T.C.

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

EDİRNE İLİNDE SANAYİDE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI KULLANIMININ DEĞERLENDİRİLMESİ

SONER FİLİZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

UYGULAMALI BİLİMLER VE TEKNOLOJİ ANABİLİM DALI

Tez Danışmanı: Dr.Öğr. Üyesi İSMAİL BECENEN

EDİRNE-2022

Soner FİLİZ'in hazırladığı **"EDİRNE İLİNDE SANAYİDE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI KULLANIMININ DEĞERLENDİRİLMESİ"** başlıklı bu tez, tarafımızca okunmuş, kapsam ve niteliği açısından **Uygulamalı Bilimler ve Teknoloji** Anabilim Dalında bir **Yüksek lisans tezi** olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri (Ünvan, Ad,Soyad): İmza

Dr. Öğretim Üyesi Gökhan KOÇYİĞİT ……
Dr. Öğretim Üyesi Engin HÜNER ……
Dr. Öğretim Üyesi İsmail BECENEN ……

Tez Savunma Tarihi:29/12/2022

Bu tezin Yüksek Lisans olarak gerekli şartları sağladığını onaylarım.

Dr. Öğr. Üyesi İsmail BECENEN İmza
Tez Danışmanı ……

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Onayı
Prof. Dr. Hüseyin Rıza Ferhat KARABULUT
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

T.Ü.FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

UYGULAMALI BİLİMLER VE TEKNOLOJİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI DOĞRULUK BEYANI

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında, tüm verilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini, kullanılan verilerde tahrifat yapılmadığını, tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını, kullanılan tüm literatür bilgilerinin bilimsel normlara uygun bir şekilde kaynak gösterilerek ilgili tezde yer aldığını ve bu tezin tamamı ya da herhangi bir bölümünün daha önceden Trakya Üniversitesi ya da farklı bir üniversitede tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

29/12/2022

Soner Filiz

İmza

Yüksek Lisans Tezi
Edirne İlinde Sanayide Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kullanımının Değerlendirilmesi
T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü
Uygulamalı Bilimler ve Teknoloji Anabilim Dalı

ÖZET

Çalışma da Edirne ilinde sanayinin elektrik enerjisi ihtiyacının fotovoltaik sistemlerden karşılanması araştırılmıştır. Ülkemizde nüfus ve sanayi kuruluşlarında üretimin fazlalaşması ile birlikte enerji tüketimi de artmıştır. Bu durum enerjiye olan talebin ve fiyatların yükselmesini sağlamıştır. Özellikle Dünya'da son yıllarda olan gelişmeler enerjinin önemini daha da arttırmıştır. Ülkemiz kullandığı enerji ihtiyacının bir kısmını dışarıdan karşılamaktadır. Buda ülke ekonomisine olumsuz etki yapmaktadır. Bundan dolayı artan enerji ihtiyacının karşılanmasında yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı son derece önemlidir. Bu çalışmada kaynağı güneş enerjisi olan fotovoltaik sistemlerden elde edilen elektrik enerjisinin sanayide kullanılması araştırılmıştır.

Çalışmada, Edirne ilinde sanayide, işletmelerde, fabrikalarda tüketilen elektrik enerjisinin şebeke elektriği yerine fotovoltaik sistemlerde üretilen elektrik enerjisi ile karşılanması araştırılmıştır. Sanayi kuruluşlarının elektrik enerjisi ihtiyacının karşılanmasında güneş enerjisi sistemleri kullanıldığında enerji üretim maliyetleri, sistemlerin kendilerini geri ödeme süreleri hesaplanmıştır.

Sanayide sistemde kullanılacak olan güneş panellerinin toplam gücü, inverterlerin toplam gücü ve sayısı ile elde edilecek elektrik enerjisi miktarı hesaplanmıştır. Araştırmada Edirne ilinde sanayide tüketilen elektrik enerjisinin fotovoltaik sistemden karşılanabilmesi için kurulacak sistemde kullanılacak toplam panel gücü 341.000 kWp ve yılda elde edilecek elektrik enerjisi 456.325.000 kWh olarak hesaplanmıştır.

Sonuç olarak enerji üretecek sistemin ömrünü 25 yıl, hesaplanan sistem geri ödeme zamanını 4,6 yıl olarak alırsak, Edirne ilinde sanayi kuruluşlarında kullanılan elektrik enerjisinin fotovoltaik sistemlerden elde edilebileceği tespit edilmiştir.

Yıl : 2022
Sayfa Sayısı : 79
Anahtar kelimeler: Fotovoltaik, Sanayi, Güneş, Sistemler, Panel, İnverter, Amortisman, Enerji

Master Thesis
Evaluation of the Use of Renewable Energy Resources in Industry in Edirne Province
Trakya UniversityInstitute of Natural Sciences
Department of Applied Scienceand Technology

ABSTRACT

In the study, meeting the electrical energy needs of the industry in Edirne province from photovoltaic systems was investigated. With the increase in production in the population and industrial establishments in our country, energy consumption has also increased. This has led to an increase in energy demand and prices. Especially the developments in the world in recent years have increased the importance of energy even more. Our country meets some of its energy needs from outside. This has a negative impact on the country's economy. Therefore, the use of renewable energy sources is extremely important in meeting the increasing energy demand. In this study, the use of electrical energy obtained from photovoltaic systems, the source of which is solar energy, in industry has been investigated.

In the study, it was investigated that the electrical energy consumed in industry, enterprises and factories in Edirne province is met with electrical energy produced in photovoltaic systems instead of mains electricity. When solar energy systems are used to meet the electrical energy needs of industrial establishments, energy production costs and payback periods of the systems are calculated.

The total power of the solar panels to be used in the system in industry, the total power and number of inverters and the amount of electrical energy to be obtained were calculated. In the research, the total panel power to be used in the system to be installed in order to meet the electrical energy consumed in the industry in Edirne from the photovoltaic system was calculated as 341,000 kWp and the electrical energy to be obtained annually was calculated as 456.325,000 kWh.

As a result, if we take the life of the system to produce energy as 25 years and the calculated system payback time as 4,6 years, it has been determined that the electrical energy used in industrial establishments in Edirne can be obtained from photovoltaic systems.

Year : 2022
Number of Pages : 79
Keywords : Industry, Solar Energy, Photovoltaic Systems, Panel, İnverter, Reimbursement

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans eğitimim ve tez hazırlama dönemim boyunca desteklerini esirgemeyen danışman hocam Dr.Öğr.Üyesi İsmail BECENEN'e teşekkür ederim.Tez hazırlama süresince manevi destekte bulunan kıymetli hocam Doç.Dr. Nilgün BECENEN'e ,sevgili eşim ve değerli aile üyelerim Ayşin FİLİZ'e, biricik kızımız Kumsal Ada FİLİZ'e ,annem Günay FİLİZ'e ,babam Sedat FİLİZ'e, abim Fatih FİLİZ'e ve kıymetli arkadaşım Zekeriya ERGİN'e sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET……İV
ABSTRACT……..Vİ
TEŞEKKÜR……Vİİİ
İÇİNDEKİLER……İX
SİMGELERVE KISALTMALARDİZİNİ……Xİ
DENKLEMLER DİZİNİ……..Xİİİ
ŞEKİLLER DİZİNİ……XİV
ÇİZELGELER DİZİNİ……..XV
BÖLÜM 1……..1
GİRİŞ……1
BÖLÜM 2 ……..5
EDİRNE İLİ……..5
2.1. COĞRAFİ KONUMU VE İKLİM YAPISI……..5
2.2 SANAYİ SEKTÖRÜ……..5
BÖLÜM 3……..7
YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI……7
3.1. GÜNEŞ ENERJİSİ……..7
3.1.1.Güneş Enerjisinin Kullanımı……..7
3.1.2.Güneş Panellerinin Yapısal ve Karekteristik Özellikleri ……..9
3.1.3.PV Panel Yapıları……12
3.1.4.Polikristal Paneller ……12
3.1.5. Monokristal Paneller ……12
3.1.6. İnverterler ……14
3.1.7.Güneş Enerjisi Kurulum Sistemleri ……16
3.1.7.1.On Grid Sistem ……17
3.1.7.2.Of Grid Sistem ……19
3.2.RÜZGAR ENERJİSİ ……21
3.3.BİYOKÜTLE ENERJİSİ……..21
3.4.JEOTERMAL ENERJİ……21
3.5.HİDROELEKTRİK ENERJİ……23
3.6.HİDROJEN ENERJİSİ……24
3.7.DALGA ENERJİSİ……25
BÖLÜM 4……..26
BU ALANDA YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR……27
BÖLÜM 5……..32
MATERYAL VE YÖNTEM……..32
5.1. MATERYAL……..32
5.1.1.Türkiyede Güneş Enerjisi ……..32
5.1.2. Edirne İli Verileri……35
5.1.2.1.Güneş Enerji Potansiyeli…….. 35
5.1.2.2.Güneşlenme Süreleri……. 36
5.1. 2.3.PV Tipi-Alanda Üretilen Enerji……37
5. 1.2.4.Sanayi Kuruluşlarında 2021ve 2022 Yılına Ait Tüketimler……38

5.1.3. Hesaplamalarda Kullanılan Programlar…….39
5.2. YÖNTEM…… 39
5.2.1. Ortalama Aylık Güneş Enerji Potansiyeli……..……..……..……39
5.2.2. Günlük Güneşlenme Süresi……..……40
5.2.3. Aylık Üretim……...…….……40
5.2.4. Sanayi Kuruluşlarında İhtiyaç Duyulan Ortalama Günlük Elektrik Enerjisi …..40
5.2.5. Sanayi Kuruluşlarında İhtiyaç Duyulan Ortalama Saatlik Elektrik Enerjisi .....……42
5.2.6. Sanayi Kuruluşlarında İhtiyaç Duyulan Toplam Panel Gücü…...…….…….42
5.2.7.Sanayi Kuruluşlarında İhtiyaç Duyulan Toplam Panel Sayısı.....….……43
5.2.8. Sanayi Kuruluşlarında İhtiyaç Duyulan Toplam Panel Kurulum Alanı……..43
5.2.9. Sanayi Kuruluşlarında İhtiyaç Duyulan Toplam İnverter Gücü ……..….44
5.2.10. Sistem Kurulum Maliyeti……..……44
5.2.11. Ekonomik Analiz……..…….45
BÖLÜM 6……..……46
BULGULAR VE TARTIŞMA……...……...……..46
6.1. GÜNEŞ ENERJİSİNİN AYLIK POTANSİYELİ.....…….……..47
6.2. GÜNEŞLENME SÜRESİ……47
6.3. SANAYİ KURULUŞLARINDA İHTİYAÇ DUYULAN GÜNLÜK ORTALAMA ELEKTRİK ENERJİSİ …….……..47
6.4. SANAYİ KURULUŞLARINDA İHTİYAÇ DUYULAN SAATLİK ORTALAMA ELEKTRİK ENERJİSİ ……...……48
6.5. SANAYİ KURULUŞLARINDA İHTİYAÇ DUYULAN TOPLAM PANEL GÜCÜ …….49
6.6. SANAYİ KURULUŞLARINDA İHTİYAÇ DUYULAN TOPLAM PANEL SAYISI……..……..50
6.7. TOPLAM PANEL YÜZEY ALANI……51
6.8.SANAYİ KURULUŞLARIRINDA İHTİYAÇ DUYULAN TOPLAM İNVERTER GÜCÜ…….……52
6.9. SİSTEMDE ÜRETİLEN TOPLAM ELEKTRİK ENERJİSİ ……..53
6.10 SİSTEM KURULUM MALİYETİ……..54
6.11 EKONOMİK ANALİZ……..……..55
6.11.1. Sistemde Kullanılan Paneller İthal İse……55
6.11.2. Yerli Panel Kullanıldığında.…. ……56
BÖLÜM 7……...……58
SONUÇ VE ÖNERİLER ……...……58
KAYNAKLAR……...60
ÖZGEÇMİŞ……...……....64

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Ah: Amper saat

AV: Akü voltajı (V)

A: Akım

AC: Alternatif akım

cm^2: Santimetrekare

CO2: Karbondioksit

DC: Doğru akım

Egi: Sanayide ihtiyaç duyulan günlük elektrik enerjisi miktarı (kWh)

Esi: Sanayide ihtiyaç duyulan saatlik elektrik enerjisi miktarı (kWh)

Et: Sanayide tüketilen toplam elektrik enerjisi miktarı(kWh)

EPDK: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu

Fv: Fotovoltaik

Gepa: Güneş enerjisi potansiyeli atlas

GES: Güneş Enerjisi Santrali

GW: Gigawatt

Gts: Sanayide çalışılan toplam gün sayısı

h: Saat

HES:Hidroelektrik Santral

hm^3/yıl: Hektometreküp/yıl

kW: Kilowatt

kWh: Kilowatt saat

kW/gün: Kilowaat/gün

kWh/ m^2/yıl: Kilowatt/metrekare/yıl

kWh/ m^2/gün: Kilowatt/metrekare/gün

kWp: Kilowatt peak

km^2: Kilometrekare

km^3: Kilometreküp

KSS:Küçük Sanayi Sitesi

L/gün: Litre/gün

MW: Mega watt

MWh: Megawattsaat

m^2: Metrekare

m^3: Metreküp

mm: Milimetre

OSB:Organize Sanayi Bölgesi

TEİAŞ: Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi

Tredaş: Trakya Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi

Tedaş: Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi

V: Volt

W: Watt

W/ m^2: Watt/metrekare

Wh/ m^2: Wattsaat/metrekare

%: Yüzde

Wp: Watt peak

DENKLEMLER DİZİNİ

DENKLEM 5.1. Sanayi Kuruluşlarında İhtiyaç Duyulan Ortalama Günlük Elektrik Enerjisi…… ……....41
DENKLEM 5.2. Sanayi Kuruluşlarında İhtiyaç Duyulan Ortalama Saatlik Elektrik Enerjisi……..……..42

ŞEKİLLER DİZİNİ

ŞEKİL 3.1. GÜNEŞ PİLİ..... 11
ŞEKİL 3.2. SOLAR PANEL……..……...…..…14
ŞEKİL 3.3. SOLAR İNVERTER 16
ŞEKİL 3.4. ON-GRID FOTOVOLTAİK SİSTEM ŞEMASI 18
ŞEKİL 3.5. JEOTERMAL SİSTEMİN ŞEMATİK GÖSTERİMİ 22
ŞEKİL 5.1. TÜRKİYE GÜNEŞ RADYASYON HARİTASI..... 32
ŞEKİL 5.2. TÜRKİYE GÜNEŞLENME SÜRELERİ (SAAT) 33
ŞEKİL 5.3. TÜRKİYE GLOBAL RADYASYON DEĞERLERİ (KWH/M^2-GÜN) 33
ŞEKİL 5.4. TÜRKİYE PV TİPİ-ALAN-ÜRETİLEBİLECEK ENERJİ (KWH-YIL) 34
ŞEKİL 5.5. EDİRNE İLİ GÜNEŞ ENERJİ RADRASYONU 365
ŞEKİL 5.6. EDİRNE İLİ GLOBAL RADYASYON DEĞERLERİ KWH/M^2-GÜN) 36
ŞEKİL 5.7. EDİRNE İLİ GÜNEŞLENME SÜRELERİ/SAAT 37
ŞEKİL 5.8. EDİRNE PV TİPİ-ALANDA ÜRETİLEN ENERJİ (KWH-YIL) 38
ŞEKİL 5.9. COĞRAFİ KONUM BİLGİLERİNİN GİRİLMESİ 40
ŞEKİL 5.10. AYLARA GÖRE TÜKETİM BİLGİLERİNİN GİRİLMESİ 41
ŞEKİL 5.11. ÜRETİLMESİ GEREKEN ELEKTRİK ENERJİSİ MİKTARI……....43
ŞEKİL 5.12. SEÇİLEN İNVERTER GÜCÜ BİLGİLERİNİN GİRİLMESİ 44
ŞEKİL 6.1. AYLARA GÖRE GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ..... 46
ŞEKİL 6.2. AYLARA GÖRE KOLLEKTÖR DİLİMİNE YANSIYAN REFERANS ENERJİ……....47
ŞEKİL 6.3. İHTİYAÇ DUYULAN GÜNLÜK ORTALAMA ELEKTRİK ENERJİSİ..... 48
ŞEKİL 6.4. İHTİYAÇ DUYULAN SAATLİK ORTALAMA ELEKTRİK ENERJİSİ..... 49
ŞEKİL 6.5. İHTİYAÇ DUYULAN TOPLAM PANEL GÜCÜ 50
ŞEKİL 6.6. İHTİYAÇ DUYULAN TOPLAM PANEL SAYISI 51
ŞEKİL 6.7.TOPLAM PANEL YÜZEY ALANI 52
ŞEKİL 6.8. İHTİYAÇ DUYULAN İNVERTER GÜCÜ 53

ÇİZELGELER DİZİNİ

ÇİZELGE 2.1. EDİRNE İLİNDE SANAYİ KURULUŞLARI..... 6
ÇİZELGE 3.1. MONOKRİSTAL PANEL ÖZELLİKLERİ 13
ÇİZELGE 5.1. TÜRKİYE'DE BÖLGELERE GÖRE YILLIK ORTALAMA GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİNİN DAĞILIMI 34
ÇİZELGE 5.2. SANAYİ KURULUŞLARINDA TÜKETİMLER-KWH..... 38
ÇİZELGE 6.1. AYLARA GÖRE ÜRETİLEN ELEKTRİK ENERJİSİ-KWH..... 54

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Enerji, “maddenin iş yapabilme gücü” olarak tanımlanmaktadır.Enerjinin nelerde kullanıldığı kadar nerelerde kullanıldığıda önemlidir.Enerjinin elektrikte, ısıda, kimyasal üretimde, nükleer enerji gibi birçok alanda yaygın olarak kullanıldığını görmekteyiz. Enerji, çeşitleri, potansiyel,güneş , nükleer, rüzgar, kinetik, ısı olup bunların birbirlerine dönüşebilmeleri de mümkündür. Dünya’da enerji tüketiminin hızlı şekilde arttığı ve bu artış sonucunda enerjide miktarında azalma olduğu görülmektedir. Bundan dolayı yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı arttırılarak, enerji ihtiyacındaki artışı karşılamak amacıyla çalışmalar yürütülmeltedir. Bu tür çalışmaların içinde, güneş enerjisi ile ilgili yapılan çalışmalar önemli bir yer almaktadır. Çünkü geçmiş yıllardan bu yıllara kadar enerji üretiminde kullanılan kaynakların,fosil yakıtlar olarak tanımlanan petrol, doğalgaz, kömür v.b. gibi doğayı kirleten enerji kaynaklarının kullanıldığını görmekteyiz. Hem çevreye kirletmemesi, hem de kolay elde edilmesi,kullanımının kolay olması nedeniyle yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı önem kazanmakta ve artmaktadır. Günümüz teknolojisinde kullanılan enerji kaynaklarının çevreye zarar vermesi, günden güne azalması ve bununla birlikte verimli kullanılmaması, insanları çevreye zarar vermeyen temiz ve azalmayan enerji kaynakları arayışına yönlendirmiştir. Dünya nüfusun artması ile birlikte enerji ihtiyacında ortaya çıkan artışın karşılanabilmesi için, enerji üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı sürekli artmaktadır .

Enerji günlük yaşamda olmazsa olmaz ihtiyaçlarımızdan birisi olduğu için, yaşamımızda enerjinin önemli bir yeri vardır.Bundan dolayı insanların enerji ihtiyacının karşılanması gerektiğini söyleyebiliriz. İnsanlar arasındaki tüm iletişim yöntemlerinde enerji kullanılmaktadır. Kısa süren enerji kesilmeleri dahi insanların hayatını çok olumsuz şekilde etkilemektedir. Bu nedenle kullanılmakta olan enerji kaynaklarının her

geçen gün azalması, yenilenebilir enerji kaynaklarına olan talebi ,kullanımını sürekli olarak arttıracaktır. Alternatif enerji kaynakları olarakta tanımlanan yenilenebilir enerji kaynaklarından ısı, elektrik gibi diğer enerji çeşitlerininde elde edilebilir olması çok önemlidir.

Türkiye'de enerji kaynakları çeşidi oldukça fazladır.Yenilenebilir enerji kaynaklarıda bunların içerisinde önemli bir potansiyele sahiptir. Ayrıca Türkiye stratejik öneme sahiptir ve enerji ihtiyacını yerli kaynaklarından karşılamak için adımlar atmakta ve çalışmaktadır, Bundan dolayı enerji üretiminde yenilenebilir enerji kaynakları kullanımının daha fazla yaygınlaştırılması Türkiye açısından çok önemlidir. Türkiye coğrafi konum olarakta çeşitli enerji kaynaklarından faydalanabilecek durumdadır.Enerji üretiminde kullanılan yenilenebilir enerji kaynak çeşitlerinin arttırılması Türkiye'nin enerji ihtiyacının karşılanması açısından önemli bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır.

Güneş enerjisi, çevreye zarar vermeyen doğada bol miktarda bulunan yenilenebilir enerji kaynağıdır. Türkiye güneş enerjisi olarak birçok ülkeye nazaran çok daha zengindir. Güneş enerji kaynağı özelliklerden dolayı fosil yakıtlar yerine tercih edilmektedir.Petrol, kömür ve doğalgazı fosil enerji kaynakları olarak tanımlayabiliriz. Fosil kaynakların miktarları azaldıkça fiyatlarıda yükselmektedir. Fosil kaynaklar çevreye zarar vermektedirler.Havanın oksijen miktarını azaltarak havayı kirletmektedirler. Yakıt olarak kömür kullanan termik santrallerin soğutma işlemi su ile yapılmaktadır. Santralin soğutma işleminden sonra ısınan bu su temin edildiği su kaynaklarına boşaltılmakta ve dolayısıylede su kaynağı kirlenmektedir.Yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji elde etme son dönemde hızlı bir şekilde artmaktadır.Bu kaynaklar içerisinde güneş enerjisinin ülkemizde global radrasyon değerlerinin, güneşlenme süresinin yüksek olması, erişimin kolay olması , güneşlenme gün sayısının fazla olması diğer kaynaklara göre güneş enerjisini önemli kılmaktadır.

Önemli bir yenilenebilir enerji kaynağı olan rüzgarın gücünden faydalanarak elektrik enerjisi üretimide önemlidir.Amaç,teknolojideki gelişmelerin, enerji sektörünün hem ekonomik olarak gelişmesini sağlamak hemde çevrenin,doğanın zarar görmeden enerji üretimine katkıda bulunmasını sağlamaktır.Rüzgar enerjisinden elektrik enerjisi

elde edilen santrallerde rüzgar enerjisi sıkıntısı olmaz, dışarıya bağımlı değildir , insan sağlığına zarar vermeyen ve kurulumunda çok fazla alan gerektirmeyen santrallerdir.

Elektrik enerjisinin tüketildiği en önemli yerlerden biride ülkemizin ekonomisine katma değer olarak önemli katkı sağlayan sanayi kuruluşlarıdır. Türkiye'nin enerji talebini karşılayacak enerji sektörüne yatırımların yapılması, Türkiye'nin ekonomik olarak büyümesini olumlu yönde etkileyecektir.

Alternetif enerji kaynakları olarakta tanımlanan yenilebilir enerji kaynakları çevreye zarar vermezler. Kendi kendilerini yenilerler. Bu enerji kaynakları içerisinde olan güneş enerjisinin kullanıldığı fotovoltaik sistemlerin kurulumu kısa sürede yapılabilir. Ayrıca güneş enerjisinin yakıt sorunu yoktur,sistemin çalıştırılması kolaydır, hareketli parçalarının olmaması nedeniyle fazla arızalanmazlar, Bu avantajlı yönlerinden dolayı güneş enerjisinden elektrik enerjisinin elde edildiği sistemler artmaktadır. Güneş enerjisi FV paneller sayesinde elektrik enerjisine dönüştürülür.

Yenilenebilir enerji kaynakları, Dünya'da ve tabiatta genel olarak bu üretme pratiklerine gereksinim olmadan sağlanan, fosil kaynaklarından olmayan, elektrik imalatında çok az düzeyde karbondioksit (CO2) gönderilmesi yapılan, fosillere oranla çevreye kötü etki durumu çok daha az olan, devamlı yenilenebilen ve kullanmaya hazır durumda doğada var olan; biyokütle, hidrolik, güneş, jeotermal ve rüzgâr enerjisi gibi kaynaklardır (Öztürk & Kaya, 2013 a).

Günümüzde Dünya'da ülkeler kendi enerji kaynaklarına sahipse,enerjlerini kendileri karşılıyorsa bunlar ekonomilerini olumlu yönde etkilemektedir.Ülkelerin güçlü ekonomiye sahip olabilmeleri için kendi kaynaklarını kullanarak enerji üretmeleri gerekmektedir. Bunu gerçekleştirebilmenin önemli faktörlerinden biri kaynağının güneş enerjisi olduğu fotovoltaik sistemlerin yaygın olarak kullanılarak elektrik enerjisi üretilmesidir. Fotovoltaik sistemler,hem küçük ve büyük güçlü hemde taşınabilir olarakta kurulmaktadır. Fotovoltaik sistemlerin kurulum maliyeti, işletme bakım ve onarım giderleri teknolojideki gelişmeler sonucu azalmakta, sistemlerin kendilerini geri ödeme süreleri kısalmaktadır.

Dünya'da son yıllarda olan gelişmeler ülkeleri, enerjiyi doğru ve gerekli olan yerlerde kullanmaya mecbur bırakmıştır.Aynı zamanda verimi yüksek olan alternatif enerji çeşitleri kullanılarak enerji üretmeye yönlendirmiştir.Son yıllarda güneş enerji sistemleri, teknolojik gelişmelere bağlı olarak sanayide daha yaygın kullanılmaya başlanmıştır.Bir yerde enerji ihtiyaç olduğunda, verim,güvenilirlik ve sürdürülebilirlik açısından fotovoltaik sistemler kolaylıkla kullanılabilir.

Bu çalışmada Edirne ilinin coğrafi konumu ve iklim koşulları dikkate alınarak, sanayi kuruluşlarının elektrik enerjisi ihtiyacının güneş enerjisinden karşılanması araştırılacaktır.Bu araştırmada önce ilin güneş verileri belirlenip, daha sonra sistemin kurulumu için gerekli olan panel gücü ve sayısı,inverter gücü ve sayısı , elde edilecek veriler hesap edilecektir. Bu verilere göre güneş enerjisi sistemlerinin, Edirne ilinde sanayi kuruluşlarının elektrik enerjisi ihtiyacının karşılanabilmesi için kurulduğunda sistemin kendini kaç yılda geri ödeyeceği ve sistem kurulumunun uygun olup olmadığı tespit edilecektir.

BÖLÜM 2

EDİRNE İLİ

2.1. Coğrafi ve İklim Özellikleri

Edirne ilinin rakımı 41 metredir. Marmara Bölgesi Trakya bölümünde bulunmaktadır. İklim yapısı olarak karasal iklime sahiptir.Arazi yapısı olarak geniş ve büyük düz alanlar ve basık yükseklikllerden oluşmuştur. Kış mevsiminde karasal ve akdeniz iklim yapısı görülmektedir.Bahar ayları genellikle yağışlı, yaz ayları ise yağış olmadan geçmektedir. Yaz ayları sıcak, kış aylarıda soğuk aylardır. Yaz aylarında sıcaklık ortalaması 23,4 °C dir (e-şehir, 2021).

Edirne ili: Trakya Yarımadasında bulunmakta olup Güney tarafında Ege Denizinin Saroz Körfezi ve Koru Dağları, Kuzey tarafında Istıranca Dağları, Batı tarafında Meriç Nehri, Doğuda ise Ergene Ovası yer almaktadır. İl 26º 30' Doğu boylamları , 41º 40' Kuzey enlemleri arasında yer vardır. Tarıma elverişli topraklarının oranı % 80'dir (Edirne il çevre durum raporu, 2019, s.12).

2.2. Sanayi Sektörü

İlde 3 adet OSB,9 adet KSS mevcuttur.Sanayi alanlarının toplam büyüklüğü 1067 hektar olup sadece Edirne OSB'nin alt yapısı tamamlanmıştır.Edirne OSB'nin doluluk oranı % 100'dür.Edirne OSB 1994 yılında kurulmuş 2006 yılında faliyete geçmiş olup toplam alanı 107 hektardır. Edirne ilinde sanayi kuruluşlarının sektörel çeşitleri Çizelge 2.1.'de görülmektedir (kesanonline,2022).

Çizelge 2.1. Edirne İlinde Sanayi Kuruluşları

Sektör	Firma Sayısı	% Oranı
Gıda	139	31.17
Fırın, Pastane	53	11.88
Madencilik	55	12.33
Metal	59	13,23
Tekstil	40	8,.97
Bilgisayar Yazılımı	17	3,61
Diğer	83	18,61

BÖLÜM 3

YENİLENEBİLİR ENERJİ

3.1. Güneş Enerjisi

3.1.1. Güneş Enerjisinin Kullanımı

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı tüm ülkelerde artmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları kullanımının artması öneminide aynı oranda arttırmaktadır. Ülkelerin kullanmış oldukları enerji çeşitliğinin sürekli artması da yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artmasına neden olmuştur.Yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji elde ederken diğer enerji kaynaklarına göre çevreye az zarar vermeleri nedeniyle tercih edilmeleri gereken enerji çeşididir. Dünya'da enerji ihtiyacı sürekli olarak artış göstermektedir,buda ülkelerin enerji üretiminde yeni önlemler almasını gerektirmektedir.Artan enerji talebini karşılayacak enerji üretimi yapılırken çevreninde zarar görmemesi,kirlenmemesi gerekmektedir.Enerjiyi kullanırkende, tüketirkende dikkatli olunmalı gereksiz yere enerji kullanılmamalıdır.

Güneş enerjisinden elektrik enerjisi elde etmek için ışığından faydalanılmaktadır.Güneş çekirdeğinde bulunan füzyondan dolayı meydana gelen ışınım güneşten dünyamıza ışık olarak gelen bir enerji çeşididir.Güneş enerjisinin kullanıldığı fotovoltaik sistemler, enerji elde etmek için alternatif kaynaklardan enerji elde eden sektör içerisinde en hızlı ve fazla büyüyen sektördür.Fotovoltaik sistemlerin gelecektede değişik sektörlerin enerji ihtiyacının karşılanmasında tercih edileceği düşünülmektedir.Teknolojiside kullanımı gibi gelişmektedir.Günümüzdede fotovoltaik sistemleri teknolojileri hızla değişen sistemler olarak tanımlayabiliriz.Dünya'daki

ekonomik gelişmelere bağlı olarak oluşan krizin olumsuz etkilerini dikkate almazsak kuruluşların en fazla yatırım yaptığı sektörlerin içinde fotovoltaik enerji sektörünün olduğunu söyleyebiliriz.Kısa süre içerisinde fotovoltaik enerji sistemlerinin şuanki elektrik üretim tesisleri içerisinde kurulu gücü enfazla olan sistem olacağını söyleyebiliriz.

Güneşin ışınım şiddeti atmosferin dışında sabit olarak 1370 W/m^2 'dir. Bu değeri yeryüzünde 0-1100 W/m^2 arasında bir değer olarak görmekteyiz. Bu enerjinin dünyaya ulaşan küçük miktarı dünyada kullanılan enerjiden çok daha fazladır(Düzenli, 2010, s.14). Ülkemizde yıllık olarak güneş ışınım şiddeti 1.100 kWh/m^2-yıl ile 1.300 kWh/m^2-yıl arasında değişmektedir, çöllerde ise bu değer 2.500 kWh/m^2-yıl olmaktadır. Güneş enerjisi çok uzun zamandır bilinmekte olan bir enerji kaynağıdır.En önemli özellikleri yenilenebilir,çevreci ve temiz olmasının yanısıra tüm dünyada bulunmasıdır. Birçok enerji kaynağının dolaylı veya direkt olarak oluşmasını sağlayan güneş enerjisidir.Rüzgar,biyokütle,hidroelektrik enerji ve dalga enerjisi gibi yenilenebilir enerjilerin büyük bir kısmının oluşumunu güneş enerjisi sağlamaktadır. Dünyaya güneşten gelen bir dakikalık enerji ile dünyada bir yılda tüketilen enerji karşılanmaktadır.Günümüzde güneş enerji sistemlerinin kurulumunda kullanılan teknolojiler güneş enerjisinden tam olarak faydalanmak için yeterli olmamaktadır.Güneş enerji verileri mevsimlere göre değişmektedir.Güneş enerjisinin radyasyon değeri atmosferik koşullara göre farklılık göstermektedir. Bundan dolayı fotovoltaik sistemlerden elde edilen elektrik enerjisi bazı yerlerde akülerde depolanmaktadır. Kullanıldığı yerlerdeki elektrikli aygıtlar doğru akım ile çalışıyorsa depolanmasına gerek yoktur.Güneş enerjisinden elde edilen enerji doğru akım elektrik enerjisidir.Fotovoltaik sistemlerden elde edilen elektrik enerjisi,konutlara, sanayi kuruluşlarına sıcak su temin edilmesinde, ısıtılmasında ve soğutulmasında, endüstrinin enerji ihtiyacının karşılanmasında, tarım işletmelerinde, tarımsal ürünlerin kurutması ve pişirilmesinde, sokak lambalarının çalıştırılmasında kullanılmaktadır.

Güneş enerjisinin diğerlerinden üstün yönleri mevcuttur. Bu üstünlükleri hiç tükenmemesi ve sürekli olmasıdır. Çevreyi kirletmez, diğer enerji çeşitlerine çevrilirken havayı kirleten gaz, duman, karbon monoksit, kükürt gibi. atıklar ortaya çıkarmaz. Enerji

ihtiyacı olan her yere fotovoltaik sistemler kurulabilir, seyyar sistemler kurularak istenilen her yerde kullanılabilir. Bu sistemlerde üretilen elektrik enerjisi ile saat,deniz feneri,çakmak, hesap makinesi, trafik sinyalizasyon ışıkları v.b. farklı elektrikli aygıtlar çalıştırılmaktadır.Fotovoltaik sistemlerin kurulumları diğer enerji kaynaklarının kullanıldığı sistemlere göre çok daha kolaydır. İşletme masraflarıda diğer sistemlere nazaran daha düşük olup, sistemin kendini geri ödeme süreside kısadır. Güneş enerjisinin kullanıldığı sistemlerin dezavantajı ilk kurulumunun büyük alanlara yapılmasıdır. Başka bir dezavantajıda akşamları sistemin elektrik enerjisi üretmemesi, kış aylarında üretimin azalmasıdır. Akülerde depolanarak sistemde yeterli enerji üretilmediğinde akülerde depolanan enerji ile elektrikli aygıtlar çalıştırılmaktadır. Bu sistemlerin kurulum yerlerinin güneşten gelen ışınları devamlı görecek alanlar olması ve panellerin gölgede kalmaması önemlidir.

Teknolojideki ilerlemelere ve fotovoltaik sistemleri kullanan ülkelerin fazlalaşması nedeniyle PV panellerinin fiyatları azalmakta verimlilikleride yükselmektedir. Verimliliğin yükselmesi ile tüm ülkelerde fotovoltaik sistemlere olan ilgi ve yapılan yatırımda artmaktadır.Ülkemizde güneş enerjisi ile çalışan santrallerin gücü 2014 yılı sonunda 40 MW , 2015'te 248.8 MW'a ulaşmıştır . 2016 Mart ayı verilerinde toplam santral sayısı 492 adet kurulu güçte 357.7 MW olmuştur. TEİAŞ'a göre, Ekim 2022 sonunda Türkiye'de güneş enerjisi ile çalışan santral sayısı 9.203 adet olup toplam kurulu gücüde 9120.4 MW olmuştur (TR/Kurulu-Güç-Raporları, Ekim, 2022). Türkiye coğrafi durumundan dolayı güneş enerjisini kullanma yönünden çok zengindir. Bu güneş enerjisi zenginliği yaygın olarak su ısıtılmasında kullanılmaktadır. Son yıllarda sistem kurulum teknolojisindeki yenilikler, Dünyada enerji kullanımındaki artışlar, fotovoltaik sistemlerin kurulum maliyetlerinin azalması, insanların fotovoltaik sistemler hakkında daha fazla bilgilendirilmesi gibi değişik faktörlerden dolayı elektrik enerjisi ihtiyaçlarının karşılanmasının kullanımındada büyük artış gözlenmektedir.

3.1.2. Güneş Panellerinin Yapısal ve Karekteristik Özellikleri

Güneş pillerinin görevi üzerlerine güneşten gelen ışınları elektrik enerjisine dönüştürmektir. Güneş pili diye tanımlanmasının nedeni ise kendisinde oluşan

elektronların kullanmakta olduğumuz pillere benzeyişindendir. Her iki pilin yapısındada iki değişik yüke sahip katmanlar vardır ve bunlar arasında geçirgen olan nötr bölge mevcuttur. Katmanlara sabitlenen bir kablo vasıtasıyla elektronların hareketi gerçekleşir. Yapısal olarak kare, daire ve dikdörtgen halinde şekillendirilen güneş pilleri kalınlık olarak 0,2-0,4 mm arasındadır, kaplamış oldukları alan daha çok 100 cm^2 kadardır. Bu pillerin imalatında en çok silisyum kullanılmaktadır.Nedenide doğada yeterince bulunması,tehlikeli ve zehirli olmayışıdır.

Bu piller değişik şekillerde birleştirildiğinde , fotovoltaik kurulumların en önemli parçası olan modülleri meydana getirir, bu modüller de bir araya getirilerek panelleri oluştururlar. Güneş pilinin üstünlüklerini

- Üretilmesi kolaydır.
- Güneş enerjisini elektrik enerjisine çevirme oranı %25 gibi yüksek bir değerdedir
- Kullanılma ömürleri oldukça uzundur.
- Çıkış gücü ile ağırlık miktarı arasındaki oranı yüksek bir değerdedir.
- Enerji üretirken çevreye zarar vermez olarak sayabiliriz

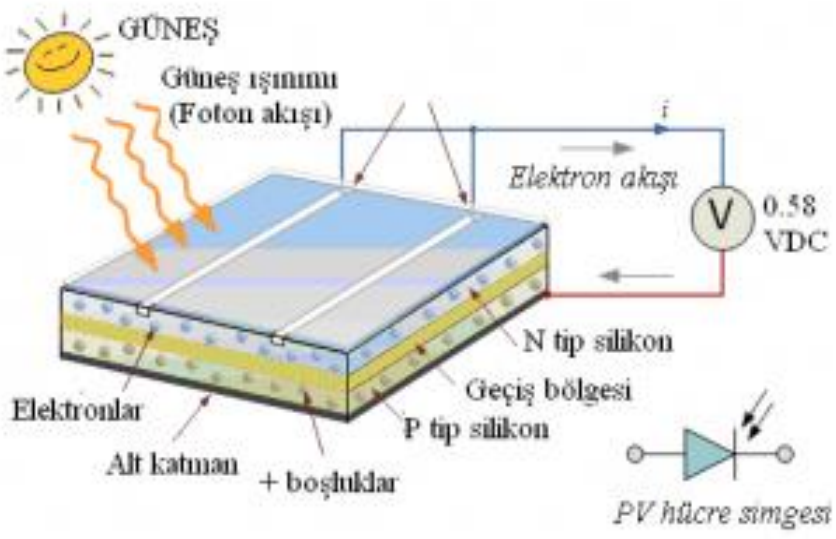
Güneş pilinin olumsuz yönlerinide.

- Fotovoltaik sistemin ilk kurulum masrafları fazladır.
- Akşamları ve güneş enerjisinin yeterli olmadığı havalarda enerji ihtiyacını karşılamak için üretilen enerjinin depolanması gerekmektedir bunun içinde depolama elemanları gerekmektedir.
- Gün ışığının fazla olduğu bölgelerde fazla sıcaklıktan nedeniyle panellerden elde edilen enerji azalır olarak sayabiliriz..

Tek güneş pilinin ürettiği gerilim 0.6 volttur.Güneş pilleri kendi aralarında seri bağlanıp modülleri oluştururlar.Güneş enerjisinin yeterli olduğu durumda 12 volt üretmek için 20 adet pil birbiri ile seri bağlandığında elde edilen modülün akımı 10 amper gücü ise 120 Watt'tır. Modüllerden üretilen enerjiyi arttırmak için piller kendi aralarında seri, akımı arttırmak içinde paralel bağlanırlar.Fotovoltaik kurulumlar; akülerden, panellerden, inverterlerden, şarj kontrol cihazlarından ibarettir. PV sistemler, yaygın

olarak elektrik enerjisinin olmadığı ve jeneratör kullanarak enerjinin üretildiği ortamlarda kullanılmaktadır.Gelinen son durumda ilk yatırım masraflarının eski kurulum masraflarına nazaran azalması, elektrik enerjisinin bulunduğu ortamlarda da fotovoltaik kurulumların kullanılmasını ekonomik olarak mümkün kılmaktadır.

Yarı iletken diye tanımlanan fotovoltaik hücrede kullanılan maddeler elektron alarak veya vererek yörüngelerini tamamlarlar. Bu sayede yarı iletkenin bir bölümü negatif elektron alarak diğer bölümüde artı yüklü elektron vererek ; P ve N tipi elektrik üretirler. P ve N parçalarının proton ve elektron sayıları birbirine eşittir ve sonra birleşirler. Birleştirildiklerinde elektronlar N'den P'ye, P'deki delikler ise N'ye doğru hareket ederler.Sonuçta ani dengesizlik oluşur.N ve P birleşiminde , fosfor eklenen N parçası (negatif yükleyici) kristal yapı etrafında bulunan bazı valans elektronlarını kaybeder ve pozitif yüke sahip olur.Bor eklenmiş P parçası (pozitif yükleyici) ise elektronlar kazanarak negatif yüklü olur. N parçasından kopan elektronlar yaklaşan delikleri doldurarak. bir elektriksel alan oluştururlar.Geçen elektronlar oluşan elektrik alanını büyüterek iki malzeme arasında bir bölge meydana getirirler. Her iki taraftaki yük dengelenene kadar bölgedeki serbest elektronlar ve delikler alandan atılırlar.(Altaş, 1998, s.88).Şekil 3.1.'de bir güneş pili gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Güneş Pili (Mühendistan, 2021)

Dünya genelinde 100'den fazla ülkede,küresel anlamda PV'ye talep artışı olmuştur. Dünya'da 2021 yılında kurulu güç olarak 173 GW 'a ulaşmış olup Çin 254.255 MW, ABD 53.783 MW,Japonya 67.000 MW, Almanya 53.783 MW,Hindistan 39.211 MW kapasiteye ulaşmıştır (enerji atlası, 2022).

3.1.3. PV Panel Yapıları

Birbirine bağlanmış hücreler, çevresel etkilere karşı sızdırmazlık sağlayıp fotovoltaik modülleri meydana getirirler. Birden daha fazla modüller, elektrik iletkenleri aracılığı ile kendi aralarında birleştirilerek panelleri meydana getirirler.Bir grup panelin oluşturduğu üretim sistemleri fotovoltaik dizilerdir. Silikondan yapılan fotovoltaik modüllerin oluşturduğu kurulumların ömürleri 20 - 30 yıl arasındadır (Öztürk & Kaya, 2013, s.417 b).

3.1.4. Polikristal Paneller

Polikristal paneller, monokristal panellere göre kalite ve verimlilik yönünden daha az verimli hücrelerden üretilmektedir. Polikristal panellerin güneş enerjisi sistemlerinde kullanımı oldukça fazladır. Bunun nedeni kolay temin edilebilmesi ve daha ekonomik olmasıdır. Polikristalin paneller yapı olarak homojen değildir.

3.1.5. Monokristal Paneller

Monokristal paneller yüksek verimli ve kaliteli hücreden üretilmektedir. Kapladıkları alan benzer güçteki polikristal panele oranla %1-%2 daha azdır. Monokristal panelin üretim süreci teknolojilerine bağlı olarak uzundur. Monokristal paneller, uzun süreli yatırımlar için en iyi seçenektir. Bu güneş panelinde hücrenin tamamı kristalden oluşmaktadır. Bu nedenle panelin yapısı homojendir. Kristalin bileşimleri,doğada polikristalin olarak bulunmaktadırlar. İdeal monokristal yapıya en

yakın bileşim elmastır. Monokristal panelin teknik özellikleri Çizelge 3.1.'de verilmiştir (enerjimar, 2022). Şekil 3.2.'de örnek bir panel görülmektedir.

.

Çizelge 3.1. Monokristal Panel Özellikleri

Teknik Bilgiler	**Veriler**
Ürün Kodu	LXR-455M
Marka	LEXRON
Sertifikalar	CE, IEC
Elektriksel Özellikler	
Güç	455W
Hücre Sayısı	144
Açık Devre Voltajı (Voc)	50,40V
Maks. Voltaj (Vmp)	42V
Kısa Devre Akımı (Isc)	11,43A
Maks. Akım (Imp)	10,83A
Maks. Sistem Voltajı	1500V
Mekanik Özellikler	
Modül Ölçüleri (mm)	2096*1039*35
Ağırlık	24kg
Standart Test Koşulları: Am=1.5 E=1000W/m2 Tc=25	



Şekil 3.2. Solar Panel (Enerjimar, 2022)

3.1.6. İnverterler

İnverterleri doğru akımı, alternatif akıma ya da alternatif akımı doğru akıma çevirmek için kullanılan elemanlar olarak tanımlayabiliriz. Harici inverterlere 12V veya 24V'luk bir gerilim girişi yapılır. Bu doğru akım inverter tarafından 220 V.,380 V. AC akıma çevrilerek inverter çıkışından alınır. Senkronize olarak çalışan inverterler bir güneş panelinin veya rüzgâr türbininin çıkış uçlarına bağlanıp direkt olarak şebekeye enerji aktarma işlemi yapar. İnverterler çıkış gücü değerine, çıkış dalga şekillerine ve yapılışlarına göre gruplara ayrılmaktadır. Gücü 100 W'tan 10 kW'a kadar olan ve direk olarak şebekeye bağlanan inverterler üretilmektedir. İnverterler çıkışlarına göre tam sinüs dalga düzeltilmiş sinüs dalga ve kare dalga olmak olarak sınıflandırılmaktadır. Bunların içerisinde kare dalga ve düzeltilmiş sinüs dalga inverterler müzik ile ilgili cihazlarda sesin bozulmasına, yazıcılarda ve balastlı lambalarda verimin azalmasına neden olurlar. Tam sinüs inverterler ise elektrik şebekesine parelel, uyumlu ve yüksek kaliteli çıkış

vermektedir. Bu özelliklerinin yanı sıra kendisine bağlı olarak çalışan cihazların çalışmasında sorun yaratmamaktadırlar.

Fotovoltaik sistemlerde üretilen elektrik enerjisinin enerji iletim,dağıtım hatlarına verilebilmesinde tam sinüs inverterler kullanılmaktadır. Elektrik motoru ile çalışan makineler çalışmaya başladıklarında şebekeden normalde çektikleri akımından daha fazla akım çekerler. Bu makinelerin kullanıldığı devrelerde çalıştırılan inverterler kısa süreli çekilen yüksek akıma karşı dayanıklı olmalı karşılamalıdır. İnverterler çıkışlarındaki gerilim değerlerini üretme özelliklerine göre transformatörlü ve transformatörsüz olarak sınıflandırılmaktadır. Transformatörlü olanlarda girişe verilen küçük güçlü doğru akım gerilim değeri ilkönce tam sinüs şekline getirilir ve sonra da küçük güçlü alternatif akım değeri transformatörden geçirilerek istenilen alternatif akım gerilim değerine yükseltilir. Transformatörsüz olanlarda ise girişe verilen gerilim değeri ile çıkıştan alınması düşünülen gerilim değeri birbirine yakın değerlerdir. Bu inverterlerin ağırlık olarak hafif ve kullanılışlı olmaları avantajlı yönleridir, fakat enerji hatları ile yalıtım sağlamaları zordur.

Sistem içerisinde mevcut olan inverterlerin verimi de çok önemlidir. Akülerden almış olduğu elektrik enerjisinin yüzde kaçını alternatif akım elektrik enerjisine dönüştürdüğü verimini gösteren en önemli parametredir. İnverterlerin birçoğu akülerden, güneş panellerinden, rüzgâr türbinlerinden, yakıt pillerinden aldıkları enerji ile sisteme enerji vermekte, aynı zamanda şebekeden de doğrudan akülerin şarj edilmesinde kullanılmaktadır. Güç aktarma işlemini çok kısa sürede yaptıkları için inverterler kesintisiz güç kaynağı olarak ta kullanılmaktadır. Bu sistemlerde aküler inverter aracılığı ile şebeke hattından şarj edilmektedir. Elektrik enerjisi kesildiğinde otomatik veya manuel çalışan düzeneklerle devreye girip kuruluşlarda, evlerde kullanılmakta olan elektrikli aygıtları durmadan çalışmaya devam ettirirler.

İnverterler, sistemdeki DC elektrik enerjisini AC elektrik enerjisine çeviren elektronik aygıtlardır (Kantaroğlu, 2010).

Fotovoltaik panellerden elde edilen DC elektrik enerjisi çoğunlukla AC elektrik enerjisine çevrilerek devamlı olarak elektrikli aygıtlarda kullanılmaktadır. Bunu gerçekleştirmek için inverterleri kullanırız. İnverterlerin kullanılış şekli enerji hatlarına direkt bağlı olarak veya enerji hatlarından bağımsız şekildedir. Enerji hatlarından bağımsız olarak inverterlerde dönüş çoğunlukla akülerden sağlanmaktadır. İnverterlerin devresine bağlanan yük ne kadar olursa olsun inverterin çıkışındaki gerilim ve frekansın değeri sabittir. Temelde inverterlerin girişine uygulanan doğru akım (DC), çıkıştan arzu edilen frekansta alternatif akıma (AC) dönüştürülür. İnvertere ait Şekil 3.3.'te görülmektedir. (hayat solar enerji, 2022). Gelişen teknolojilere bağlı olarak inverterlerin verimleri %98'e ulaşmaktadır (Tekkale, 2018, s.21).



Şekil 3.3. Solar İnverter (Hayatsolar enerji, 2022)

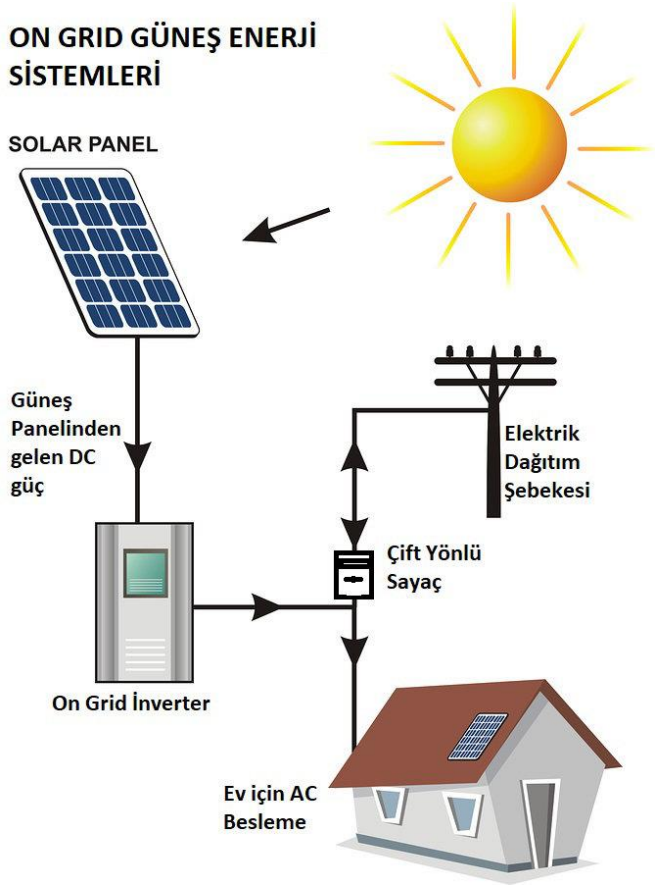
3.1.7. Güneş Enerjisi Kurulum Sistemleri

Güneş enerjisi sistemleri, iki şekilde kurulmaktadır. Bunlardan biri off-grid olarak tanımlanan şebeke bağlantısız sistemler, diğeride on-grid olarak tanımlanan şebeke bağlantılı sistemleridir. Off-grid olarak tanımlanan sistemler, deniz fenerlerinden tarımsal sulamaya, haberleşmeden sokak aydınlatılmasına kadar çok değişik alanlarda kullanılmaktadırlar. Panel maliyetlerinin düşmesi, sistemlerin daha verimli çalışması, sistem kurulum maliyetlerinin azalmasına bağlı olarak güneş enerjisi kurulum

sistemlerinin kullanımı artmıştır. Bu artış enerji hatları bağlantılı fotovoltaik sistemlerde, küçük güçlü olarak konutlarda ve büyük güçlü olarakta fotovoltaik santrallerde görülmektedir. Enerji hatlarına bağlı güneş enerji sistemlerinde, elde edilen doğru akım (DA), inverterler vasıtasıyla alternatif akıma (AA) dönüştürülerek, direk olarak enerji hattına verilmektedir. Bu şekilde yüklerin enerji ihtiyacı karşılanmakta, ayrıca ihtiyaç fazlası elektrik enerjisi enerji hatlarına verilmektedir. Güneş enerjisi santrallerinde ise, sadece enerji hatları beslenmekte ve bu santrallerde bağlantı noktaları, santralin gücüne bağlı olarak değişmektedir. Sistem gücü 50 MVA'ya kadar ise, 34,5 kV' dağıtım hattından, 50 MVA 'fazlası 154 kV veya 380 kV hattından enerji hatlarını beslerler (Li et al, 2010). Bu kurulum sistemlerinde elde edilen elektrik enerjisi depolanmadığından dolayı şarj kontrol cihazı ve akü kullanılmaz.

3.1.7.1. On-Grid Sistem

Bu kurulumlar küçük veya büyük olsun aslında santral sistemleridir (Öztürk, 2019). Panellerde elde edilen enerjisi tek veya üç fazlı inverterler aracılığı ile enerji hattına verilir. On-grid kurulum sistemlerini oluşturan 4 ana malzeme vardır. Bunlar; inverter, çift yönlü sayaçlar, güneş panelleri ve datalogger'dır. Fotovoltaik On-grid sistem kurulumu Şekil 3.4.'te verilmektedir.



Şekil 3.4. Fotovoltaik On-Grid Sistem Şeması(Solar avm,2022)

Sistemin çalışması; panellerden elde edilen elektrik, enerji hatlarına bağlı olan inverterlere gelir burada düzenlenerek şebekeye verilecek duruma getirilir. Sistemden elde edilen elektrik enerjisi direk olarak tüketicilerde kullanılır kullanılmayan fazla enerji ise enerji hattına verilir. Yeterli güneş olmadığı veya yeterli enerji üretilmediği durumda tüketicilerin elektrik enerjisi ihtiyacı enerji hattından karşılanır. Tüketicilerin elektrik enerjisi ihtiyacı enerji hattından karşılanamıyorsa inverter kendini of pozisyonuna alır. . Şebekeninde enerjisi kesikse yani yoksa tüketiciler enerjisiz kalır. Güneş enerjisi sistemleri birbirinden farklı çalışma durumlarını kapsayan teknolojiye sahiptirler. Bundan dolayı bu sistemlerin kurulumunu yaparken sistemde kullanılacak elemanların, sistemin kapasitesinin doğru hesaplanması gerekmektedir. On-grid sistemde, üretilen enerji depolanmadığından dolayı off-grid sistemlere göre kurulumları daha az maliyetlidir.

On-grid fotovoltaik sistemlerin kurulumu yapılırken şu faktörler dikkate alınmalıdır. Kurulacağı yerin iklim koşulları, kurulacağı yerleşimin yeri, bölgenin hava durumu, elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayacağı elemanların kurulu güç toplamı.

Bu sistemlerde şebeke akülerin görevini yerine getirmektedir. Bu sistemlerin güçleri ne kadar olursa olsun santral görevi yapmaktadırlar.

3.1.7.2. Off-Grid Sistem

Off-grid sistemde güneş panellerinden elde edilen enerji direk olarak akülere gider ve burada depolanıp tüketiciler ihtiyaç duyduklarında gündüz ya da gece fark etmeksizin enerji ihtiyaçlarını akülerden karşılar. Bu sistemlerin kurulum kapasiteleri, sistemden elektrik enerjisi elde edilemediği zamanlarda tüketicilerin enerji gereksinimlerine cevap verecek ölçüde kurulmalıdır. Bu sistemin kurulduğu yerler aşağıda verilmiştir.

- Bağ ve dağ evlerinde,
- Baz istasyonlarında,
- Tarımsal sulamada,
- Parklarda,
- Bahçelerde,
- Tabelaların aydınlatmasında,
- Erken uyarı sistemlerinde,
- Alarm ve güvenlik sistemlerinde,
- Gözetleme kulelerinde,
- Trafik sinyalizasyon sistemlerinde,
- İnşaat, şantiye vb. saha uygulamalarında,
- Mobil ve marina uygulamalarında.

Off-grid sistemlerde, güneşten gelen ışınlara bağlı olarak panellerde üretilen elektrik enerjisi doğrudan akü şarj kontrol cihazı tarafından ayarlanarak akülere gider ve buralarda depolanır. Bu sistemler genellikle elektrik enerjisinin olmadığı veya elektrik enerjisini götürmenin çok pahalı ve imkânsız olduğu yerlerde kullanılmaktadır. Akülerde

depolanan elektrik enerjisi doğru akım veya alternatif akım olarak elektrikle çalışan cihazlarda kullanılmaktadır.

Off-grid sistem güneş enerjisi kurulumlarında, aküde depolanan elektrik enerjisi DC' dir. Bu enerji AC' ye inverter aracılığı ile çevrilir. İnverter çıkışındaki AC enerji alternatif akımla çalışan tüm elektrikli cihazlarda kullanılır. Yani inverter burada bir güç kaynağının görevini yerine getirir. Bu sistemin kullanılması sırasında en önemli konu güvenliktir. Bu sistemlerde tüm devre elemanları sigorta, kesici vb. elemanlarla korunmaktadırlar. Bu güneş enerjisi sistemlerinin kurulumu kolaydır, sistem güvenlidir, fazla arıza yapmazlar.

Off-grid güneş enerji sistemleri direklere de monte edilebilen sistemlerdir. Bu sistemler direklere monte edilirken direğin temelinin çok sağlam yapılması gerekmektedir. Aksi takdirde direk üzerindeki ağırlıklara bağlı olarak yıkılabilir. Özellikle sistemde kullanılan güneş panelleri direğin üzerine veya yanına monte edilirler. Direklerin üzerine ve yanlarına monte edilen panellerin gücü 10 Watt ile 375 Watt arasında olmaktadır. Bu sistemler diğer sistemler gibi verimli bir şekilde kullanılabilir. Direğe veya direk yanlarına takılan bu fotovoltaik sistemler daha çok, bilimsel araştırmalar, telekom tesisleri, trafik ışık sinyalizasyonu ve kontrolünde, elektrik enerjisinin olmadığı kırsaldaki işletmelerde kullanılmaktadır. Off-grid güneş enerjisi sistemlerinin avantajlarını şöyle sıralayabiliriz,

- Enerji hattının bulunmadığı yerlerde enerji ihtiyacını karşılar.
- Sistemin kurulum maliyeti enerji hattının maliyetinden daha uygundur,
- Yakıt ihtiyacı yoktur,
- Sistem kısa sürede kurulmaktadır,
- İhtiyaca göre sistemin kurulu gücü yükseltilebilir.

Off-grid sistemler, kademe kademe yapılabilir, bundan dolayı sistemin kurulum masrafı kademeli ödenir. Bu sistemleri ihtiyaç duyduğumuz, istediğimiz her yere kurabiliriz. Off-grid güneş enerji sistemleri izole ve otonom sistemler diye de tanımlanmaktadır,

3.2. Rüzgar Enerjisi

Rüzgâr enerjisi ilk zamanlardan günümüze kadar türbinin şaft gücünden yararlanarak su pompalama, çeşitli ürünleri kesme, öğütme, sıkıştırma, yağ çıkarma gibi bazı ihtiyaçları karşılayabilmek için mekaniksel enerjiye gereksinim duyulan sektörlerde kullanıldığı görülmektedir. Mevcut zamanda, merkeze uzak veya rüzgâr enerjisinin daha uygun maliyetli olduğu yerlerde su ısıtmada, sera gibi büyük alanlı yerlerin ısıtılmasında, küçük alanda yapı elektrik gereksinimin karşılanabilmesine imkan sağlamaktadır. Türbin gücü olarak 200 KW ile 12 MW arasında değişiklik gösteren, elektrik şebekesine bağlı bir veya birden fazla yüksek potansiyele sahip rüzgâr türbinin bulunduğu rüzgâr çiftlikleri ile büyük oranda elektrik enerjisi üretilmektedir.

3.3. Biyokütle Enerjisi

Biyoenerji; biyokütle, biyogaz ve biyodizel enerji çeşitleridir. Bu enerji bitkilere çeşitli işlemler uygulanması ile elde edilen bir enerji çeşididir. Doğada bol miktarda bulunan güneş enerjisinin etkisiyle büyüyen bitkilerde bulunan biyokütle enerjisi de bitmeyen bir enerji kaynağıdır. 100 Seneden daha kısa sürede tekrar oluşmaktadır. Doğada bulunan bitkilerden, hayvan artıklarından, orman ürünlerinde ve kentsel atıklarda bulunan organik maddelerin tamamından biyoenerji üretilmektedir.

Bu enerjinin çevreye vermiş olduğu zarar çok azdır. Alternatif ve güvenli bir enerji çeşididir. Bu enerji başka enerji çeşidine çevrilmektedir. Bu enerji çeşitlerine hidrojeni, metan etanolü, pirolizi ve metanolü gösterebiliriz.

3.4. Jeotermal Enerji

Bu enerjinin geldiği yer Dünya olup ısı şeklindedir. Temizdir ve tükenmeyen enerji kaynağıdır. Yer yüzeyinin metrelerce altındaki magmadır. Yer altından kendiliğinden veya sondaj yapılarak çıkarılmaktadır

Jeotermal enerjinin kullanıldığı yerler:

1) Elektrik Enerjisi Üretimi.

Jeotermal enerji kullanılan santrallerde atık çıkmaz dolayısıyla çevreye fazla zarar vermez ve üretilen enerjinin birim kWh diğer santrallere göre çok daha düşüktür. Bu enerjinin ısısına bağlı olarak direkt olarak elektrik enerjisi elde edilmektedir.

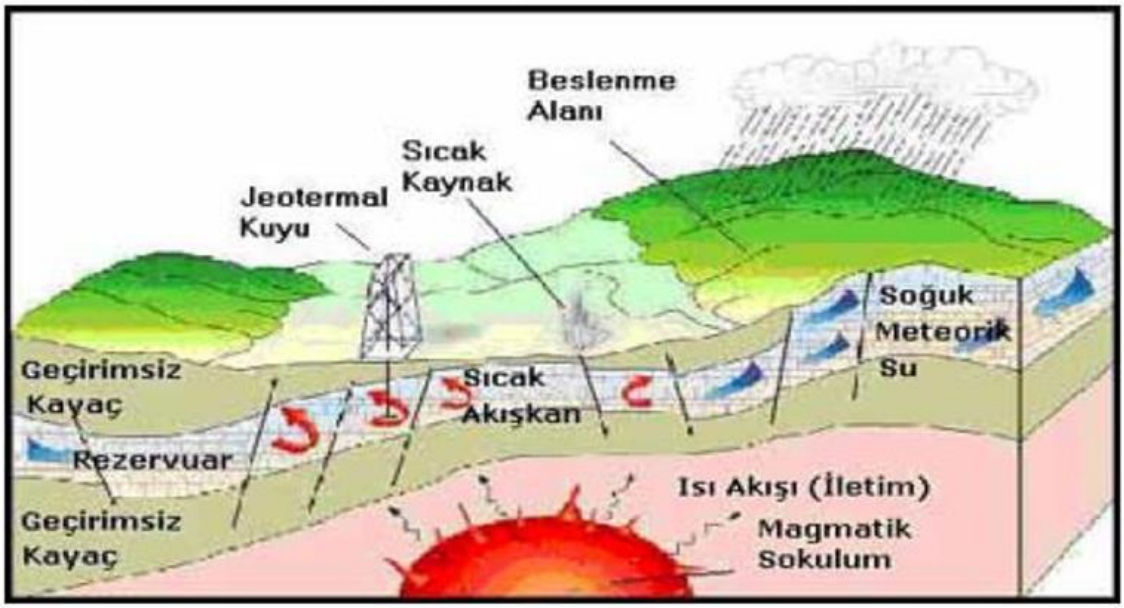
2)Doğrudan Kullanarak

Doğal olarak kendi ısısından suyun sıcaklığından elde edilmektedir.

3) Isı Pompalarında

Konutların ısıtılmasında da kullanılmaktadır.

Jeotermal enerjinin oluşumunu Şekil 3.5.'te görmekteyiz.



Şekil 3.5.Jeotermal Sistemin Şematik Gösterimi (Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı,2022)

3.5. Hidroelektrik Enerji

Bu enerji çeşidi hareket halindeki suyun enerjisinden faydalanarak elektrik enerjisi üretilen enerji çeşididir. Bu enerji kaynağı da alternatif, yenilenebilir ve devam ettirilebilir bir enerji çeşididir. Bu enerji kaynağının kullanıldığı santraller kısaca HES olarak tanımlanmaktadır. Bu santrallerde suyun devamlı akışı ile elektrik enerjisi kesintisiz olarak üretilmektedir. Suyun debisine göre santralden elde edilen elektrik enerjisi değişmektedir. Su kaynağından türbine gönderilen suyun gönderildiği yükseklik ne kadar fazla olursa türbinden elde edilen elektrik enerjisinde de o kadar artış olur. Bu santrallerde su akarsulardan veya barajlarda toplanan suyun kanallara, türbine gönderilmesi ile gerçekleştirilmektedir. Suyun kinetik enerjisinden faydalanılarak türbin çevrilip elektrik enerjisi elde edilmektedir.

Hidroelektrik enerji teknolojisi en gelişmiş teknolojilerden biridir. Hidroelektrik güçten tüm Dünya'da çok eskiden beri değişik şekilde faydalanılmaktadır. İnsanoğlu suyun gücünden değirmenlerde, akarsularda kayıkları kullanarak faydalanmışlardır. 19. Yüzyıla kadar insanlar suyun gücünü değirmenlerde kullanarak özellikle tarımsal ürünlerden değişik ürünler elde etmişlerdir. Fakat tüm Dünya'da tüketilen elektrik enerji miktarının sürekli artması ve üretilen elektrik enerjisinin yetersiz kalması fosil kaynaklarda dahil olmak üzere diğer enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üretilmesini zorunlu kılmıştır.

Hidrolik enerjiden, elektrik üretmenin yanı sıra gelişmiş tarımda, tarımsal sulamada, turizm sektöründe, spor aktivitelerinde ve başka sektörlerde de faydalanılmaktadır. Su türbinlerinde suyun gücü kinetik enerjiye çevrilir. İlk hidroelektrik santralin yapıldığı ülke Amerika olup yapım yılı 1882'dir. Günümüzde Dünya'da kurulan en büyük hidroelektrik santral Çin'de inşa edilmiş olup 22.400 MW kapasiteye sahiptir. Bu santralin yapım yılı 2016'dır (İncitas, hidroelektrik-enerjisi, 2022)

3.6. Hidrojen Enerjisi

Bu enerji çeşidi Dünya'da en çok bulunan gaz olup aynı zamanda en basit elementtir. Kokusu, tadı ve rengi yoktur ve Dünya'da bulunan en hafif ve saydam bir elementtir. Bu enerji, gelecekte kullanılacak çevreci enerji sistemlerinde, düzeneklerinde kullanılacak olan bir enerji çeşididir. Hidrojen yeryüzünde su moleküllerinde, canlı yapılarda ve fosillerde bulunmaktadır. Güneşte olan elementler içerisinde en fazla hidrojen bulunmaktadır. Kimyasal olarakta çok aktif olup, yeryüzünde saf halde bulunması imkansızdır.

Dünya'da Güneşte dahil olmak üzere tüm yıldızlar termonükleer tepkimeye ısı verirler, bu ısı hidrojendir ve Dünya'nın temel enerjisidir. Bu enerji, aslında bileşikler durumda olan gaz halindeki hidrojenin işlenerek ve dönüştürülerek oluşturulan bir enerji çeşididir. Doğal bir enerji çeşidi değildir, fakat devamlılık arz eden bir yenilenebilir enerji kaynağıdır.

Hidrojen enerjisi, birincil enerji kaynakları kullanılarak fosil yakıt, biyokütle, su gibi maddelerden elde edilen sentetik bir yakıt çeşididir. Üretilirken buhar iyileştirmesi, atık gazların saf hale getirilmesi, elektroliz, foto ve termo kimyasal işlemler gibi çeşitli teknolojiler kullanılmaktadır. Elde edilen hidrojen borular, özel yapım tankerler aracılığı ile uzaklara taşınmaktadır.

Hidrojen, kullanılmakta olan yakıtlar içerisinde birim enerji değeri en fazla olan yakıttır. Bu değer 120,7 kJ/kg'dır. Hidrojen -252,77°C'da sıvı durumuna geçer ve sıvı haldeki hidrojen hacmi gaz durumundaki hacminin yalnız 1/700'ü kadarıdır. Sıvı haldeki hidrojenin birim kütle ısıl değeri 141,9 MJ/kg'dır. Bu değer petrolün 3,2 katı kadardır. Sıvı haldeki hidrojenin birim hacim ısıl değeri 10,2 MJ/ m^3'tür. Bu değer petrolün %28'i kadardır. Gaz haldeki hidrojenin birim kütle ısıl değeri sıvı hidrojenle aynıdır, doğal gazın 2,8 katıdır. Gaz haldeki hidrojenin birim hacim ısıl değeri 0,013 MJ/ m^3'tür ve doğal gazın %32,5'i kadardır.

Hidrojenin başka bir özelliği de ekzotermik kimyasal reaksiyona tabi tutulduğunda metal ve alaşımların bazılarıyla kolay olarak fazla miktarda hibrit haline dönüşmesidir. Hidrojenin depolanması ve taşınması işlemlerinde metal hibritlerde kullanılmaktadır. Metal hibritler kütlesel enerji içeriği olarak 2-10 MJ/kg ile sıvı haldeki hidrojene nazaran çok küçük iken hibritlerin hacimsel enerji içeriği 12,6-14,3 MJ/ m^3'tür. Bu değer gaz ve sıvı hidrojenden daha büyük bir değerdir (Enerji portali, 2022).

3.7. Dalga Enerjisi

Dalga enerjisi sınırları olmayan güçlü ve yenilenebilir bir enerji kaynağı olarak tanımlanmaktadır. Elektrik enerjisi elde etmek için rüzgâr enerjisi aracılığı ile dalgalarda bulunan kuvveti kullanan, yakın zamanlarda geliştirilen bir enerji elde etme yöntemidir. Hidro enerjiden farkı ise hızlı akan bir akarsuya veya suyun toplandığı baraja ihtiyaç duyulmamasıdır. Bu enerji büyük denizlerdeki veya okyanuslardaki akıntılar kullanılarak elde edilir. Yalnız rüzgâra bağlı olarak dalgaların üzerinde ve yüzeyinin altında oluşan salınım hareketinden oluşur.

Dalga Enerjisinin Bazı Önemli Avantajları:
-Sonsuzdur ve hiçbir zaman tükenmeyen kaynaktır,
-Çalıştırılma ve bakım masrafları çok azdır,
-Enerji üretirken kullanılan makineler çevreye atık ve kirlilik yapmaz,
-Okyanuslarda yapılan çalışmalara enerji kaynağı olur,
-Dalga Enerjisinin Bazı Önemli Dezavantajları:
-Denizlerde dalga enerjisi üretimi esnasında, nakliye ve yaban hayatı ile olumsuzluk yaşanabilir,
-Sistemler gürültü çıkarabilir,
-Mevsim ve hava koşullarındaki değişimlere bağlı olarak sistemlerde olumsuzluk olabilir,
-Denizler üzerinde kurulduğundan dolayı deniz ticaret yolları değişebilir.
(Enerji sistemleri muhendisligi,2022).

BÖLÜM 4

BU ALANDA YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR

Barlow, Mclenis & Derrick'e göre, güneş panellerinin imal edilmesinde kullanılan hücreler güneşten yansıyan ışınlara bağlı olarak elektrik enerjisi üretmek için imal edilmiş elemanlardır. Paneller kullanılırken problem çıkarmadan enerji üretmeleri, güvenilir olmaları ve arıza yapmamaları, son yıllarda kullanıcı sayılarının artmasını sağlamıştır. Olumsuzlukları bulunmayan çevreye zarar vermeyen, alternatif enerji kaynağı çeşitlerinden biri olan güneş enerjisi sistemlerinin, olumsuz tarafları ilk kurulum maliyetinin fazla oluşu ve yüksek verimli olmayışlarıdır.Enerji kaynağı fosil yakıt olan sistemler havayı kirletmekte, iklimlerin olumsuz yönde değişmesine etki etmektedirler. Aynı zamanda fosil kaynaklardan üretilen enerji masraflarının artmasından dolayı üretilen elektrik enerjisinin kesintisiz olması için, ülkeler çevreye zarar vermeyen ve devamlılık arzeden kaynaklardan enerji üretmeyi tercih etmiştir (Barlow, Mclenis & Derrick, 1993, s.4-17).

Yılankıran, Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynaklarını ve kullanım kapasiteleri hususunda çalışmalar gerçekleştirmiştir.Yenilenebilir enerji kaynaklarını fosil yakıtlardan daha çevreci bulmuştur.Teknolojinin gelişnesine bağlı olarak değerlendirilme şanslarının fazla olduğunu bildirmektedir.Yenilenebilir bu enerji kaynakları içerisinde bulunmakta olan jeotermel ,rüzgar ve güneş enerjisinin kullanılabilecek kapasiteye sahip olduğunu fakat bu kaynakların elektrik enerjisi üretiminde yeterince değerlendirilmediği sonucuna vardığını açıklamaktadır.Ayrıca alternatif enerji kaynakları içerisinde bulunan dalga , biyogaz ve hidrojen enerjilerininde yeterli potansiyelinin bulunduğunu fakat enerji üretiminde hiç kullanılmadıklarını söylemektedir (Yılankıran, 2004, s.10-12,43-45).

Keçel, çalışmasında fotovoltaik sistemlerin genellikle D.C. elektrik enerjisi elde etmek amacıyla kurulduğunu, 220V A.C. elektrik enerjisi ihtiyacı olduğunda, inverter aracılığı ile doğru akımın alternatif akıma dönüştürüldüğünü ve hesaplamalarda inverter kaybını %10 kabul ettiğini açıklamıştır (Keçel, 2007, s.69).

Özgöçmen, elektrik şebekesi götürmenin imkansız ve maliyetli olduğu yerlere fotovoltaik sistemlerin kurulmasını, yapmış olduğu uygulamalı bir çalışma ile ispatlamıştır (Özgöçmen, 2007,s.9).

Aksoy, çalışmasında, elektrik enerjisinin olmadığı alanlarda enerji üretmek için kullanılan benzinli veya dizel yakıtlı jeneratörler yerine gücü 1500 W olan rüzgar türbiniyle birlikte gücü 480 W olan güneş enerji sisteminden oluşan hibrit sistem kurulabileceğini açıklamıştır. Bu sistemden elde edilen elektrik enerjisi tüketildiğinde sistemin geri ödeme süresini 4 ve 6,1 yıl olarak bulmuştur. Sistem ömrü 20 yıl olarak alındığında sistemin kendisini amorti etme süresinin kısa olduğunu ve bu sistemin elektrik enerjisinin olmadığı yerlere kurulabileceğini açıklamıştır. Elektrik enerjisinin olduğu yerlere kurulduğunda ise sistemin kendini amorti etme süresini 15,8 yıl bulmuştur (Aksoy, 2011, s.110).

Üçgül, Tüysüzoğlu & Yakut**,** çalışmalarında, fotovoltaik sistemlerin kurulumunda kullanılan malzemelerin maliyetlerini 1,25 €/Wp, sistemdeki başka elemanların kurulumlarının maliyetlerini 0,037 €/Wp ve güneş enerji sisteminin toplam kurulum bedelini ise 1,29 €/Wp olarak hesaplamışlardır(Üçgül, Tüysüzoğlu & Yakut, 2014).

Eziyi & Krothapalli, çalışmalarında güneş paneli, biyokütle jeneratörü ve akülerden oluşan hibrit sistemi elektrik enerjisinin olmadığı kırlık bir alana kurmuşlardır. HOMER programı ile çalışmaları sonucunda hibrit sistemde ürettikleri elektrik enerjisi maliyetinin, dizel, petrol kullanılarak elde edilen elektrik enerji maliyetine göre %30 daha ucuz olduğunu bildirmektedirler (Eziyi & Krothapalli, 2014).

Sigarchian, Paleta, Malmquist & Pina, hibrit bir sistem planlamışlardır. Bu sistem rüzgâr türbini, biyogaz jeneratörü ve güneş panelinden oluşmaktadır. Kenya'da bir

şehirde kurmayı planladıkları hibrit sistemin kademelendirilmiş kurulum maliyetini HOMER programında hesaplamışlardır. Bu hibrit kurulumu ayrıca yalnız dizel jeneratör kullanılarak elektrik enerjisi üreten sistemle de kıyaslamışlardır (Sigarchian, Paleta, Malmquist & Pina, 2015).

Bianchini, Gambuti, Pellegrini & Saccani, çalışmalarında değişik fotovoltaik sistemler kullanarak bu sistemlerin kuruluş maliyet analizlerini, sistemlerin kendini geri ödeme sürelerini ve temizlik giderlerini araştırmışlardır. Yaptıkları bu çalışma sonucunda fotovoltaik sistemlerin kendilerini geri ödeme sürelerini 5.5 yıl bulmuşlardır (Bianchini, Gambuti, Pellegrini & Saccani, 2015).

Suganthi, Iniyan & Samuel, makalelerinde, güneş ve rüzgar enerjisi kurulum sistemleri ile ilgili optimizasyon çalışmalarının son dönemlerde yoğun olarak gerçekleştirildiğini bildirmektedirler. Aynı zamanda bu enerji kaynaklarından farklı olarak biyoenerji ile ilgili çalışmaların yapıldığını fakat yeterli olmadığını bildirmektedirler (Suganthi, Iniyan & Samuel, 2015).

Ayodele, Ogunjuyigbe & Monyei, güneş enerjisi sistemlerinin yaygınlaştırılması için sistemin kurulacağı bölgenin güneş enerjisi radyasyon verilerinin tam, doğru olarak devamlı bilinmesi gerektiğini bildirmektedirler. Güneş enerjisi radyasyon değerlerinin güneş enerjisinden tam olarak faydalanılması için önemli olduğunu yazmışlardır. Bu verileri güneş enerjisi kurulum sistemlerinin tasarımında, maliyetlerinin hesaplanmasında, verimliliklerinin bulunmasında, projenin tasarımında, maliyet analizinde ve verimliliğinin hesaplanmasında kullanmışlardır. Güneşin ışınım şiddeti, güneş enerjisi sistemlerinin çalıştırılması ve idaresi yönünden çok önem arz etmektedir. Güneş ışınımının bilinen verileri, güneşin global radyasyon değeri, dağınık güneş radyasyon değeri ya da direkt olarak gelen güneşin radyasyon değeri bilinebilecek değerlerdir. Değişik güneş enerjisi uygulamalarında bu verilerin bir bölümü diğerlerine göre ön plana çıkabilir. Güneşin ışınım değerlerine, güneş enerjisi ya da termal güneş kurulumlarının verimini bulmak için gereksinim duyulmaktadır. Bu verilere ayrıca, fotovoltaik sistemlerin enerji dağıtımlarını yönlendirmek amacıyla elektrik enerjisinin dağıtımını yapan kurumların ihtiyacı vardır (Ayodele, Ogunjuyigbe & Monyei, 2016).

Mandal & Panja, yaptıkları çalışmada, fosil yakıtların Dünya genelinde azalması nedeniyle yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasını zorunlu hale getirdiğini bildirmektedirler. Güneş enerjisinin zararsız, azalmayan ve çevreci bir yenilenebilir enerji kaynağı olduğunu söylemektedirler. Elektrik enerjisi ihtiyacının karşılanmasında yalnız güneş enerjisi santralleri veya rüzgâr enerjisi santrallerinin kullanımının yeterli olmadığının düşünülmesi gerektiğini bildirmektedirler. Bunun nedenini de her dönemde ve mevsimde her iki kaynağında yeterli elektrik enerjisi üretebilecek kaynak olmadıklarını söylemektedirler. Bu nedenle Dünya'daki enerji ihtiyacını gidermek için fotovoltaik sistemler ile konvansiyonel sistemlerin birlikte kullanıldığı alternatifl enerji kaynaklarını çözüm olarak görmektedirler. Bu çalışma, dünyada yapılan ilk düşük güçlü on-grid güneş enerjisi santralidir. Çalışmada1 kWp sistem tasarımı için çalışılmış sonrada sistemi, araştırmalarını yaptığı konutun üstüne monte etmişler ve şebekeye bağlantısını yapmışlardır. On-grid sistemin verimli bir şekilde çalıştığı tespit edilmiştir. Kurulan sistemin verimini analiz etmişler ve 1003 W/ m² dolaylarındaki radyasyon düzeyinde hatta en fazla 814 W enerji verdiğini ve değişik radyasyon düzeylerinde sistem verimliliğinin 12,3% ile 18,42 % aralığında olduğunu tespit etmişlerdir. Aynı zamanda yağışın olduğu mevsimlerde kurulan güneş enerji sisteminin enerji üretiminin 3- 4 kWh / gün olduğunu tespit etmişlerdir. Bu veriler, kurulan sistemin verimli olduğunu ve kullanılabileceğini göstermektedir. Benzeri sistemlerin okullarda, ofislerde üniversitelerde, ticari binalarda ve mağazalarda kullanılarak elektrik enerjisi için yapılan ödemelerin azaltılacağını söylemektedirler (Mandal & Panja, 2016).

Heydari & Askarzadeh'in çalışmalarında, hibrit bir sistem planlamışlardır. Bu sistem biyogaz jeneratörü ve güneş panelinden oluşmaktadır. Tasarladıkları sistemin, şu anki kurulum maliyet analizini ve güç kaybı olabilecek durumları araştırmışlardır. Çalışmada hibrit kurulumun, yalnız güneş enerjisi sistemi veya yalnız biyogaz sisteminden maliyet açısından daha uygun olduğunu tespit etmişlerdir. Elektrik enerjisinin olmadığı yerlerde de güvenli ve kurulum maliyeti az olan bir sistem olarak tercih edilebileceğini bildirmektedirler (Heydari & Askarzadeh, 2016).

Aldudak'ın, yaptığı çalışmada, kurulmuş olan fotovoltaik santralden alınan veriler PVSYST programınca hesaplanarak karşılaştırılmış ve programdan elde edilen veriler ile santral verileri arasındaki benzerlik bildirilmiştir. Güneş enerjisi sistemi kurmak isteyenlere, değişik alanlar için bu programı aracılığı ile simülasyon uygulaması yapılmıştır (Aldudak,2018).

Gözmen ve Dilsel,çalışmalarında Mersin'deki ofis olarak kullanılan konteynerın ihtiyacı olan elektrik enerjini üretmek için bir güneş enerjisi sistemi tasarlayıp maliyet analizi yapmışlardır. Verilerin en düşük gerçekleştiği Ocak ayı değerlerini dikkate alarak gerçekleştirdikleri çalışma neticesinde , konteynerın ihtiyacı olan elektrik enerjisinin tamamının 12 ay boyunca sistemden elde edilebileceğini bulmuşlardır (Gözmen ve Dinsel, 2018).

Sadıkoğlu, yapmış olduğu çalışmada gücü 1 MWp plan şebekeye bağlı bir güneş enerji santralin kurulum maliyetinin 2.902.000 ₺ olduğunu hesap etmiştir(Sadıkoğlu, (2018).

Cavalcante, Souza Silva, Villalva,& Lins**,** Brezilya'daki Mogi Mirim kentinde yaptıkları araştırmada, 3 MW güce sahip santralin analiz çalışmalarını PVSYST programı kullanarak yapmışlardır. Güneş santralinin yapımında gücü 330W olan 9.900 adet Canadian marka polikristal güneş paneli kullanmışlardır. Sistemden enerji hattına 4.560 MWh enerji verileceğini ve santralin verimini de % 76 olarak bulmuşlardır (Cavalcante, Souza Silva, Villalva,& Lins, 2019).

Erkoç, araştırmasında güneş enerjisi sistemlerinin ömürlerini 25 yıl olduğunu söylemektedir (Erkoç, 2019, s.36).

Perdahlıyan & Öztuna, çalışmalarında Edirne'deki bir işletme binasın da çatı için PVSYST programı kullanarak fotovoltaik sistem tasarlamışlardır. Sistemin geri ödeme süresini en kısa 7,43 yıl, en uzun 10,18 yıl olduğunu hesaplamışlardır (Perdahlıyan & Öztuna, 2021).

Park& vd., yapmış oldukları çalışmada, enerji tüketen sanayinin güneş enerjisi ile harekete geçirilebilmesi için, güneş enerjisi tesislerinin elektrik maliyetinin, elektrik şirketinin elektrik faturasından daha düşük olması, elektrik faturası ile güneş enerjisi maliyeti arasındaki farkın kurulumundan az olması gerektiğini belirtmişlerdir. Enerjiyi fazla tüketen ülkelerde elektrik faturalarının alternatif enerji kaynaklarının kullanımında karar verme sürecinde etkili olduğunu belirtmektedirler. Sonuç olarak, elektrik fiyatları yükseldikçe ve yenilenebilir enerji üretim maliyetlerinin maliyeti düştükçe, tüketicilerin yenilenebilir enerji kaynaklarını kurmaya yöneleceklerini bildirmektedirler(Park& vd. ,2021)

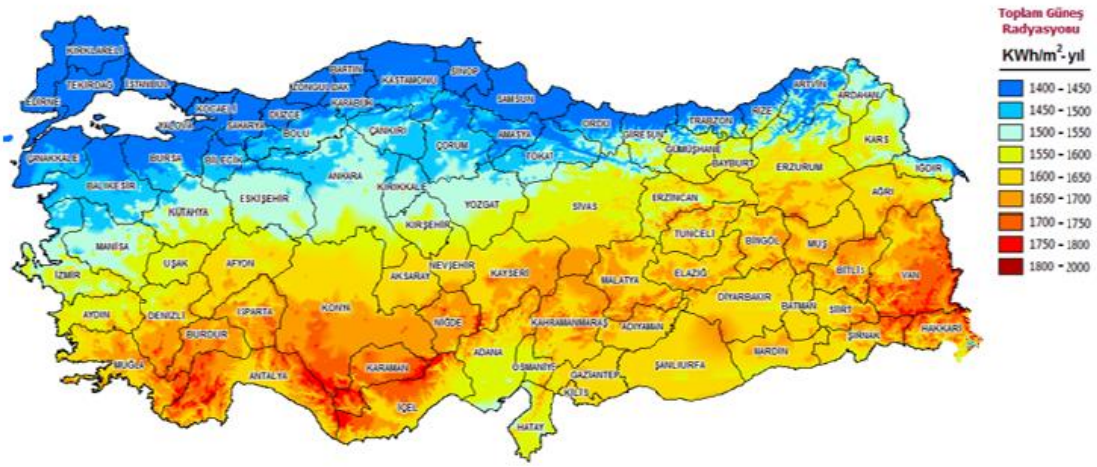
BÖLÜM 5

MATERYAL VE YÖNTEM

5.1. Materyal

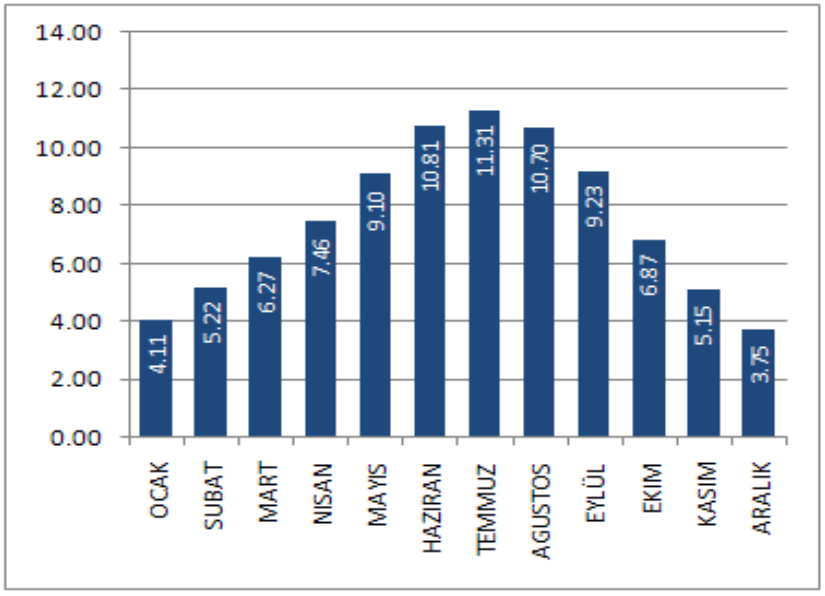
5.1.1. Türkiye Güneş Enerjisi

- Yıllık ortalama toplam güneşlenme süresi=2741,07 saat/yıl
- Günlük ortalama toplam güneşlenme süresi=7,50 saat/gün
- Yıllık ortalama toplam ışınım şiddeti=1527,46 kWh/m^2-yıl
- Günlük ortalama toplam ışınım şiddeti=4,18 kWh/m^2gün.



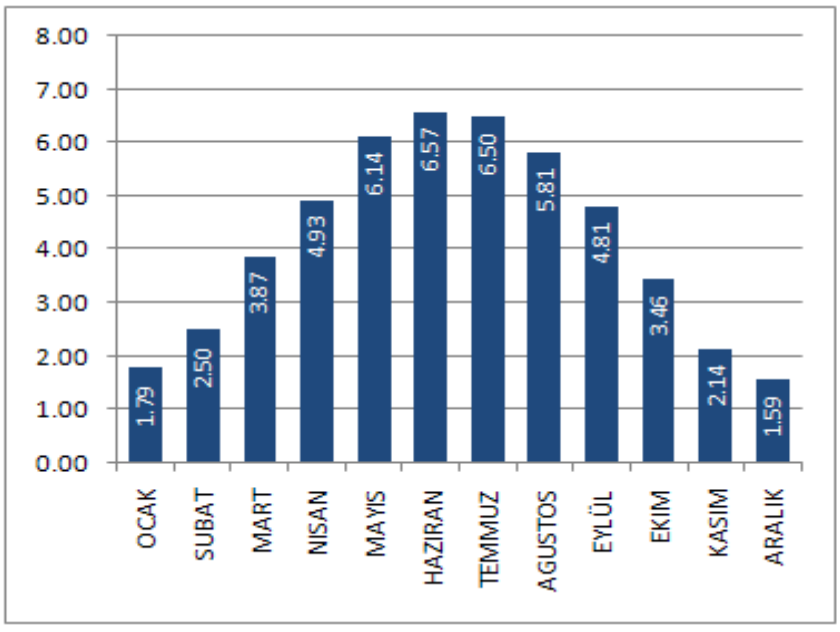
Şekil 5.1. Türkiye Güneş Radyasyon Haritası (gepa enerji,2022)

Türkiye'nin aylara göre güneşlenme sürelerini Şekil 5.2.'de gösterilmiştir (gepa enerji, 2022). Günlük güneşlenme süreleri en yüksek olarak Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında gerçekleşmiştir.



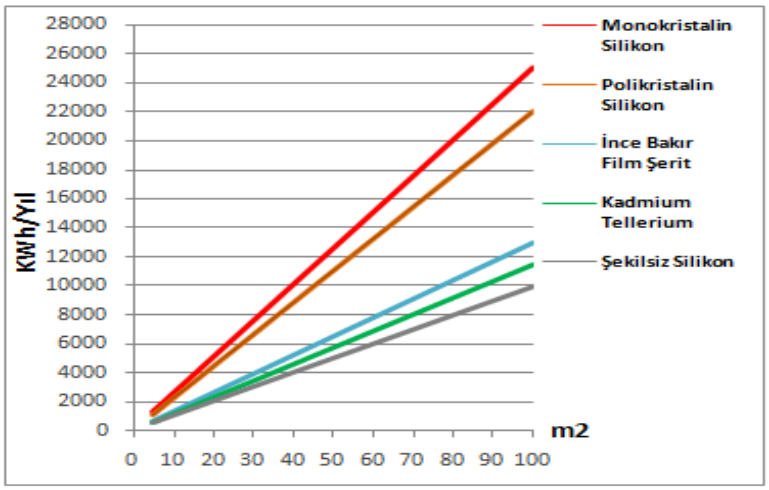
Şekil 5.2. Türkiye Güneşlenme Süreleri (Saat) (gepa enerji,2022)

Şekil 5.3.'te Türkiye'deki radyasyon değerleri aylık olarak gösterilmiştir (gepa enerji, 2022).



Şekil 5.3. Türkiye Global Radyasyon Değerleri (KWh/m^2-gün)
(gepa enerji,2022)

Şekil 5.4.'te Türkiye'de güneş paneli çeşidine göre yıllık elde edilecek elektrik enerjisi miktarları verilmiştir (gepa enerji, 2022).



Şekil 5.4. Türkiye PV Tipi-Alan-Üretilebilecek Enerji (kWh-Yıl)(gepa enerji,2022)

Çizelge 5.1.'de Türkiye'nin bölgelere göre yıllık ortalama güneş enerjisi potansiyeli dağılımı verilmiştir (gepa enerji, 2021).

Çizelge 5.1. Türkiye'de Bölgelere Göre Yıllık Ortalama Güneş Enerji Potansiyelinin Dağılımı

BÖLGE	TOPLAM GÜNEŞ ENERJİSİ (kWh/m2-yıl)	GÜNEŞLENME SÜRESİ (Saat/Yıl)
G.DOGU ANADOLU	1460	2993
AKDENİZ	1390	2956
DOĞU ANADOLU	1365	2664
İÇ ANADOLU	1314	2628
EGE	1304	2738
MARMARA	1168	2409
KARADENİZ	1120	1971

Türkiye'de 2022 yılı Ekim ayı sonu itibarıyla güneş enerjisine bağlı toplam kurulu güç 9.120,4 MW'a ulaşmış olup toplam kurulu güç içindeki oranı %8,83'tür (Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi Raporları, 2022.)

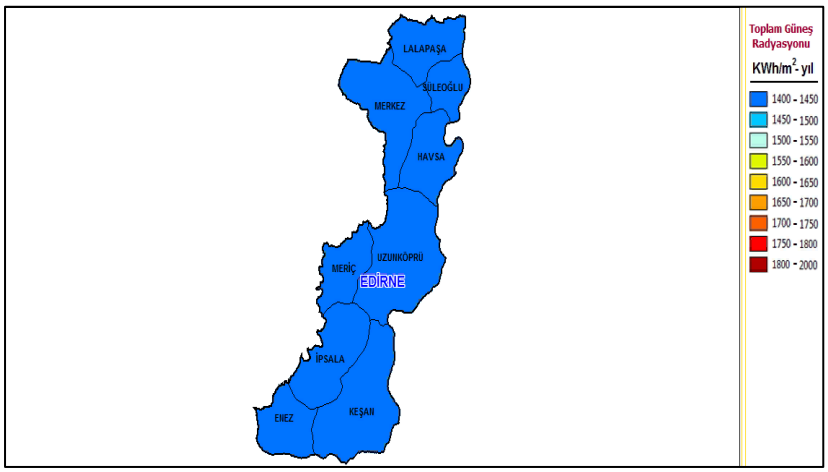
5.1.2. Edirne İli Verileri

5.1.2.1. Güneş Enerji Potansiyeli

Mevcut güneş enerjisi santrali kurulu gücü 2.49 MW'tır (enerji atlası, 2021)

Coğrafi konum olarak Edirne'nin güneş enerji potansiyeli çok yüksektir.

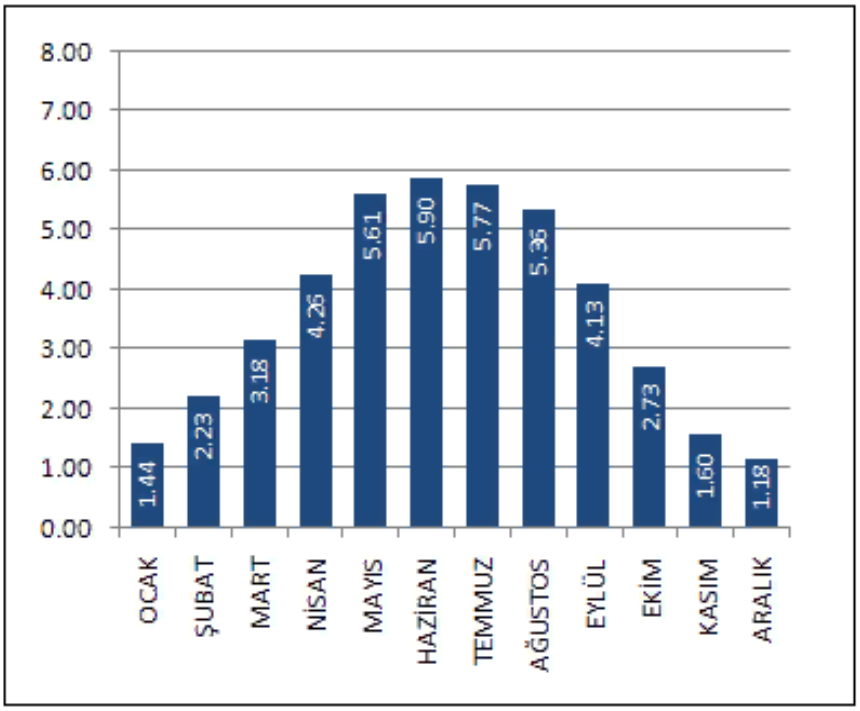
- Yıllık toplam ortalama güneşlenme süresi=2693,7 saat/yıl
- Günlük toplam ortalama güneşlenme süresi=7,38 saat/gün
- Yıllık toplam ortalama ışınım şiddeti=1332,25 kWh/m^2-yıl
- Günlük toplam ortalama ışınım şiddeti=3,65 kWh/m^2-gün.



Şekil 5.5. Edirne İli Güneş Enerji Radyasyonu (gepa enerji, 2022)

Şekil 5.5.'te Edirne ili global radyasyon miktarları aylık olarak gösterilmiştir (gepa enerji, 2022). Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz ve Eylül aylarına ait Radyasyon miktarlarının diğer aylara göre daha fazla olduğu görülmektedir.

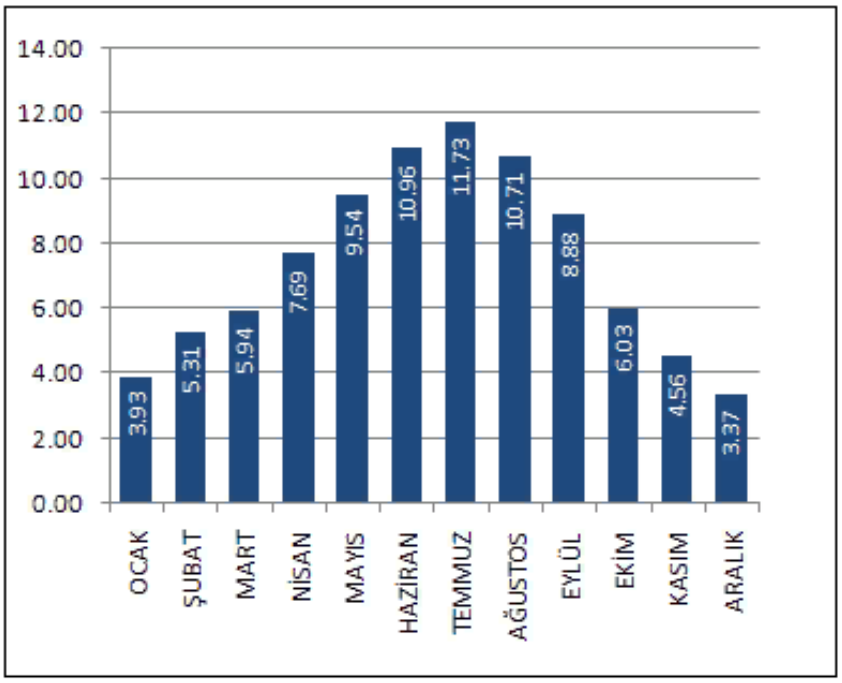
Şekil 5.6.'da da Edirne güneş radyasyon değerlerinin, Türkiye ortalamasına yakın değerlerde olduğu görülmektedir.



Şekil 5.6. Edirne İli Global Radyasyon Değerleri (kWh/m^2-gün) (gepa enerji,2022).

5.1.2.2. Güneşlenme Süreleri

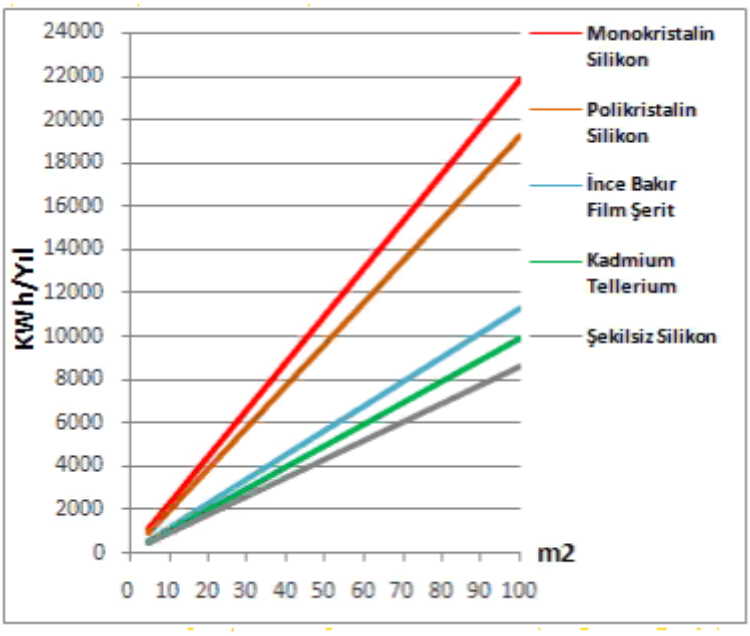
Edirne iline ait aylık ve günlük güneşlenme süreleri yardımıyla hesaplanan yıl içerisinde ortalama günlük güneşlenme süresi 7,38 saat olarak bulunmuştur, bu değer Türkiye'nin ortalama güneşlenme süresi olan 7,49 saate yakın bir değerdir. Edirne ili günlük ortalama güneş görme süresinin Türkiye ortalama günlük güneş görme süresi civarında tespit edilmiştir. Edirne ili aylara ait güneşlenme süreleri Şekil 5.7.'de gösterilmiştir (gepa enerji, 2022).



Şekil 5.7. Edirne İlinin Güneşlenme Süreleri/saat (gepa enerji,2022)

5.1.2.3. PV Tipi-Alanda Üretilen Enerji

Panel tipine göre Edirne ilinde üretilecek elektrik enerjisi Şekil 5.8.'de gösterilmiştir (gepa enerji, 2022). Monokristal panel veriminin diğer panellere göre yüksek olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 5.8. Edirne PV Tipi-Alanda Üretilen Enerji (kWh-Yıl) (gepa enerji,2022).

5.1.2.4. Sanayi Kuruluşlarında 2021 ve 2022 Yılına Ait Tüketimler

Sanayi kuruluşlarında 2021 ve 2022 yıllarında elektrik enerjisi tüketim verilerinin aylara göre dağılımı Çizelge 5.2.'de gösterilmiştir (epdk, 2022).

Çizelge 5.2. Sanayi Kuruluşlarında Tüketimler

AYLAR	TÜKETİMLER MWh
Ağustos -2021	28.432,82
Eylül- 2021	28.431,97
Ekim- 2021	28.447,25
Kasım- 2021	28.450,18
Aralık- 2021	28.455,54
Ocak- 2022	28.439,95
Şubat- 2022	58.440,25
Mart- 2022	68.285,9
Nisan- 2022	43.282,4
Mayıs- 2022	43.282,77

Haziran- 2022	**41.040,77**
Temmuz-2022	**31.040,79**
Toplam-Yıllık	**456.030,57**

Bir yılda sanayi kuruluşlarında tüketilen toplam elektrik enerjisi miktarı 456.030.570 kWh'tir.

5.1.3. Hesaplamalarda Kullanılan Program

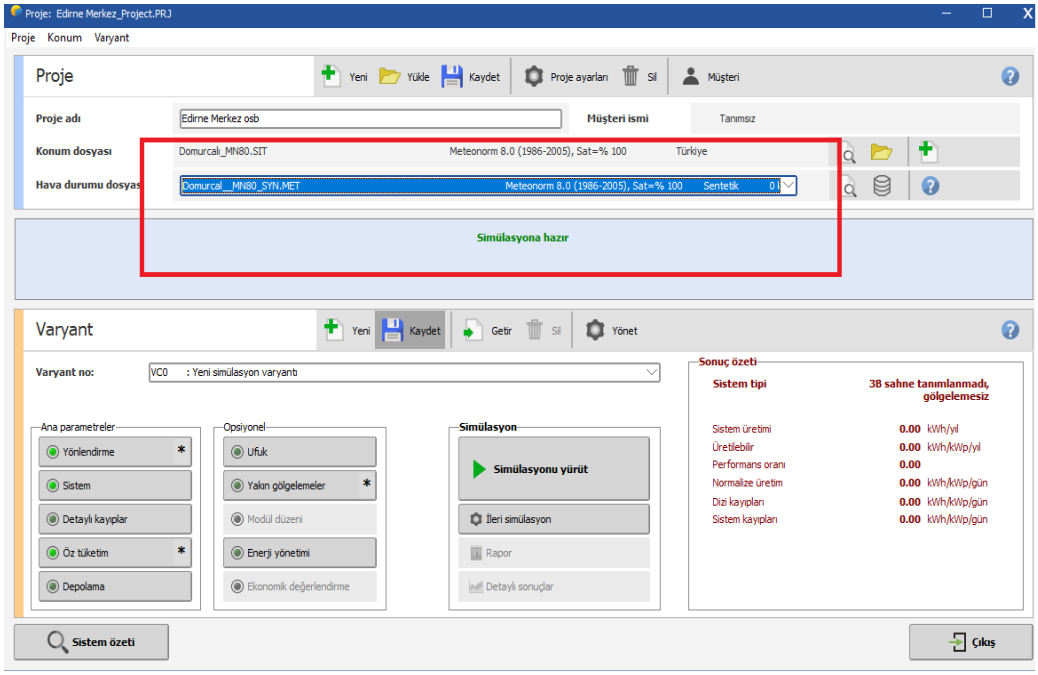
Bu çalışmada hesaplamalarda PVSYST 7.2 programı kullanılmıştır.Programa bir yılda sanayide tüketilen elektrik enerjisi miktarı, sistemin kurulacağı alanın coğrafi konumu, enlem ve boylam değerleri PVSYST programına girilerek global yatay ışınlama, yatay difüz ışınlama ve dizinin çıkışında etkili enerji değerleri çıktı olarak alınmıştır. Ayrıca program tarafından sistemin kurulumu için ihtiyaç duyulan toplam panel; gücü,sayısı,yüzey alanı ile inverter gücü ve sayısı hesaplanmıştır.

5.2. Yöntem

Bu çalışmada; Edirne ili sanayi kuruluşlarında tüketilen elektrik enerjisinin yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş enerji sistemlerinden karşılanabilmesi için ihtiyaç duyulan; toplam panel gücü, panel sayısı, inverter gücü sistemin kurulum maliyeti ve kendini geri ödeme süresinin hesaplamasını amaçlayan bir çalışmadır. Bu çalışmada hesaplamalar sanayi kuruluşlarında tüketilen toplam elektrik enerjisi miktarları, Edirne iline ait güneş enerjisi verileri dikkate alınarak yapılmıştır. Bu kapsamda sanayi kuruluşlarında tüketilen elektrik enerjisi için gerekli olan enerji sistemleri tasarımı için hesaplamalar ve PVSYST programı kullanılmıştır.

5.2.1. Ortalama Aylık Güneş Enerji Potansiyeli

Programa Edirne ilinin coğrafi konum bilgileri girilerek, Edirne ili aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli PVSYST 7.2 güneş enerjisi sistemleri tasarımı programı kullanılarak belirlenmiştir. Coğrafi konum bilgileri Şekil 5.9.'da görülmektedir.



Şekil 5.9. Coğrafi Konum Bilgilerinin Girilmesi

5.2.2. Güneşlenme Süresi

Güneşlenme süresi bir yıldaki aylara ait güneş görme zamanları toplanarak bu ayların toplam sayısına bölünerek hesaplanmıştır. Aylara ait güneş görme verileri Şekil 5.7.'den alınmıştır.

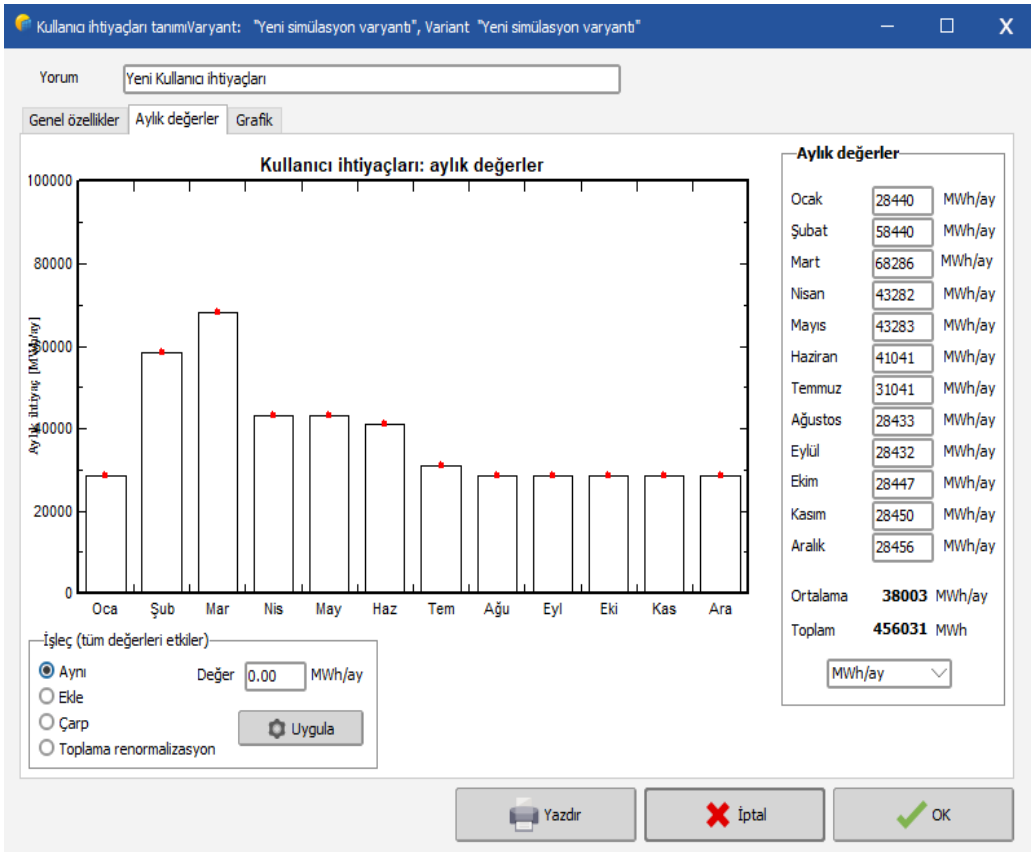
5.2.3. Aylık Üretim

Elektrik enerjisi üretimi ay bazında bulunurken, sistemin kurulumu için ihtiyaç duyulan panel gücü ile ay bazındaki toplam ışınım süresi çarpılmış ve her ay için ayrı ayrı hesaplanmıştır.

5.2.4. Sanayi Kuruluşlarında İhtiyaç Duyulan Ortalama Günlük Elektrik Enerjisi

Sanayi kuruluşlarında ihtiyaç duyulan günlük elektrik enerjisi miktarı bulunurken PVSYST 7.2 güneş enerjisi sistemleri tasarımı programına sanayi kuruluşlarının aylık olarak tükettikleri elektrik enerjisi miktarları girilerek program tarafından hesaplanmıştır.

Programa girilen aylık tüketimler Şekil 5.10.'da görülmektedir. Ayrıca (5.1) nolu denklem ile de hesaplanmıştır. Bu hesaplamada bir yılda toplam olarak bir yılda tüketilen elektrik miktarı 365'e (toplam gün sayısı) bölünmesiyle hesaplanmıştır. Çizelge 5.2.'den elektrik enerjisi tüketiminin aylık değerleri alınmıştır.



Şekil 5.10. Aylara Göre Tüketim Bilgilerinin Girilmesi

$$Egi = \frac{Et}{Gts} \qquad \text{(Denklem 5.1.)}$$

5.2.5. Sanayi Kuruluşlarında İhtiyaç Duyulan Ortalama Saatlik Elektrik Enerjisi

Sanayi kuruluşlarında ihtiyaç duyulan ortalama saatlik elektrik enerjisi miktarı, PVSYST 7.2 güneş enerjisi sistemleri tasarımı programına sanayi kuruluşlarının aylık olarak tükettikleri elektrik enerjisi miktarları girilerek program tarafından hesaplanmıştır.

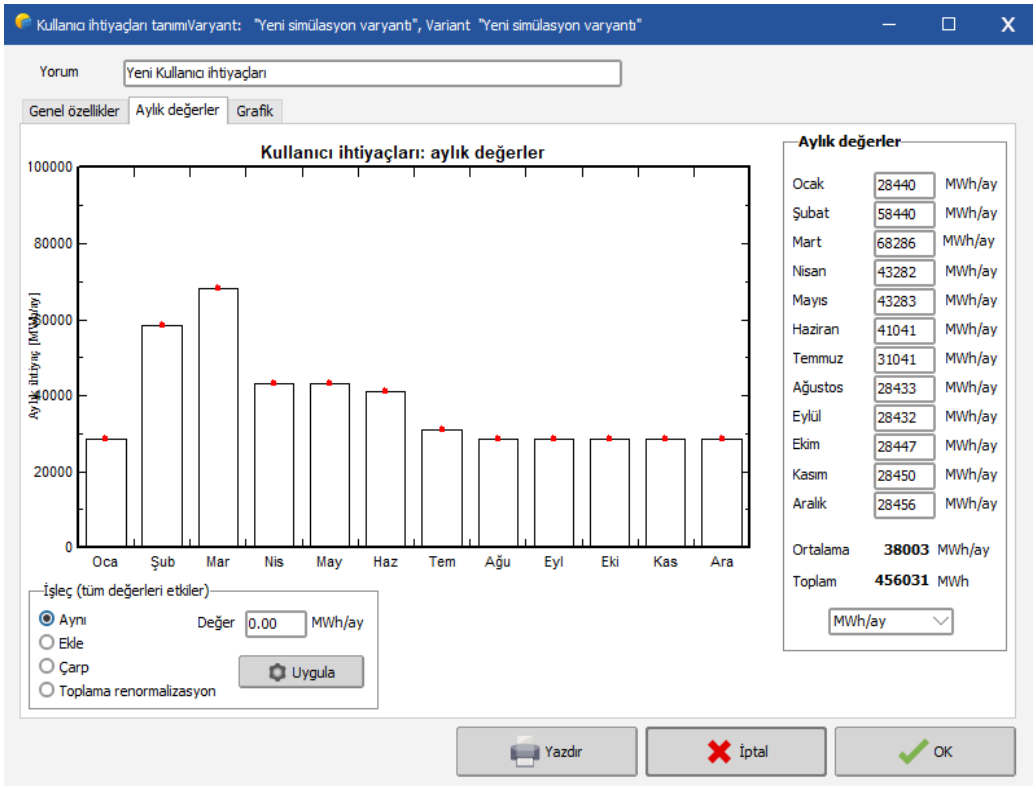
Ayrıca sanayi kuruluşlarında ihtiyaç duyulan elektrik enerjisinin ortalama saatlik miktarı hesap edilirken (5.2) nolu denklemden yararlanılmıştır. Hesaplamada bir günde ihtiyaç duyulan elektrik enerjisi miktarı 24 saate bölünmüştür.

$$\boldsymbol{Esi = \frac{Egi}{24}} \qquad \text{(Denklem 5.2.)}$$

5.2.6. Sanayi Kuruluşlarında İhtiyaç Duyulan Toplam Panel Gücü

Sanayi kuruluşlarının ihtiyacı olan toplam güneş panel gücü hesaplanırken programa sistemin yıllık olarak üretmesi gereken elektrik enerjisi miktarı olan 456.030.570 kWh ile kullanılacak panelin gücü olan 455 Watt girilmiştir.

Program olarak PVSYST 7.2 güneş enerjisi sistemleri tasarımı programı kullanılmıştır. Programa girilen üretilmesi gereken elektrik enerjisi miktarı Şekil 5.11.de görülmektedir.



Şekil 5.11.Üretilmesi Gereken Elektrik Enerjisi Miktarı

5.2.7. Sanayi Kuruluşlarında İhtiyaç Duyulan Toplam Panel Sayısı

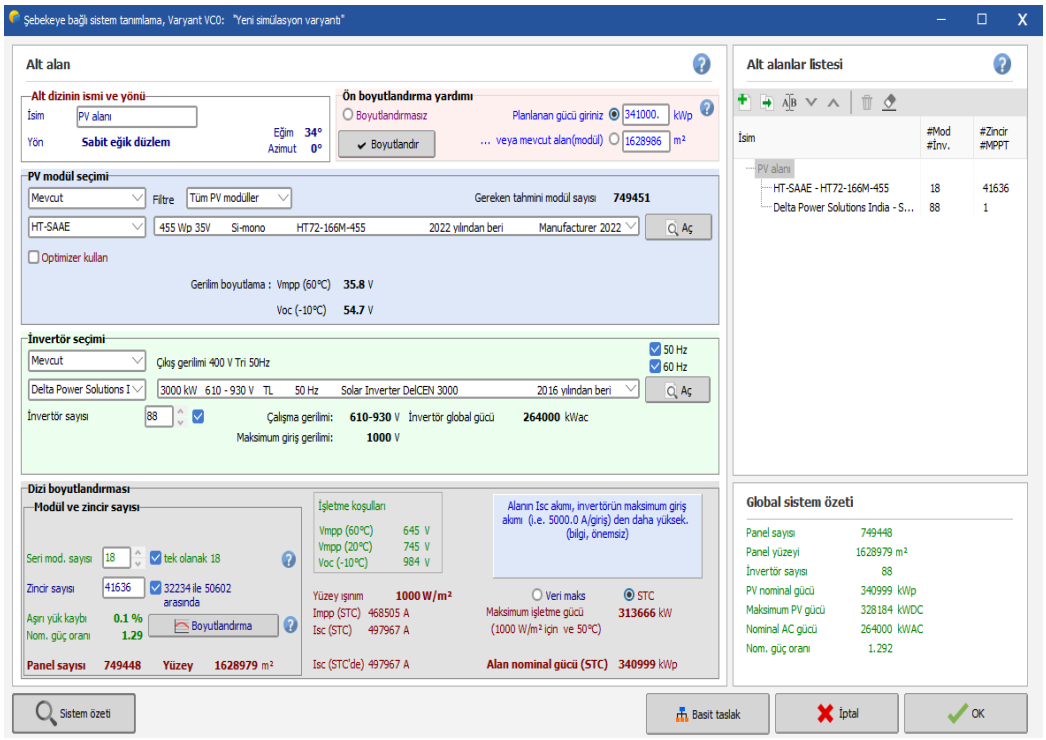
Sanayi kuruluşları için 455 Watt gücünde gerekli olan toplam panel sayısı bulunurken PVSYST 7.2 güneş enerjisi sistemleri tasarımı programı kullanılmıştır. Programa gerekli olan toplam panel gücü girilerek program tarafından hesaplanmıştır. Ayrıca toplam panel gücü bir panelin gücüne bölünerek de bulunabilmektedir.

5.2.8. Sanayi Kuruluşlarında İhtiyaç Duyulan Toplam Panel Yüzey Alanı

Sanayi kuruluşları için 455 Watt gücünde paneller kullanıldığında toplam panel yüzey alanı bulunurken PVSYST 7.2 güneş enerjisi sistemleri tasarımı programı kullanılmıştır. Programa sistemde gerekli olan toplam panel gücü girilmiştir.

5.2.9. Sanayi Kuruluşlarında İhtiyaç Duyulan Toplam İnverter Gücü

İnverter gücü hesaplanırken, inverterin gücü, çalıştırılacak elemanların gücünden yüksek olmalıdır. Sanayi kuruluşları için 3000 kW gücünde inverterler kullanıldığında gerekli olan toplam inverter gücü ve sayısının hesaplanmasında PVSYST 7.2 güneş enerjisi sistemleri tasarımı programı kullanılmıştır. Programda sistemde kullanılması planlanan inverter gücü seçilmiştir. Sistemde kullanılması planlanan inverterin gücü Şekil 5.12.'de verilmiştir.



Şekil 5.12. Seçilen İnverter Gücü Bilgilerinin Girilmesi

5.2.10. Sistemin Kurulum Maliyeti

Sistemin kurulmasında Monokristal paneller kullanıldığı zaman sistem maliyet hesaplamalarında kWp birim kuruluş maliyeti ile sanayi kuruluşları için ihtiyaç duyulan toplam güneş panel gücü çarpılmıştır.

Yalılı, yapmış olduğu lisanslı ve şebekeye bağlı bir GES çalışmasında maliyeti bulurken sistemde monokristal panel kullanmış ve kW başına kurulum maliyetini 597,851 **$** olarak bulmuştur (Yalılı,2021).

Kurulum maliyeti hesaplamalarında; monokristal panel kullanıldığında Wp başına 0,99 €, polikristal panel kullanıldığında 0,95 € olarak kabul edimiştir(Biçen,2018).

5.2.11. Ekonomik Analiz

Sistem kurulumunun ekonomik analizi**;** devlet destek bedeli, yerli paneller kullanıldığında ilave ek destek bedeli, sanayi kuruluşlarında tüketilen elektrik enerjisinin bedeli ve sistemin kurulum maliyeti kullanılarak yapılmıştır. Hesaplamalarda devlet destek bedeli 0,32 ₺/kWh, yerli panel tercih edildiğinde ise ilave ek 0,08 ₺/kWh (mevzuat.gov.tr/mevzuatmetin,2021, sanayide kullanılan elektrik enerjisi birim fiyatı 4.3566 ₺/kWh alınmıştır (EPDK. Elektrik-faturalarina-esas-tarife,2022).

BÖLÜM 6

BULGULAR VE TARTIŞMA

6.1. Güneş Enerjisinin Aylık Potansiyeli

Edirne İlinin aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli en yüksek temmuz ayında 206,9 kWh, haziran ayında 203,6 kWh, mayıs ayında 200,2 kWh olarak bulunmuştur. En düşük olarak aralık ayında 43 kWh, ocak ayında 51,3 kWh, kasım ayında 53,9 kWh olarak bulunmuştur. Aylara ait güneş enerjisi potansiyeli değerleri Şekil 6.1.'de verilmiştir. Yıllık toplam güneş enerjisi potansiyeli 1501,5 kWh/m^{2}'dir.

Bilanço ve Genel Sonuçlar

	GlobHor kWh/m²	DiffHor kWh/m²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray GWh	E_Grid GWh	PR oran
Ocak	51.3	26.89	3.37	84.8	83.4	13.77	13.52	0.943
Şubat	67.1	34.95	5.36	95.3	93.9	15.23	14.97	0.929
Mart	110.6	52.04	9.47	139.0	136.2	21.64	21.29	0.906
Nisan	149.0	71.36	13.84	162.1	158.6	24.57	24.18	0.882
Mayıs	200.2	78.27	19.54	197.6	193.0	29.07	28.60	0.856
Haziran	203.6	85.70	23.73	192.6	188.0	27.91	27.45	0.843
Temmuz	206.9	84.16	27.12	198.4	193.5	28.30	27.83	0.829
Ağustos	187.4	76.54	27.31	198.0	193.5	28.23	27.78	0.830
Eylül	136.9	55.60	21.36	165.7	162.5	24.30	23.92	0.853
Ekim	91.5	46.22	15.26	122.8	120.6	18.72	18.42	0.887
Kasım	53.9	31.82	10.09	79.9	78.6	12.57	12.34	0.913
Aralık	43.0	24.13	4.90	71.8	70.6	11.62	11.41	0.940
Yıl	1501.5	667.68	15.17	1708.1	1672.5	255.92	251.71	0.871

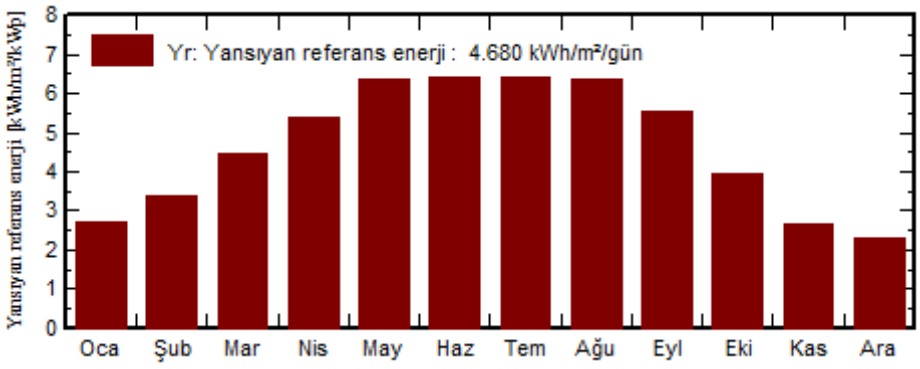
Açıklama

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		

PVsyst DENEME

Şekil 6.1. Aylara Göre Güneş Enerjisi Potansiyeli

Panellerin yüzeylerine yansıyan güneşin referans enerji değerleri aylık olarak Şekil 6.2.'de verilmiştir.En yüksek değerler mayıs,haziran,temmuz ve ağustos aylarındadır.



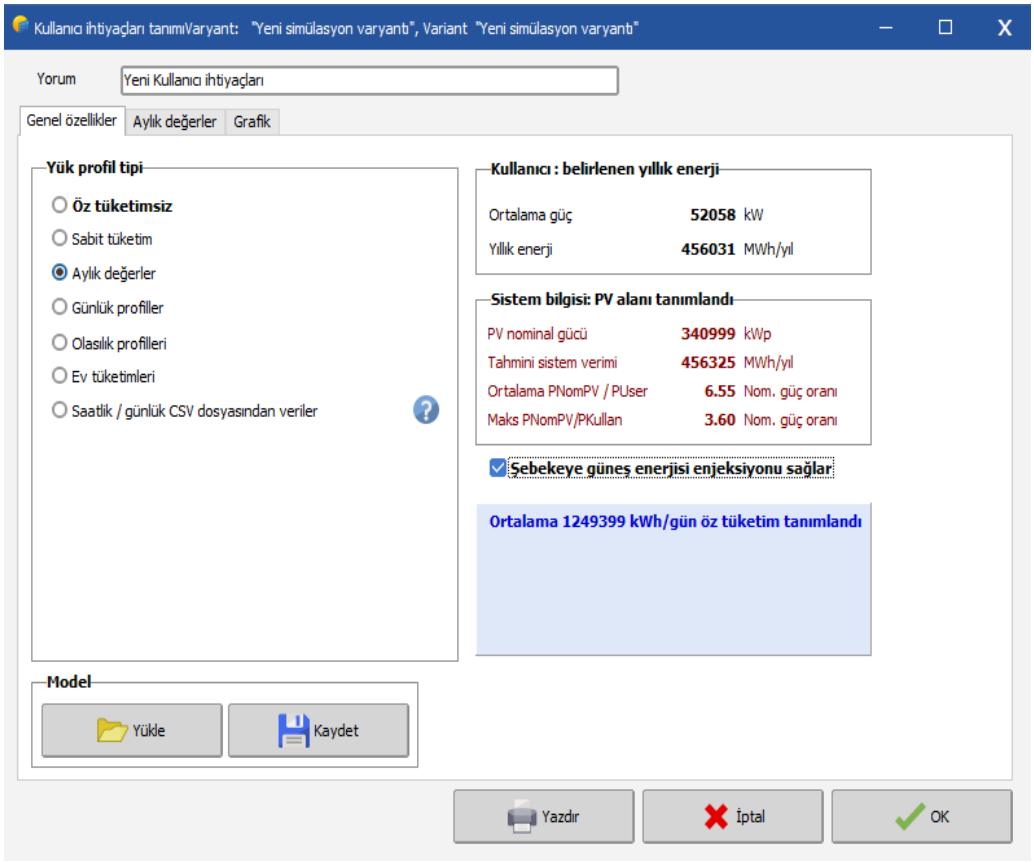
Şekil 6.2. Aylara Göre Kollektör Dilimine Yansıyan Referans Enerji

6.2. Güneşlenme Süresi

Günlük güneşlenme süresi, bir yıldaki ayların toplam güneşlenme süreleri olan 88,65 h' in toplam ay sayısı 12'ye bölünmesiyle 7,3875 h olarak bulunmuştur.

6.3. Sanayi Kuruluşlarında İhtiyaç Duyulan Günlük Ortalama Elektrik Enerjisi

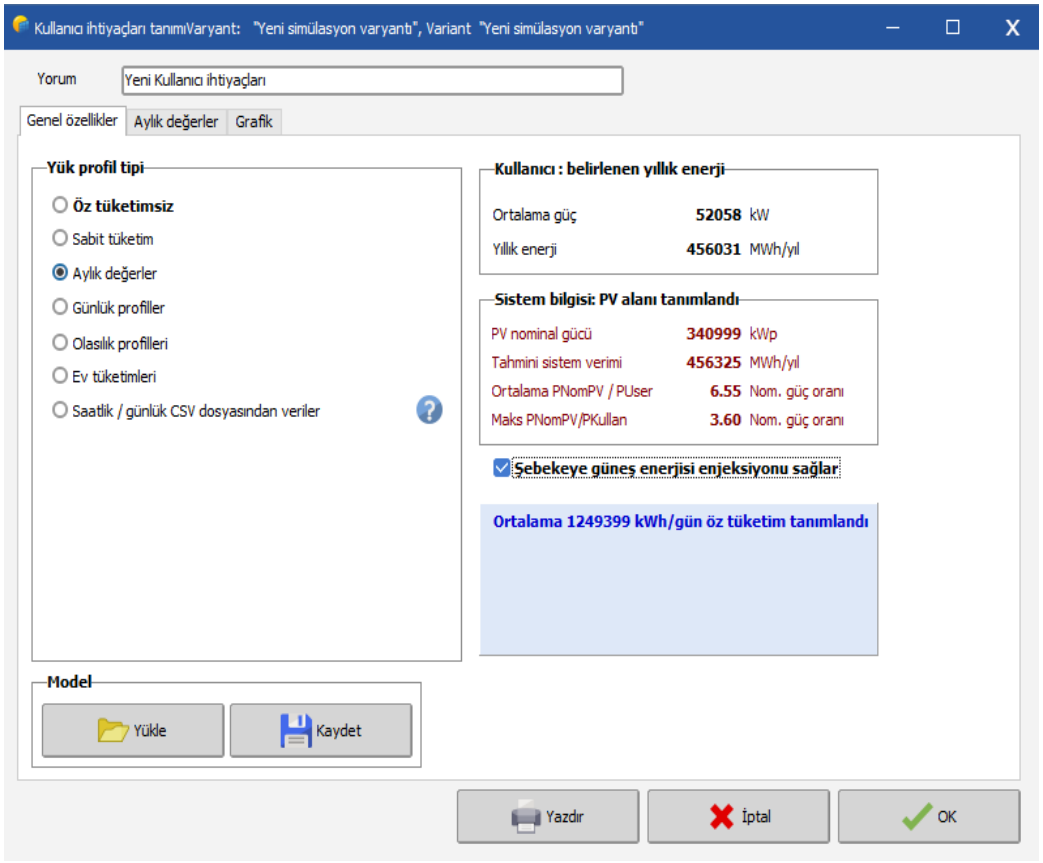
Sanayi kuruluşları için gerekli olan günlük elektrik enerjisi; 2021 ve 2022 yılında tüketilen toplam elektrik enerjisi miktarı olan 456.030.570 kWh programa girilerek program tarafından ve ayrıca toplam tüketim olan 456.030.570 kWh ayların toplam gün sayısına olan 365'e bölünerek 1.249.398,821 kWh olarak bulunmuştur. Her iki hesaplama yönteminde de ihtiyaç duyulan günlük ortalama elektrik enerjisi miktarı aynı bulunmuştur. Program tarafından bulunan değer Şekil 6.3.'te görülmektedir.



Şekil 6.3. İhtiyaç Duyulan Günlük Ortalama Elektrik Enerjisi

6.4. Sanayi Kuruluşlarında İhtiyaç Duyulan Saatlik Ortalama Elektrik Enerjisi

Sanayi kuruluşlarının bir saate ihtiyacı olan ortalama elektrik enerjisi; gerekli olan günlük elektrik enerjisi miktarı 1.249.398,821 kWh 24'e bölünerek 52.058,284 kWh olarak bulunmuştur. Program tarafından bulunan değer Şekil 6.4.'te verilmektedir.

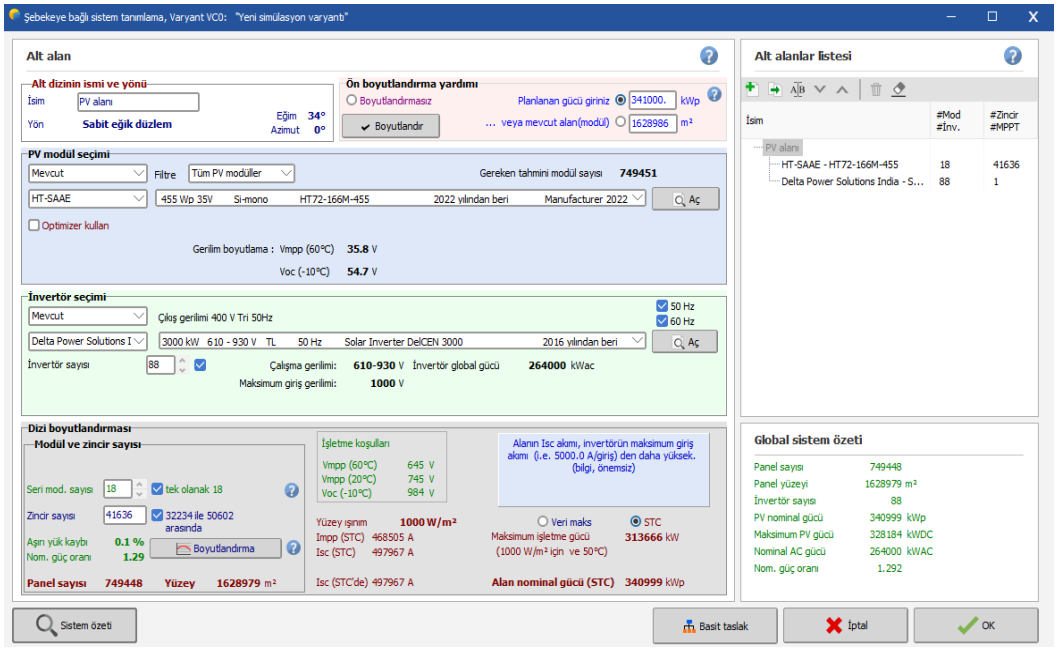


Şekil 6.4. İhtiyaç Duyulan Saatlik Ortalama Elektrik Enerjisi

6.5. Sanayi Kuruluşlarında İhtiyaç Duyulan Toplam Panel Gücü

Sanayi kuruluşları için ihtiyaç duyulan toplam güneş paneli gücü; gerekli olan günlük elektrik enerjisi miktarı 1.249.398,821 kWh, elektrik enerjisinin güneşten elde edilen günlük miktarı olan 4,113'e bölünmesiyle 303.768,053 kWp olarak bulunmuştur. Sistemdeki modüllerin toplam verim kaybı olan %10,9 dahil edildiğinde program tarafından hesaplanan gerekli olan toplam panel gücü 341.000 kWp'tir. Program tarafından hesaplanan 341.000 kWp toplam panel gücü Şekil 6.5.'te görülmektedir. Sistemden yıllık olarak 456.325.000 kWh elektrik enerjisi elde edilmektedir.

Güneş enerjisinden m^2 den elde edilen günlük elektrik enerjisi miktarı bulunurken bir yıl boyunca üretilen elektrik enerjisi miktarları toplamı olan 1.501,5 kW, 12 ayın gün sayısı 365'e bölünerek 4,113 kWh m^2-gün olarak bulunmuştur.



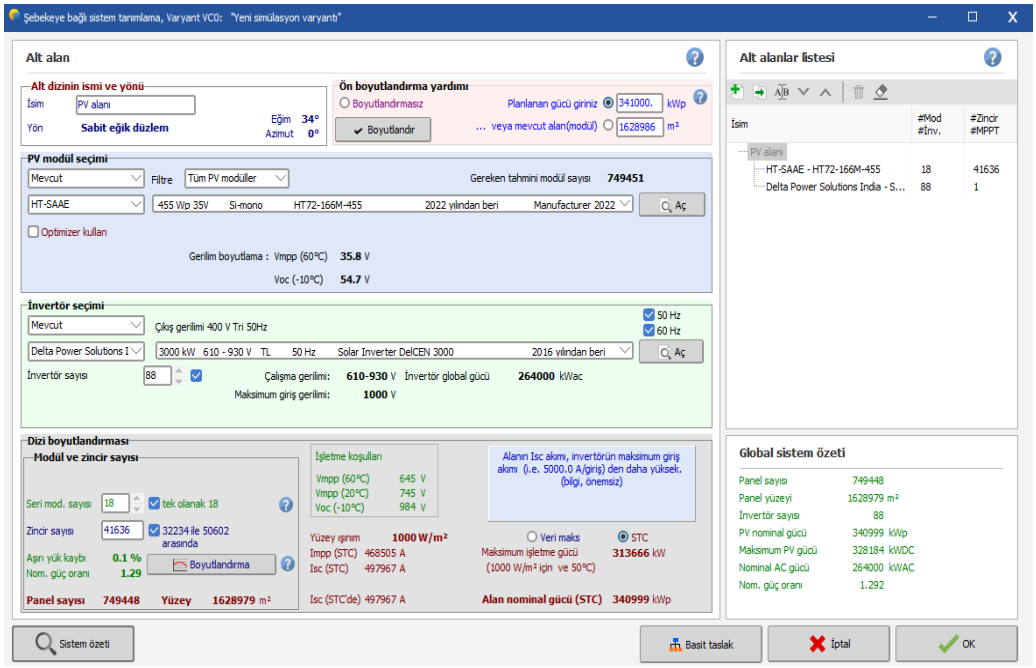
Şekil 6.5. İhtiyaç Duyulan Toplam Panel Gücü

Yalılı, yapmış olduğu çalışmada 1 MW gücündeki lisanslı ve şebekeye bağlı bir güneş enerji santralinin kurulabilmesi için 1008 kWp monokristal panele ihtiyaç olduğunu bildirmektedir (Yalılı,2021). Sadıkoğlu, yapmış olduğu çalışmada gücü 1 MW olan bir güneş enerjisi santralinin kurulabilmesi için 1000 kWp gücünde güneş paneli kullanılması gerektiğini hesaplamıştır (Sadıkoğlu, 2018).

6.6. Sanayi Kuruluşlarında İhtiyaç Duyulan Toplam Panel Sayısı

455 Watt gücünde panel kullanıldığında sanayi kuruluşları için gerekli olan toplam panel sayısı hesaplanırken, programa sanayi kuruluşları için gerekli olan toplam panel gücü 341.000 kWp girilerek, gerekli olan toplam panel sayısı program tarafından 749.448 adet olarak bulunmuştur. Bulunan bu değer Şekil 6.6.'da görülmektedir.

Ayrıca gerekli olan toplam panel gücü olan 341.000 kWp bir adet panelin gücüne (455 Watt) bölündüğünde kullanılacak panel sayısı 749.448 adettir. Hem program tarafından hesaplanan değer hem de toplam panel gücünün bir panelin gücüne bölünmesiyle bulunan değer aynıdır.



Şekil 6.6. İhtiyaç Duyulan Toplam Panel Sayısı

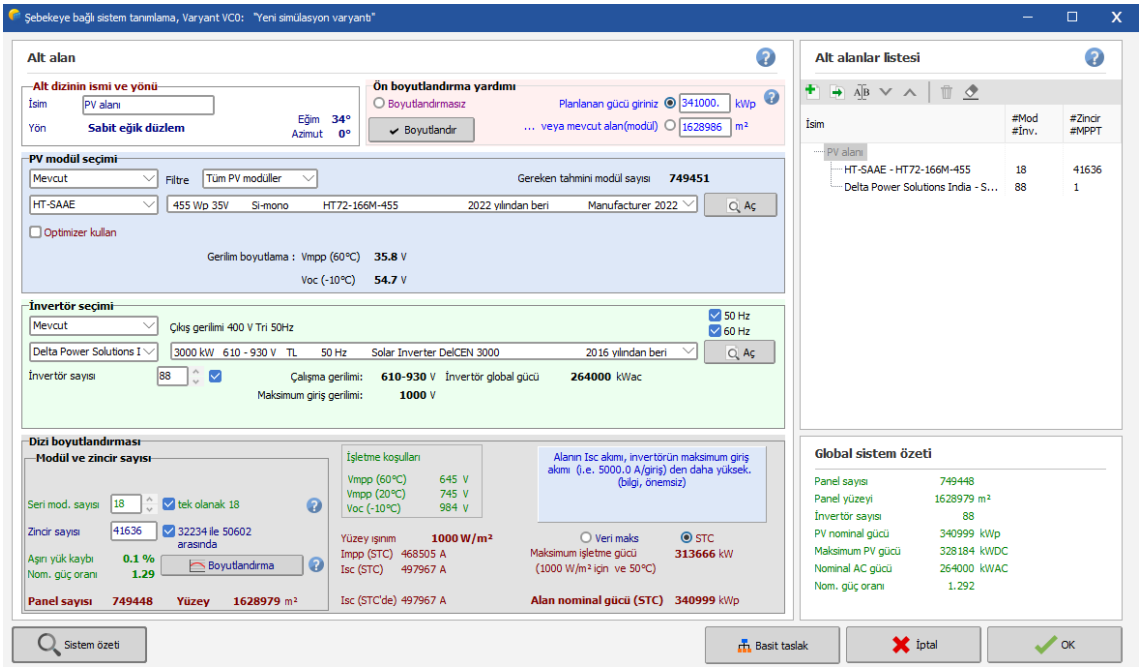
Bu alanda yapılan çalışmalarda;

Yalılı, yapmış olduğu çalışmada 1 MW gücündeki lisanslı ve şebekeye bağlı bir güneş enerji santralinin kurulumunda 400 Watt gücünde 2500 adet monokristal panele ihtiyaç olduğunu hesaplamıştır (Yalılı,2021). Erkoç, çalışmasında güç toplamı 750 kW güneş santrallinin tasarımında, gücü 375 Watt olan 2000 adet monokristal panel gerektiğini hesaplamıştır (Erkoç,2019). Sadıkoğlu, gücü 1 MW olan bir güneş enerjisi santralinin kurulabilmesi için 240 Watt gücünde 4200 adet polikristal güneş paneli kullanılması gerektiğini hesaplamıştır (Sadıkoğlu, 2018).

6.7. Toplam Panel Yüzey Alanı

Sanayi kuruluşları için 455 Watt gücünde panel kullanıldığında toplam panel yüzey alanı program tarafından 1.628.986 m^2 olarak bulunmuştur.

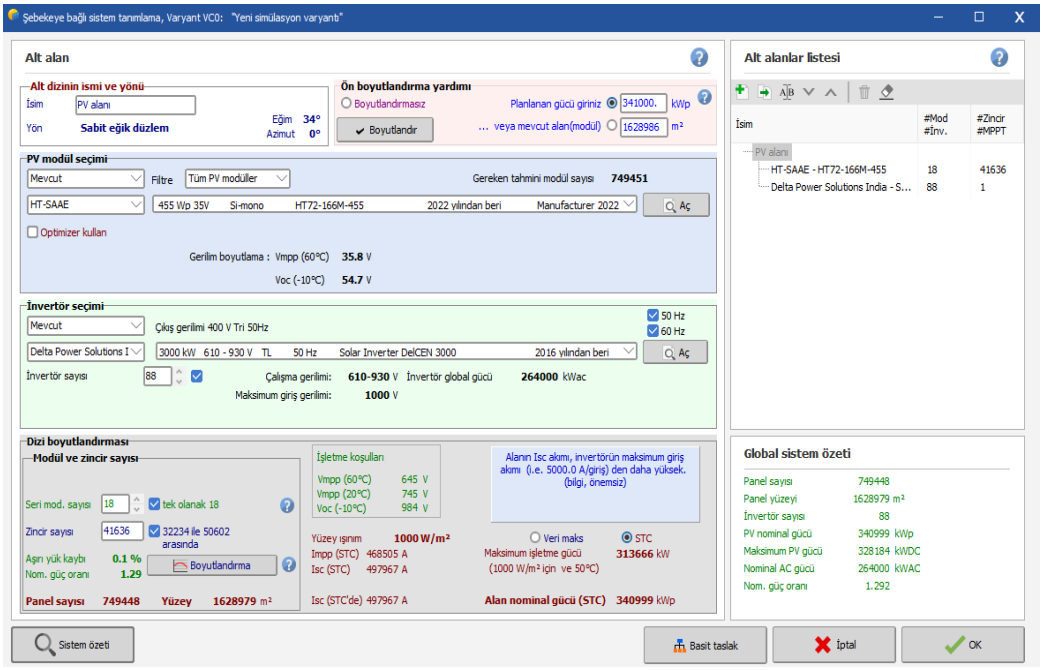
455 Watt gücündeki bir panelin eni 1,038 metre ve boyu 2.094 metredir. Program tarafından hesaplanan yüzey alan değeri Şekil 6.7.'de görülmektedir.



Şekil 6.7. Toplam Panel Yüzey Alanı

6.8. Sanayi Kuruluşlarında İhtiyaç Duyulan Toplam İnverter Gücü

Programda; sanayi kuruluşlarında kullanılacak toplam inverter gücü 264.000 kWac, inverter sayısı 88 adet olarak bulunmuştur. Sistemde 3000 kW 50 Hz solar inverter kullanılmıştır. Program tarafından hesaplanmış olan inverter gücü ve sayısı Şekil 6.8.'de görülmektedir.



Şekil 6.8. İhtiyaç Duyulan Toplam İnverter Gücü ve Sayısı

İnverter gücü ve sayısı hesaplamalarında; Yalılı, yapmış olduğu çalışmada 1 MW gücündeki lisanslı ve şebekeye bağlı bir güneş enerji santralinin kurulumunda 5 kW gücünde 200 adet invertere ihtiyaç olduğunu hesaplamıştır (Yalılı, 2021). Erkoç, çalışmasında 750 kW toplam gücü olan güneş enerji santralleri kurulumu için 15 adet gücü 50 kW olan invertere ihtiyaç olduğunu tespit etmiştir. (Erkoç,2019). Sadıkoğlu, gücü 1 MW olan bir güneş enerjisi santralinin kurulabilmesi için 50 kW gücünde 50 adet güneş paneli kullanılması gerektiğini bildirmektedir (Sadıkoğlu, 2018).

6.9. Sistemde Üretilen Yıllık Toplam Elektrik Enerjisi

Sistem kurulumu için ihtiyaç duyulan panel gücü ile aylara göre toplam ışınım süreleri çarpılmış ve aylara göre bulunmuştur. Aylara göre üretim değerleri toplanıp yıllık olarak 511.977.400 kWh bulunmuştur. Sistemdeki tüm elemanların toplam kaybı % 10.9 olup sistemden elde edilen elektrik enerjisi miktarı 456.325.000 kWh 'tır. Çizelge 6.1.'de sistemden yılık olarak üretilen toplam elektrik enerjisi miktarı gösterilmiştir.

Çizelge 6.1.Aylara Göre Üretilen Elektrik Enerjisi

Aylar	Tüketim-kWh	Aylara Göre Yatay Işınım	Kurulacak Tesis Gücü-kWh	Aylara Göre Üreteceği Enerji Miktarı-kWh
Oca.22	28.439.950	51,3	341.000	17.493.300
Şub.22	58.440.250	67,1	341.000	22.881.100
Mar.22	68.285.900	110,6	341.000	37.714.600
Nis.22	43.282.400	149	341.000	50.809.000
May.22	43.282.770	200,2	341.000	68.268.200
Haz.22	41.040.770	203,6	341.000	69.427.600
Tem.22	31.040.770	206,9	341.000	70.552.900
Ağu.21	28.432.820	187,4	341.000	63.903.400
Eyl.21	28.431.970	136,9	341.000	46.682.900
Eki.21	28.447.250	91,5	341.000	31.201.500
Kas.21	28.450.180	53,9	341.000	18.379.900
Ara.21	28.455.540	43	341.000	14.663.000
		Toplam Üreteceğimiz Enerji Miktarı Yıllık-kWh		511.977.400
		Sistem Kayıpları Yaklaşık %10,9 Sonrası Üretim-kWh		456.325.000

Bayram, Gebze yöresinde yapmış olduğu güneş enerjisi uygulamasında fotovoltaik sistemde üretilecek enerji hesaplamalarında sistem kayıplarını % 10 almıştır (Bayram,2015).

Yalılı, yapmış olduğu lisanslı ve şebekeye bağlı bir GES çalışmasında monokristal panellerin kullanıldığı 1 MW'lık bir sistemden elde edilen elektrik enerjisi miktarını yıllık olarak 1.454.938,51 kWh/yıl hesaplamıştır (Yalılı, 2021). Sadıkoğlu , yapmış olduğu çalışmada polikristal panellerin kullanıldığı 1 MW'lık bir fotovoltaik tesisten elde edilen elektrik enerjisi miktarını aylık olarak 128.000 kWh, yıllık olarak 1.523.000 kWh/yıl bulmuştur (Sadıkoğlu, 2018). Biçen ,çalışmasında 23 kW'lık bir güneş enerjisi sisteminde monokristal panel kullanıldığında sistemden bir yılda üretilen elektrik enerjisini 28.081 kWh/yıl ile 32 239 kWh/yıl arasında polikristal panel kullanıldığında ise bir yılda üretilen elektrik enerjisini 26. 209 kWh/yıl - 31.886 kWh/yıl aralığında olduğunu bildirmektedir (Biçen 2018).

6.10. Sistem Kurulum Maliyeti

Sistemde monokristal panel kullanıldığı zaman kurulum maliyeti hesaplanırken kW birim kurulum maliyeti toplamı olan 597,851 $ ile ihtiyaç duyulan toplam güneş panel gücü 341.000 kWp ile çarpılmıştır.

Kurulum maliyeti =597,851 $x341.000=203.867.191 $, 3.793.968.424,51 ₺ olarak bulunmuştur. 1 $ = 18.61 ₺ olarak alınmıştır (TCMB, kurlar, 2022).

Yalılı, yapmış olduğu lisanslı ve şebekeye bağlı bir GES çalışmasında 1000 kW gücündeki bir güneş enerji santralinin toplam kurulum maliyetini 597.851 $ olarak bulmuştur (Yalılı, 2021).

Erkoç, çalışmasında 750 kW toplam güce sahip fotovoltaik sistemlerin kurulum maliyetini Türkiye'de 707.000 $, 5.323.710 ₺, Almanya'da 636.700 $ bulmuştur (Erkoç,2019). 1 $ = 7.53 ₺ alınmıştır.

Sadıkoğlu, yapmış olduğu çalışmada gücü 1 MW plan şebekeye bağlı bir güneş enerji santralinin kurulum bedelini 2.902.000 ₺. olarak hesaplamıştır(Sadıkoğlu,2018)

6.11. Ekonomik Analizi

Sistem kurulumunun ekonomik analizi, sistemin enerji hattını direk olarak beslediği kabul edilerek hesaplanmıştır. Elektrik enerjisi sistemden tüm aylarda elde edilmektedir.29.01.2021 tarih ve 3453 sayılı Cumhurbaşkanı kararnamesi ile 01.07.2021 tarihinden 31.12.2025 tarihine kadar işletmeye alınacak güneş santrallerine 0,32 ₺/kWh destek bedeli, yerli panel tercih edildiğinde ayrıca ek olarak 0,08 ₺/kWh destek bedeli ödenmektedir (EPDK, 2021).

6.11.1. Sistemde Kullanılan Paneller İthal İse

Sistemin ürettiği yıllık enerji 456.325.000 kWh

Sanayi kuruluşları için ihtiyaç duyulan saatlik elektrik enerjisi 52.058,284 kWh

Sanayi kuruluşlarının gündüz saatlerinde günlük çalışma süresi 8 saat

Sanayi kuruluşları için gündüz saatlerinde ihtiyaç duyulan yıllık elektrik enerjisi 152.010.189,28 kWh

Yıllık enerji fazlası =456.325.000–152.010.189,28 =304.314.810,72 kWh

Güneş enerjisi için ödenen destek bedeli 0,32 ₺/kWh (EPDK yekdem,2022)
Yıllık enerji fazlası tutarı 304.314.810,72 kWh × 0,32 ₺/kW = 97.380.739,4304 ₺
Sanayi kWh elektrik tüketiminin birim fiyatı 4,3566 ₺ (EPDK tarife, 2022)
Yıllık sanayi enerji tüketim bedeli tutarı 152.010.189,28 kWh× 4.3566 ₺/kWh = 663.600.481,30184 ₺ bulunur.

Buna göre: Yıllık, kullanıldıktan sonra kalan enerjiden 97.380.739,4304 ₺ destek ödemesi ve sanayi kuruluşları için kullanılacak olan 152.010.189,28 kWh enerji bedeli olan 663.600.481,30184 ₺ tasarruf edilmiş olunur.
Toplam Yıllık Tasarruf = 97.404.419,4304 ₺+663.600.481,30184 ₺=760.981.220,73224 ₺ olur.
Sistemin maliyet toplamını tasarruf toplamına böldüğümüzde;
Kurulumun amorti süresi
3.793.968.424,51 ₺÷760.981.220,73224 ₺/yıl=4,98 yıl olur.

6.11.2. Yerli Panel Kullanıldığında

Sistemin ürettiği yıllık enerji 456.325.000 kWh
Sanayi kuruluşları için ihtiyaç duyulan saatlik elektrik enerjisi 52.058,284 kWh
Sanayi kuruluşlarının gündüz saatlerinde günlük çalışma süresi 8 saat

Sanayi kuruluşları için gündüz saatlerinde ihtiyaç duyulan yıllık elektrik enerjisi 152.010.189,28 kWh

Yıllık enerji fazlası =456.325.000–152.010.189,28 =304.314.810,72 kWh
Güneş enerjisi için ödenen destek bedeli 0,32 ₺/kWh (EPDK yekdem,2022)
Yıllık enerji fazlası tutarı 304.314.810,72 kWh × 0,32 ₺/kW = 97.380.739,4304 ₺
Yerli paneller kullanıldığında ilave ek destekleme bedeli 0,08 ₺/kWh (EPDK yekdem, 2022)
Ek destekleme bedeli =304.314.810,72 kWh x0,08 ₺/kWh=24.345.184,8576 ₺
Sanayi kWh elektrik tüketiminin birim fiyatı 4.3566 ₺ (EPDK tarife, 2022)
Yıllık sanayi enerji tüketim bedeli tutarı 152.010.189,28 kWh× 4,3566 ₺/kWh = 663.600.481,30184 ₺ olarak hesaplanır.

Buna göre: Yıllık, kullanıldıktan sonra kalan enerjiden 97.380.739,4304 ₺ destek ödemesi, ek destekleme bedeli 24.345.184,8576 ₺ ve sanayi kuruluşları için kullanılacak olan 152.010.189,28 kWh enerji bedeli olan 663.600.481,30184 ₺ tasarruf edilmiş olunur. Toplam yıllık tasarruf 97.380.739,4304 ₺+24.345.184,8576 ₺ +663.600.481,30184 ₺=785.326.405,58984 ₺ olur

Sistemin maliyet toplamını tasarruf toplamına böldüğümüzde;
Kurulumun amorti süresi
3.793.968.424,51 ₺÷785.326.405,58984 ₺/yıl=4,67 yıldır.

Monokristal panel kullanılıp devlet destek bedeli kullanılmadığı zaman sistem maliyetini sanayide tüketilen elektrik enerji bedeline böldüğümüzde;
Kurulumun amorti süresi
3.793.968.424,51 ₺÷663.600.481,30184 ₺/yıl=5,71 yıldır.

Yapmış olduğumuz çalışmaya benzer yapılan çalışmalarda; Çiftçi, Kırbaş ve İşyarlar, (2014) 11 yıl, Nacer, Hamidat ve Nadjemi (2014)23 yıl, Tüysüzoğlu ve Yakut,2014) Almanya'da 14 yıl, Bianchini, Gambuti, Pellegrini ve Saccani, (2015) 5,5 yıl, Büyükzeren, Altıntaş, Martin ve Kahraman (2015),elde ettikleri senaryo 1'de 5,1 yıl, 2'de 4,8 yıl, Bilgili (2018) 6 yıl, Biçen(2018) monokrital panel kullanılarak destek almadan kurulan sistemin 6,1 yıl , polikristal panel kullanılarak kurulan sistemin ise 6 yıl, Taşkın ve Vardar (2018) 10-11 yıl Erkoç(2019)Türkiye'de 7.5 yıl, (GES Dergisi,2020) 4 yıl, Üçgül,Yalılı(2021),santralin maliyetinin öz sermaye ile karşılandığında 4 yıl kredi ile karşılandığında ise 9 yıl olarak bildirmektedirler

BÖLÜM 7

SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünya'da son yıllarda yaşananlara, teknolojik gelişmelere ve nüfus artışına bağlı olarak artan enerji talebi ve olumsuz çevresel etkiler güneş, rüzgâr gibi alternatif enerji çeşitlerinin kullanımını zorunlu kılmıştır. Bu kaynaklar içerisinde güneş enerjisi en önemlilerindendir. Güneş enerjisi santrallerinin kurulumu yönünde ülkemizde büyük talep vardır.

Bu çalışmada, Edirne ilinde bulunan sanayi kuruluşlarının elektrik enerjisi ihtiyaçlarını karşılamak için kurulması tasarlanan güneş enerjisi tesisinin teknik ve maliyet analizi yapılmıştır.

Çalışmada elde edilen veriler ile Edirne ili sanayi kuruluşlarının elektrik enerjisi ihtiyacının güneş enerjisi ile karşılanabilmesi için kurulması tasarlanan sistemlerde kullanılacak olan toplam panel gücü 341.000 kWp ve elde edilecek elektrik enerjisi miktarı ise 456.325.000 kWh olarak bulunmuştur.

Lisanslı ve şebekeye bağlı güneş enerjisi sistemi kurmak için; güneş paneli olarak monokristal panel tercih edildiğinde sistemin toplam kurulum maliyetinin 3.793.968.424,51 ₺ olduğu hesaplanmıştır.

Sistemde monokristal paneli kullanıldığı zaman sistemin amorti süresi; devletten destek bedeli kullanıldığı zaman ithal paneller kullanıldığında 4,98 yıl, yerli paneller kullanıldığında 4,67 yıl, destek bedeli kullanılmadığı zaman 5,71 yıl olarak hesaplanmıştır.

Sonuç olarak kurulacak olan sistem ömrünü 25 yıl olarak kabul edip, devlet destekli kurulacak sistemin kendini geri ödeme süresini 4,6 yıl olarak hesapladığımıza göre, Edirne ilinde sanayi kuruluşlarının elektrik enerjisi ihtiyaçlarının devlet destek bedeli kullanılarak güneş enerjisinden karşılanmasının uygun olacağını söyleyebiliriz.

Güneş enerjisi kullanımının düşünüldüğü tüm uygulama alanlarına devlet desteği yapılması bu sistem kurulumlarının çoğalması yönünden önemlidir. Edirne ilinde, elektrik enerjisinin kullanıldığı tüm uygulama alanlarında, enerjinin güneş enerjisi sistemlerinden elde edilebilmesi için kapsamlı çalışmalar yapılması gerekmektedir. Bu tez çalışması ile elde edilen verilerin bu alanda farklı illerde yapılması düşünülen araştırmalara katkı sağlayacaktır. Güneş enerji sistemlerinin daha yaygın kullanılmasını sağlamak için insanların bu konuda bilgilerinin arttırılması amacıyla çalışmalar yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

Aksoy, M.H. (2011). *Güneş ve Rüzgar Enerjisi ile Çalışan Su Pompalama,. Sisteminin Deneysel İncelenmesi.* (Yüksek Lisans Tezi). Selçuk Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Aldudak, M. (2018). *Economic Analysis and Efficiency Evaluation of PV Systems in Different Cities of Türkiye.* Yüksek Lisans Tezi. Bahceşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Altaş, İ.H. (1998). Fotovoltik Güneş Pilleri: Eşdeğer Devre Modelleri ve Günışığı ile Sıcaklığın Etkileri. *3e Enerji, Elektrik, Elektromekanik,* 46, 86-91.

Askarzadeh, A. (2013). A discrete chaotic harmony search-based simulated annealing algorithm for optimum design of PV/wind hybrid system. *Solar Energy*, *97*, 93-101.

Ayodele, T.R., Ogunjuyigbe, A.S.O., Monyei, C.G., (2016). On the global solar radiation prediction methods. *Journal of Renewable and Sustainable Energy, 8*(2), 023702.

Barlow, R., Mclenis, B., ve Derrick, A. (1993).*Solar Pumping: An İntroduction and Update on The Technology, Performance, Costs, and Economics,* İntermediate Technology.London: Publications Ltd.

Bayram, S. (2015). *Güneş enerjisi uygulaması: Gebze yöresinde bir fabrika fizibilitesi* (Doktora tezi) İstanbul Kültür Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü/İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı/Proje ve Yapım Yönetimi Bilim Dalı).

Biçen, T.(2018). *Güneş Panelleri İle Elektrik Üretiminin Teknik ve Ekonomik Analizi: Bursa Örneği.* (Yüksek Lisans Tezi).Uludağ Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.

Bilgili, M.E. (2018). *Modern Süt Sığırcılığı İşletmelerinde Enerji İhtiyacının Fotovoltaik Güneş Panelleri İle Karşılanmasına Yönelik Bir Araştırma*.(Doktora Tezi). KSU/Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Kahramanmaraş.

Büyükzeren, R., Altıntaş, H.B., Martin, K., ve Kahraman, A. (2015). Binalardaki Fotovoltaik Uygulamasının Teknik, Çevresel ve Ekonomik İncelenmesi: Meram Tıp Fakültesi Hastanesi Örneği. *EMO Bilimsel Dergi,* 5(10), 9-14.

Bianchini, A., Gambuti, M., Pellegrini, M., & Saccani, C. (2016). Performance analysis and economic assessment of different photovoltaic technologies based on experimental measurements. *Renewable Energy*, *85*, 1-11.

Çifçi, A., Kırbaş, İ., ve İşyarlar, B. (2014). Güneş Pili Kullanılarak Burdur'da Bir Evin Ortalama Elektrik İhtiyacının Karşılanması*, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 5 (1): 14-17.

Cavalcante, M. M., de Souza Silva, J. L., Villalva, M. G., & Lins, M. P. F. (2019). *Performance Analysis of a Solar Photovoltaic Power Plant.* Innovative Smart Grid Technologies Conference-Latin America (1-5).

Düzenli, A.(2010). *Güneş Enerjili Su Pompalama Sistemleri* .(Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Üniversitesi /Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Eziyi, I., & Krothapalli, A. (2014). Sustainable rural development: solar/biomass hybrid renewable energy system. *Energy Procedia*, *57*, 1492-1501.

Edirne İli Çevre Raporu, 2019, https://webdosya.csb.gov.tr/db/edirne/icerikler/2019-yili-ed-rne-il--cevre-durum-raporu-n- ha--20201216122442.pdf

Enerji atlası.https://www.enerjiatlasi.com/ulkelere-gore-gunes-enerjisi.html (Erişim 24 .11.2022

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

E-şehir(2021). https://www.e-sehir.com/edirne-cografyasi.html

Heydari, A., & Askarzadeh, A. (2016). Optimization of a biomass-based photovoltaic power plant for an off-grid application subject to loss of power supply probability concept. *Applied Energy*, *165*, 601-611.

https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-jeotermal (Erişim 24 .11.2022)

https://www.enerjiportali.com/hidrojen-enerjisi-nedir/(Erişim 24 .11. 2022)

https://www.enerjisistemlerimuhendisligi.com/dalga-enerjisi.html(Erişim 24. 11.2022)

https://www.teias.gov.tr/tr-TR/kurulu-guc-raporlari (Erişim 20.11.2022).

https://www.gesdergisi.com/ges-yatirimlarinda-geri-donus-suresi-4-yila-indi/ ((Erişim 20.11.2022).

https://kesanonline.com/sanayi-ve-teknoloji-il-mudurlugu (Erişim 3.11. 2022)

https://www.teias.gov.tr/tr-TR/kurulu-guc-raporlari (Erişim 20.11.2022).

https://www.hayatsolarenerji.com/urun/orbus-12-v-1000w-tam-sinus-inverter/, (Erişim 24.11. 2022)

https://solaravm.com/on-grid-gunes-enerji-sistemleri2022(Erişim 24.11. 2022)

https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-1327/elektrik-faturalarina-esas-tarife-tablolari(Erişim 22.11.2022)

https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-72/elektrikyekdem (Erişim 20 .11.2022)

https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuatmetin/1.5.5346.pdf (Erişim 5 .11. 2022)

https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-167/resmi-istatistikler (Erişim 24. 11.2022)

https://www.tcmb.gov.tr/kurlar/kurlar_tr.html erişim 29 Kasım 2022.29.11.2022 Günü Saat 15:30'da Belirlenen Gösterge Niteliğindeki Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası Kurları

Gepa.(2022). https://gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/

Gepa.(2021). https://gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/

Gözmen Şanlı, B., ve Turna Dilsel, E. (2018). Mersin İli'nde Kullanılan Yer Değiştirebilir Ofis-Konteyner Elektrik İhtiyacının Güneş Pili Sistemi ile Karşılanması ve Maliyet Analizi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*,33 (2) , 93-100.

Keçel, S. (2007). *Türkiye'nin Değişik Bölgelerinde Evsel Elektrik İhtiyacının Güneş Panelleri İle Karşılanmasına Yönelik Model Geliştirilmesi.(*Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Küçük,S.(2019) *Off_grid Sistemler İçin Yeni Bir Projelendirme Aracı Tasarımı*.(Yüksek Lisans Tezi)Sakarya Üniversitesi .Fen Bilimleri Enstitüsü.Sakarya

Mandal, R., Panja, S., (2016). Design and feasibility studies of a small-scale Grid Connected Solar PV Power Plant. *Energy Procedia,* 90, 191 – 199.

Muhendistan.(2022). https://muhendistan.com/gunes-pilleri-

Nacer, T., Hamidat, A., and Nadjemi, O. (2014). Feasibility Study and Electric Power Flow of Grid Connected Photovoltaic Dairy Farm in Mitidja (Algeria). *Energy Procedia*,50, 581 -588.

Özgeçmen, A.(2007). *Güneş Pilleri Kullanılarak Elektrik Üretimi*.(Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Öztürk, H.H.,ve Kaya, D(2013). *Fotovoltaik Teknoloji.* Umuttepe Yayınları. Kocaeli

Üçgül,İ.,Tüysüzoğlu, E., ve Yakut, M.Z. (2014). PV Çatı Uygulaması İçin EnerjiHesaplaması ve Ekonomik Analizi. *Süleyman Demirel ÜniversitesiFen Bilimleri Enstitüsü Dergisi,* 18(2),1-6.

Park, S. H., Jung, T. J., Ji, Y. S., Park, W. K., Ku, T. Y., & Lee, I. S. (2021*). Energy Prosumer Industry Activation Issues.* International Conference on Electronics, Information, and Communication (ICEIC) (s. 1-3).

Perdahlıyan, E., & Öztuna, S. (2021). *Endüstriyel bir tesis çatısına fotovoltaik sistem kurulumu için tasarım ve hesaplamaları Edirne örneği* (Yüksek lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü).Trakya Üniversitesi,Edirne.

Sadıkoğlu, F. (2018). *1 MWp şebekeye bağlı güneş enerjisi santrali performans analizi* (Doktora tezi), Necmettin Erbakan Üniversitesi,Türkiye.

Sigarchian, S. G., Paleta, R., Malmquist, A., & Pina, A. (2015). Feasibility study of using a biogas engine as backup in a decentralized hybrid (PV/wind/battery) power generation system–Case study Kenya. *Energy*, *90*, 1830-1841.

Suganthi, L., Iniyan, S., & Samuel, A. A. (2015). Applications of fuzzy logic in renewable energy systems–a review. *Renewable and sustainable energy reviews*, *48*, 585-607.

Taşkın, O., ve Vardar, A. (2018). *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Amfi Çatısının Güneş Elektriği Potansiyelinin Tahminlenmesi*. 31. Ulusal Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresi, Bursa.

Tekkale, G. (2018). Türkiye'nin Çeşitli İllerinde Yapılacak Arazi Tipi Lisanssız Güneş Enerjisi Santrali Yatırımlarının Teknik Ve Finansal Analizi.(Yüksek Lisans Tezi).İstanbul Teknik Üniversitesi/Enerji Enstitüsü, İstanbul

Yalılı, M.(2021). Lisanslı Fotovoltaik Güneş Enerji Santrali Yatırımının Finansal Analizi: Van İli Örneği. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, *10*(3), 1055-1074.

Yılankıran, N. (2004). *Türkiye'nin Alternatif Enerji Kaynakları ve Kullanım Potansiyeli.* (Yüksek Lisans Tezi).Gazi Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara

ÖZGEÇMİŞ

Soner FİLİZ 1986 tarihinde Edirne'de doğdu. İlköğretim, orta öğretim, lise ve ön lisans eğitimini Edirne'de tamamladı. 2008 yılında yüksek katlı kompleks yapılar üzerine çalışmak üzere Katar'a gitti. 3,5 yıl gerekli tecrübeyi edindikten sonra ve Mühendislik eğitimini tamamlamak için KKTC'ne Yakındoğu Üniversitesine gitti.2015 yılında buradan mezun olduktan hemen sonra Azerbaycan Nahçıvan ve Bakü'de vizyon projelerde çalıştı.2016 yılından bugüne edindiği tecrübe ve bilgi ile ülkemizde çalışmaya devam etmektedir. Evli ve bir çocuk babasıdır.