,51

Aşağıda regresyon modeli ile ilgili temel istatistikler verilmiştir:

- Çoklu R: 0.9363
- R Kare: 0.8766
- Ayarlanmış R Kare: 0.8491
- Standart Hata: 29160.50
- Gözlem Sayısı: 12

ANOVA Tablosu

ANOVA analizi, modelin genel anlamlılığını değerlendirmek için yapılmıştır. F istatistiği ve anlamlılık düzeyi (p-değeri) aşağıda özetlenmiştir:

Kaynak	df	SS	MS	F
Regresyon	2	5.43E+10	2.72E+10	31.96
Hata	9	7.65E+09	8.50E+08	
Toplam	11	6.20E+10		

Katsayılar ve Regresyon Denklemi

Modeldeki değişkenlere ait katsayılar, standart hatalar, t istatistikleri ve p-değerleri aşağıdaki tabloda verilmiştir. Bu değerler yardımıyla regresyon denklemi oluşturulmuştur.

Değişken	Katsayılar	Standart Hata	t Stat	P-değeri	95% Güven Aralığı
Kesişim	4557.21	19887.32	0.23	0.8239	(-40431.04, 49545.46)
Sıcaklık	141.51	2224.96	0.06	0.9507	(-4891.70, 5174.73)
Global Radyasyon Değeri	30131.16	9132.85	3.30	0.0092	(9471.22, 50791.11)

Regresyon denklemi aşağıdaki gibi oluşturulmuştur:

Y = 4557.21 + 141.51 * Sıcaklık + 30131.16 * Global Radyasyon Değeri

- Tuana güneş enerji sistemine ait ortalama sıcaklık değeri: 16,61 ^{0}C
- Tuana güneş enerji sistemine ait ortalama global radyasyon değeri: 4,67 kWh/m^{2}-gün'dür.
- Y=4557,21+141,51*16,61+30131,16*4,67
- Y=147620,20
- 33^{0}C'lik simülasyon raporunun PVsyst programında çıkan asıl verisi 147771,1 kWh'dir.

7. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, Tuana güneş enerji sistemi projesinde üretilen enerji miktarının yıllık toplam değeri 1.761.314,22 kWh olarak hesaplanmıştır. PVsyst 7.4 programında ise yapılan hesaplar neticesinde Tuana güneş enerji sistemi için elde edilen ortalama toplam değer 2.094.658,33 kWh olarak hesaplanmıştır. GES projelerinde ideal eğim açısı bölge lokasyonunun enlem ve mevsim durumuna göre 15°C eklenip çıkarılmak suretiyle hesaplanmaktadır.

Yapılan bilimsel araştırma sonuçlarına göre, Türkiye'de güneş enerjisi üretiminde en verimli iki bölge Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve Akdeniz Bölgesi'dir. Tuana güneş enerji sistemi projesinin yapıldığı Batman ili de Güneydoğu Anadolu Bölgemiz de yer almaktadır. Sistemdeki gerçek veriler ile simülasyon verileri karşılaştırıldığında gerçek eğimi 27 derece olan Tuana güneş enerji sistemi projesinin, 33 derecelik simülasyon verilerine ait yaz ayları değerlerinin ve 27 derecelik simülasyon verilerine ait kış ayları değerlerinin gerçek verilere daha yakın olduğu gözlemlenmiştir. Bunun duruma neden olan etkenler hava koşulları, tesisin bulunduğu arazi konumu ve şartları ya da sistemden kaynaklanacak ufak hatalar gibi durumlar olabilir. Daha sonra gerçek veriler ile simülasyon verileri karşılaştırmada kullandığımız t-testinde bu değerler arası anlamlı bir farklılık olmadığı görülmüştür, bu durumunda değerlerin birbirine yakın olması ve veri setlerinin birbirine benzemesinden kaynaklı olduğu düşünülebilir. Konu ile ilgili yapılan korelasyon ve regresyon matrislerinde ise sistemdeki bütün verilerin arasında güçlü ve pozitif ilişki olduğu görülmüştür. Genel olarak araştırma sonuçlarımızda elde ettiğimiz durum tam manasıyla birbirinde zıt bir durumda değildir aksine bu çalışmadaki veriler arasında bir paralellik söz konusudur. Bu durumunda yaptığımız simülasyon çalışmasında kullandığımız verilerin gerçek veriler için kullanılan durumların ile birebir örtüştürerek yapılmasından kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

Batman ili genel anlamda yaz aylarında sıcak ve kurak bir iklime sahip olduğundan bu enerjinin olumlu miktarı direk olarak Batman ilinin Güney Doğu Anadolu Bölgesinde kalmasından kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Çünkü GES projesinde kullanılacak bölge iklimi tek başına yetmez daha başka olarak GES de kullanılan arazi için de önemli şartlar bulunmaktadır, örneğin arazi güney cepheye bakmalı, trafo merkezine yakın olmalı, yakınında yollar bulunmalı, arazinin jeolojik yapısı GES için uygun olmalıdır. Batman ili Çevrimova köyünde bulunan Tuana GES projesinin arazi kabataslak incelendiğinde ise yanında yol olduğu ancak proje arazinin sadece bir

tarafından geçtiği, trafonun ise bazı güneş panellerine uzak kaldığı görülmüştür. Ancak elde edilen enerji miktarını sonuç olarak yorumlamak gerekirse 30 kW'lık güneş enerjisi sistemi, ömür boyu yılda ortalama 50.000 kWh elektrik üretir, Tuana GES projesinde ise 1.761.314,21 kWh enerji üretilmiştir. Bu tesisin verimli olarak çalışmasının göstergesi olduğu gibi sistemdeki inverter miktarının, arazinin doğru kullanılmasının etkisinden kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca Tuana güneş enerji sistemi incelendiğinde 2019 yılının mayıs ayına ait inv-08 verisinin ortalama 4000-5000 olması gereken değer aralığının 2507,53 olduğu görülmüştür. Bu durum sistemdeki panellerin bakım ve kontrollerinin aksamasından kaynaklı olduğu tahmin edilmektedir. Sonuç olarak, bu çalışma, güneş enerjisi üretiminde çevresel faktörlerin etkisini kapsamlı bir şekilde ortaya koymuş ve simülasyon ile gerçek verilerin değerlendirilmesi yoluyla sistem performansının iyileştirilmesine yönelik öneriler sunmuştur.

8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Sonuç olarak, Batman ili Çevrimova Köyü'nde kurulan Tuana GES projesi elektrik üretimi açısından (ortalama: 1.761.314,21 kWh) oldukça verimli bir sistem olduğu düşünülmektedir. Bu çalışmamız da yaptığımız PVsyst simülasyon programında ise Tuana GES projesinde bulunan elektrik üretim (ortalama: 2.094.658,33) miktarının arttığı görülmüştür. Bu artışın ortaya çıkmasında ise sistemde var olan sabit eğim açısının 27 ^{o}C olması ve tez çalışmamız da ise sabit eğim açısının 33 ^{o}C olarak kullanılmasından kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Bu çalışmamızda eğimin 33 ^{o}C seçilmesindeki amaçlardan biri de Batmanın enlem durumudur, enlem durumuna göre Batman ilinin enlem koordinatları arasındakinde ara mesafe alınarak çalışma için sabit bir açı tespit ederek artan eğimin yaz ve kış aylarında sabit kullanılması ile sistem üzerindeki verimi tespit etmek istenilmiş ve sonuç olarak da 33°'lik simülasyon açıdaki % 0,7'lik sapma oranı sonuçlarının gerçek üretim verilerine daha yakın olduğu görülmüştür. Tuana güneş enerji sistemi projesinde elde edilen enerji üretim miktarları incelendiğinde ise, kış aylarında (ocak, şubat, kasım, aralık) üretimin genellikle düşük olduğu görülmüştür, bu da bu aylarda güneş ışınımının düşük olmasında kaynaklıdır. Özellikle ilkbahar ve yaz aylarında üretimin en yüksek seviyelere eriştiği gözlenmiştir. Bu durumda ilkbahar ve yaz aylarında güneş ışınımının yüksek olması ile ilgilidir. T testinde sistemdeki veriler arasında anlamlı bir fark olmayışı, korelasyon matrisinde elde edilen değerlerin 0 ile +1 arasında olması ve özellikle +1 değerinde yakın olması, yapılan regresyon analizlerinde R kare değerlerinin +1 değerine yakın olması den yüksek olması bu veriler arasındaki simülasyon ve gerçek üretimlerinin, mevsimsel faktörlerinin değerlerinin birbirine yakın olmasından kaynaklı olduğu görülmüştür. Çalışma verimini daha çok artırmak için projenin yürütüldüğü arazi konumuna göre eğim belirlenmesinin ve arazinin çevresel, mevsimsel faktörlerinin önemli olduğu düşünülmektedir. Sistemde bulunan paneller, inverterler ve diğer bütün mekanik parçaların bakım ve tamirinin eksiksiz yapılması sistemdeki üretim verimini artmasına katkı sağlayacaktır.

Tuana GES projesinde yaklaşık 6 adet santral ve toplam 23400 adet panel bulunmaktadır. Bu sistem de üretilen enerji miktarı verimli olsa bile bu santrallerden sadece 1 tanesi ve 3900 adet paneli kullanılmaktadır. Bu sistemin 6 adet santralinin kullanılması ve eğim açısının hava koşullarına göre belirlenmesi sistemin üretim miktarına ve bulunduğu ile yüksek katkılar sağlayacağı önerilmektedir.

KAYNAKLAR

Acar, E., 2014, Bir Yoğunlaştırılmış Güneş Enerjisi Santrali İçin Organik Rankıne Çevrimi Dizaynı ve Modellemesi, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü*, İstanbul, 7-8.

Acar, M., 2022, Edirne İli Güneş Enerji Potansiyelinin Araştırılması ve Örnek Bir Güneş Enerji Santrali Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Edirne, 3-18.

Akar, A., 2016, Bir Güneş Enerji Santralinin Kurulumu ve Performansının Analizi, Yüksek Lisans Tezi, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ, 68-73.

Akcan, E., Kuncan, M., Minaz M.R., 2020, PVsyst Yazılımı İle 30 KW Şebekeye Bağlı Fotovoltaik Sistemin Modellenmesi ve Simülasyonu, Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi Sayı 18, S. 248-261, Mart-Nisan 2020.

Akdağ, O., Yeroğlu C., 2019, Malatya Yöresi İçin Örnek Bir Güneş Santrali Modelinin Benzetimi ve Şebekeye Etkilerinin İncelenmesi, Araştırma Makalesi, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi 7(3), 552 – 560, 2019 e-ISSN: 1308-6693.

Aksangör, N.N., Martin, K., Boran K., 2019, PVsyst Simülasyon Aracı Kullanarak Ankara'da Fotovoltaik Güneş Sistemlerin Performans Analizi, SETSCI Conference Proceedings, 4(1):217-220, 2019.

Aksu, M., 2021, Güneş Enerjisi Santrali Yatırımlarının Ekonomik Analizi, Doktora Tezi, *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, 7-10.

Alkan, S., Ateş, Y., 2020, Çatı Üzeri Doğu-Batı Optimizerli Güneş Enerji Sisteminin Güney Yönelimli Sisteme Göre Üretim Değerlendirmesi ve Ekonomik Analizi, Araştırma Makalesi, Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi Sayı 19, S. 375-385, Ağustos 2020.

Arslan, M., 2022, Güneş Enerji Santrallerinin Simülasyon ile Üretim Verilerinin Karşılaştırılması ve Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Konya Teknik Üniversitesi, *Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*, Konya, 50-51.

Asma. B., 2022, Arazi Tipi Güneş Enerji Santrallerinin Verimlilik Analizi: Konya Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Konya Teknik Üniversitesi, *Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*, Konya, 22.

Atalay Ayran, Z., Aslan Y.,2020, Kütahya İli Güneş Enerji Potansiyelinin Araştırılması ve Örnek Bir Güneş Enerji Santralinin Ekonomik Analizi, Araştırma Makalesi, Journal of Scientific Reports-C, Sayı 1, 17-37, Haziran 2020.

Avcıoğlu A.O., 2017, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Teknolojileri Dersi-5, Sayfa 14.

Ay, E., Pamuk, N., 2023, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Farabi Yerleşkesindeki Elektrik Enerjisi İhtiyacının Güneş Enerjisi Santralleri Kurularak Elde Edilmesi ve Ekonomik Analizi, Black Sea Journal of Engineering and Science, Araştırma Makalesi Cilt 6 - Sayı 3: 173-184, Temmuz 2023.

Ayaz, E., Hocaoğlu, F., 2019, Afyonkarahisar Bölgesinde Tesis Edilen Gerçek Bir Güneş Enerji Sisteminde Gölge Analizi Yapılması, Şırnak Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi , 1 (1) , 41-57.

Bahadır M.B., 2019, Güneş Enerjisi Destekli Bir Organik Rankine Çevriminin Simülasyonu ve Analizi, Yüksek Lisans Tezi, *Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Antalya, 1-7.

Bolat, M., Arifoğlu, U., Demiryürek, H.K., 2020, Lebit Enerji Güneş Santralinin Pvsyst Programı İle Analizi, BEÜ Fen Bilimleri Dergisi Araştırma Makalesi, 9 (3), 1351-1363, 2020.

Ceylan, O., Taşdelen K., 2018, Isparta İli İçin Fotovoltaik Programlarının Simülasyon Sonuçlarının Doğruluğunun İncelenmesi, Araştırma Makalesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi,18(2018) 015201 (895-903), DOİ: 10.5578/fmbd.67547.

Cezim C., 2013, TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası Eğitim ve Seminer Etkinlikleri, Fotovoltaik Sistemler ve Uygulamaları.

Çınaroğlu, M.S., Nalbantoğlu, M., 2021, Şebekeye Bağlı Üç Adet Fotovoltaik Enerji Santralinin PVsyst Programı İle Analizi: Kilis Örneği, Araştırma Makalesi, El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi Cilt: 8, No: 2, 2021 (675-687).

Dal, A.R., 2021, Yat Limanlarındaki Güneş Enerji Santralleri Panel Eğim Açısı Değişiminin Elektrik Üretimi Açısından İncelenmesi, Araştırma Makalesi, Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 9 (2021) 1113-1127.

Dal, A.R., Yılmaz, F., 2020, Ticari Bir Yat Limanının Elektrik İhtiyacının Fotovoltaik (PV) Teknoloji İle Karşılanmasına Yönelik Bir İnceleme, Araştırma Makalesi, Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Cilt 25, Sayı 3, 1189-1203, 2020.

Demiryürek, H.K., 2018, 200 Kwp Kurulu Güçteki Lebit Enerji Güneş Santralinin PVsyst İle Tasarımı ve Üretim Değerleri İle Simülasyon Değerlerinin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya, 1-13.

Dinçer, F., 2011, Çevresel Faktörlerin Güneş Paneline Etkisinin Matlab/Simulink Programında Modellenmesi ve Simülasyonu, Yüksek Lisans Tezi, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Van, 15-30.

Doğan S., 2018, Şebeke Etkileşimli Fotovoltaik Güç Sistemlerinin İncelenmesi ve Simülasyonu, Yüksek Lisans Tezi, *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kocaeli, 5-20.

Duraklar, K., Yıldırım, K., Çınar, O.A., 2022, Güneş Enerji Santrali Uygulamalarında Meslek Eğitimine Bir Bakış Ve Örnek Bir Uygulama Modeli Tasarımı, Mesleki Bilimler Dergisi 10 (1): 11-18, Aralık 2022.

Erken, C., 2022, Çift Taraflı Fotovoltaik Güç Santrallerinin Edirne İli İklim Şartları İçin Simülasyonu ve Ekonomik Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Edirne, 16-40.

Erkoç, R., 2019, Güneş Enerji Santrallerinin Modellenmesi, Ekonomik Analizi ve Değerlendirme: Almanya ve Türkiye Uygulamaları, Yüksek Lisans Tezi, *Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ordu, 13.

Girgin, M.H., 2011, Bir Fotovoltaik Güneş Enerjisi Santralinin Fizibilitesi, Karaman Bölgesinde 5 MW'lık Güneş Enerjisi Santrali İçin Enerji Üretim Değerlendirmesi ve Ekonomik Analizi, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü*, İstanbul, 5-67.

Gökalp, E., 2018, Optimal Bağlantı Kriterlerine Göre Güneş Enerji Santrallerinin Şebeke Entegrasyonu ve Ada Modunda Çalışmada Kritik Yüklerin Enerjilendirilmesi, Araştırma Makalesi, Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi Sayı 14, S.306-314, Aralık 2018.

Güneli, S.S., Arserim, M.A., Kenanoğlu R., 2019, Dicle Üniversitesi Güneş Enerji Santralinin Şebeke İle Paralel Çalışmasında Olası Adalaşma Probleminin Matlab Simülasyon Ortamında Değerlendirilmesi, Araştırma Makalesi, DÜMF Mühendislik Dergisi 10:3 (2019) : 863-877.

Haydaroğlu, C., Gümüş, B., 2016, Dicle Üniversitesi Güneş Enerjisi Santralinin PVsyst ile simülasyonu ve Performans Parametrelerinin Değerlendirilmesi, Mühendislik Dergisi, Cilt:7, Sayı:3,491-500, Eylül 2016.

https://acikders.ankara.edu.tr/mod/resource/view.php?id=69635 (08.03.2024).

https://ayekuluslararasidanismanlik.com/csp-gunes-takip-pv-enerji-sistemleri/ (04.03.2024).

https://enerji.gov.tr (14.03.2024).

https://moduled.com.tr/gunes-pili-nedir-nasil-calisir/ (14.03.2024).

https://tr.wikipedia.org/wiki/T%C3%BCrkiye%27de_g%C3%BCne%C5%9F_enerjisi (16.03.2024).

https://www.elektrikrehberiniz.com/elektrik/gunes-pili-nedir-5666/ (08.03.2024).

https://www.slideserve.com/haviva-craft/g-ne-enerj-s (13.02.2024 23.42).

https://www.yesilodak.com/gunes-ekilen-yeni-nesil-tarlalar-gunes-enerjisi-santralleri- (04.03.2024 Saat:13:05).

İşler, Y.S., Muhsin, M.S., 2018, Güneş Enerjisi Santrallerinde Sehpa Seçiminin Performansa Etkisinin Analiz Edilmesi ve Sıcaklık Analizi, Araştırma Makalesi, El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi Cilt: 6, No: 1, 2019 (97-107).

Kahraman, D., 2010, Güneş Enerjisi Kaynaklı Elektrik Üretiminin Teknik-Ekonomik Analizi ve Yöresel Uygulamaları, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 69-95.

Kara, G., 2022, Bir Çatı Tipi Güneş Enerjisi Santrali İçin Projelendirme ve Karşılaştırmalı Analiz, Yüksek Lisans Tezi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, *Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*, Isparta, 30-84.

Karpuz G., 2020, Türk Mühendis ve Mimarlar Odası Birliği Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Odası Makale, Güneş Paneli Üretiminde Kullanılan Yarı İletken Malzemeler.

Keskin, A., Martin, K., Boran, K., 2019, Niğde İli Güneş Enerji Santrali Modellemesi ve Performans Parametreleri Değerlendirmesi, SETSCI Conference Proceedings, 4(1):213-216, 2019.

Kınalı, M.Y., 2019, Güneş Enerjisi Simülasyon Programlarının Gerçek Verilerle Doğruluk Analizi, Konya Teknik Üniversitesi, *Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*, Konya, 44.

Koçak, M.E., 2018, Büyükçekmece İlçesindeki Güneş Enerji Santralinin Tasarımı ve Ekonomik Analizi, Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya, 55-57.

Korkmaz, M., 2019, Fotovoltaik Bir Sistemin Farklı Açı ve Oryantasyonda Karşılaştırmalı Enerji Üretim Simülasyonu ve Analizi, Yüksek Lisans Tezi, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 2-19.

Mutluay, B., 2016, Bir Fotovoltaik Güç Santrali Tasarımının Sistem Simülasyonu ve Teknoekonomik Fizibilitesi, Yüksek Lisans Tezi, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ, 18-31.

Özdemir, V., 2003, Binaların Isıl Performanslarının Değerlendirilmesinde Enerji Modelleme ve Simülasyon, Teknoloji, Cilt 6, (2003), Sayı 3-4, 87-93.

Özkoca, M.İ., 2019, Kojenerasyon ve Güneş Enerjisinin Bütünleştirildiği Hibrit Sistemin Ekonomik ve Emisyon Analizi, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü*, İstanbul, 10-29.

Öztürk, H., 2021, Bir Güneş Enerji Santralinin Üretim İle Simülasyon Değerlerinin Karşılaştırılması ve Kayıp Analizi: Beştepe Enerji Örneği, Yüksek Lisans Tezi, *Hasan Kalyoncu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Gaziantep, 16-26.

Sancar, M.R., Altınkaynak, M., 2021, Isparta İli İçin Farklı Çatı Tiplerinde Tasarlanan Fotovoltaik Sistemlerin Karşılaştırılması, Araştırma Makalesi, Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi Özel Sayı 32, S. 1024-1028, Aralık 2021.

Sarı, V., Özyiğit, F.Y., 2020, Sivas İlinin Farklı İlçelerinde Şebeke Bağlantılı Güneş Enerjisi Santrallerinin Tasarımı ve Analizi, 2020, Araştırma Makalesi, Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi Sayı 20, S. 425-437, Aralık 2020.

Soğukpınar, F., Erkal, G., Özer, H., 2021, Simülasyon Yaklaşımıyla Türkiye'de Yenilenebilir Enerjiye Dayalı Elektrik Talebi Öngörüsü, Araştırma Makalesi, Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi, Cilt:18, Sayı:42, 5314-5344.

Souleymen, A.S., Özgür, M.A., 2022, Moritanya'da Güneş Enerjisinden Elektrik Üretiminin Optimizasyonu ve Fizibilitesi: Nuakşot, Nema ve Wadan Şehirleri İçin Örnek Çalışma, Araştırma Makalesi, Souleymen&Özgür/Kırklareli University Journal of Engineering and Science 8-2 (2022) 357-375.

Şahin, Z.R., Dinçer, F., Yılmaz, A.S., 2022, 4 Kişilik Bir Ailenin Elektrik Enerjisi İhtiyacı İçin Şebeke Bağlantılı Güneş Enerjisi Santrali Tasarımı ve Simülasyonu, Araştırma Makalesi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 25(Özel Sayı), 46-56.

Şensoy, S., 2020, Kategorik Değişkenler Arası İlişki Katsayılarının Simülasyon Yoluyla Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ordu, 36.

Tanış, Z., Altıntaş, N., 2023, Elazığ İlinde Şebekeye Bağlı 1036,8 Kwp Fotovoltaik Güneş Enerjisi Santralinin Ölçülen ve Simüle Edilen Performans Verilerinin Analizi, Araştırma Makalesi, EMO Bilimsel Dergi 2023 Cilt:13 Sayı: 2, 71-89.

Towsend T. U., A Method For Estımatıng The Long-Term Performance Of Dırect-Coupled Photovoltaıc Systems, Wisconsin Üniversitesi, Master Tezi, 1989.

Tezcan M., 2001, Düzlemsel Güneş Kollektörleri ve Verim Hesaplamaları, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, Sayfa 4.

Tozkoparan, C., 2021, Çatı Tipi Güneş Enerjisi Santrallerinde Optimizer Kullanımının Üretim Verimliliği, Güvenlik ve Maliyet Bakımından Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kocaeli, 10-12.

Tunçez, H.O., 2022, Çatı Üstü Güneş Enerji Santrallerinde Verimliliği Etkileyen Faktörlerin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Konya Teknik Üniversitesi, *Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*, Konya, 27-30.

Turan, M.T., Ateş, Y., Gökalp, E., 2018, Enerji Dağıtım Sistemlerinde Güneş Enerji Santrali Entegrasyonu ve Röle Koordinasyonu, Araştırma Makalesi, Enerjisi Dönüşümü Özel Sayısı, Yıl:2018, Cilt:8, Sayı:1.

Turan, O., 2022, 1 MWp Kapasiteli Çatı Tipi Dağıtık Güneş Enerji Santralinin Tasarımı ve Simülasyon Uygulaması, Araştırma Makalesi, Fırat Üniversitesi Müh. Bil. Dergisi 34(2), 609-626, 2022.

Tutaşı, C.C., 2018, Güneş Enerjisinden Isı ve Elektrik Eldesinin Tekno-Ekonomik Simülasyonu: Örnek Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, *Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 43-45.

Uçkan, G., 2018, Güneş Enerjisi Destekli Jeotermal Santrallerinin Bilgisayar Tabanlı Modellemesi ve Simülasyonu, Doktora Tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, 31-34.

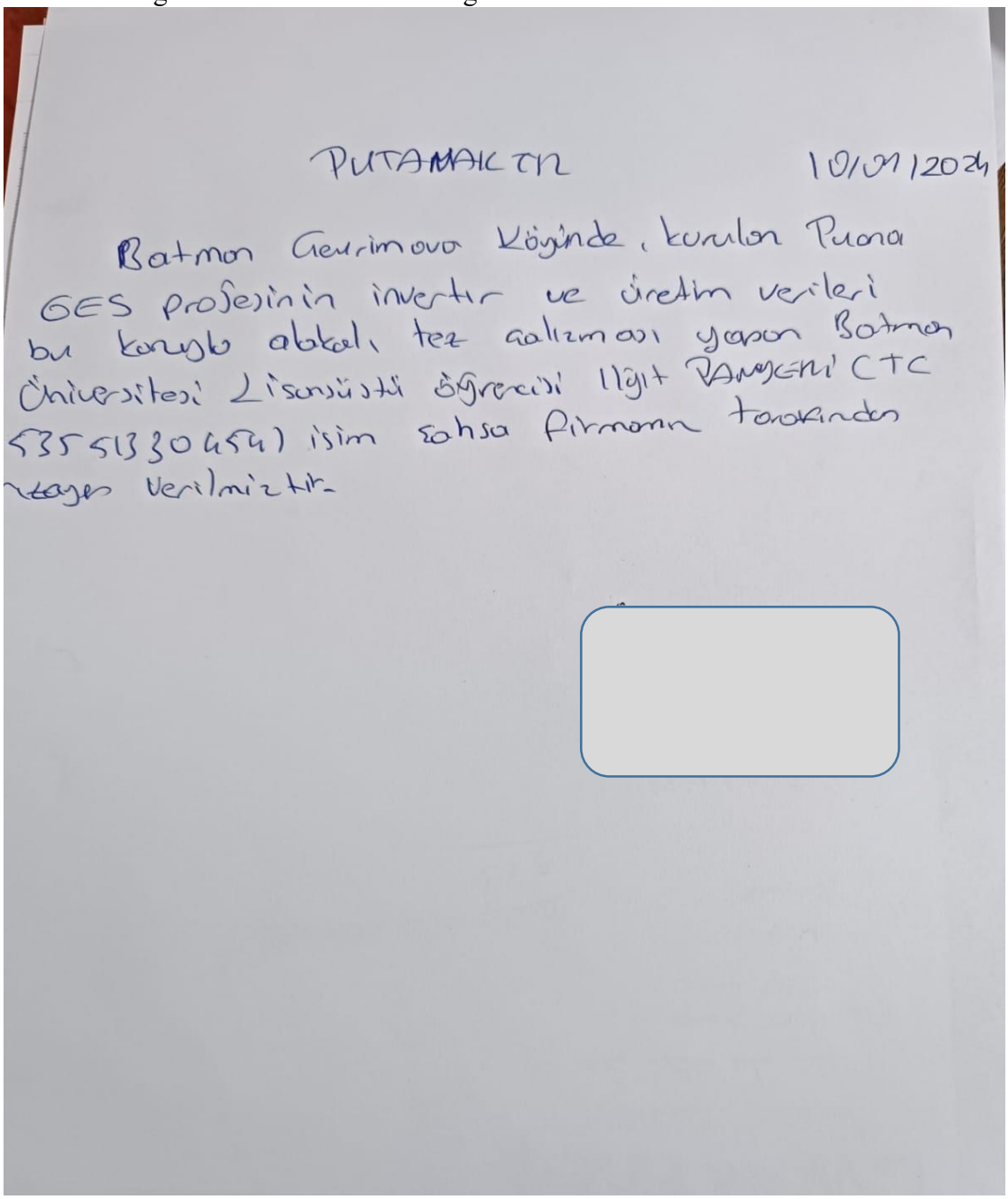
Yalılı, M., 2021, Lisanslı Fotovoltaik Güneş Enerji Santrali Yatırımının Finansal Analizi: Van İli Örneği, Araştırma Makalesi, BEÜ Fen Bilimleri Dergisi 10 (3), 1055-1074, 2021.

Yıldırım, H.H., Aksu, M., 2021, Rüzgâr ve Güneş Enerjisi Santral Yatırımlarının Ekonomik Performanslarının Değerlendirilmesi, Journal Of Internatıonal Bakıng Economy and Management Studıes, Vol.:4 Issue:1 Year:2021.

Yiğit, F., 2023, Şebekeye Bağlı 1 MW Güneş Enerji Santralinin PVsyst İle Simülasyonu ve Performans Parametrelerinin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,* Konya,15-17.

EKLER

EK-1 Tuana ges verilerinin rızaen alındığına dair tanzim edilen tutanak.



PUTAMAK TN 10/01/2024

Batman Gevrimova Köyünde, kurulan Puona GES projesinin invertir ve üretim verileri bu konuyla alakalı tez çalışması yapan Batman Üniversitesi Lisansüstü öğrencisi Hüsyit PAMUKÇU'ya TC 53551330454 isim sahsa firmanın tarafından rızayla verilmiştir.