T.C.
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

EDİRNE İLİNDE TARIMSAL SULAMADA GÜNEŞ ENERJİSİ KULLANIMI

UMUT KUZUCU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

UYGULAMALI BİLİMLER VE TEKNOLOJİ ANABİLİM DALI

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi İsmail BECENEN

EDİRNE-2021

UMUT KUZUCU'nun hazırladığı "**EDİRNE İLİNDE TARIMSAL SULAMADA GÜNEŞ ENERJİSİ KULLANIMI** " 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. Öğr. Üyesi İsmail BECENEN (Danışman)

Prof. Dr. Fikret IŞIK

Doç. Dr. Ceyhun KÖSE

Tez Savunma Tarihi:24/06/2021

24/06/2021 Bu tezin Yüksek Lisans olarak gerekli şartları sağladığını onaylarım.

İmza

Dr. Öğr. Üyesi İsmail BECENEN

Tez Danışmanı

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.

24/06/2021

Umut Kuzucu

İmza

Yüksek Lisans Tezi
Edirne İlinde Tarımsal Sulamada Güneş Enerjisi Kullanımı
T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü
Uygulamalı Bilimler ve Teknoloji Anabilim Dalı

ÖZET

Bu çalışmada Edirne ilinde tarımsal sulamada kullanılan elektrik enerjisinin şebeke yerine güneş enerjisinden karşılanması araştırılmıştır. Nüfusun ve sanayi üretiminin artması ile birlikte enerjiye olan talep her geçen gün fazlalaşmaktadır. Bu durum enerji fiyatlarının artmasına neden olmaktadır. Enerji arzında dışa bağımlı bir ülke olan Türkiye, enerji ihtiyacının yarıdan fazlasını ithal etmektedir. Bu durum ülke ekonomisine yük getirmektedir. Bu nedenle yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı artan enerji talebini karşılamada önemli bir faktör olacaktır. Bu çalışmada Dünya üzerinde en çok dikkat çeken yenilenebilir enerji kaynaklarından birisi olan güneş enerjisini kullanarak elektrik enerjisi üreten sistemin tarımsal sulamada kullanımının sağladığı avantajlar belirlenmiştir.

Bu çalışmada, Edirne ilinde sulanan tarımsal alanların şebeke elektriği yerine iklim şartları göz önüne alınarak güneş enerjisinden elde edilen elektrik enerjisi ile sulanması incelenmiş ve fotovoltaik sistemlerin tarımsal sulamada kullanıldığında maliyetleri, geri ödeme süreleri hesaplanmıştır.

Tarımsal sulamada kullanılacak fotovoltaik sistem için gerekli olan toplam; güneş panellerinin gücü, inverter gücü, şarj regülatörü gücü, akü kapasitesi gücü ve elde edilecek elektrik enerjisi miktarı bulunmuştur.

Araştırma sonucunda Edirne ilinde tarımsal sulama yapılan alanlarda fotovoltaik sistem için kurulumu için gerekli olan panel gücü 149.945,250 kW ve elde edilecek elektrik enerjisi 404.722.988,00kWh olarak bulunmuştur.

Sonuç olarak, kurulacak sistemin ömrü 25 yıl olarak alınırsa sistemin kendini geri ödeme süresini de 7 yıl olarak kabul edersek, Edirne ilinde tarımsal sulamanın devlet

destek bedeli kullanılarak güneş enerjisinden elde edilen elektrik enerjisi ile yapılmasının uygun olacağını söyleyebiliriz.

Yıl :2021

Sayfa Sayısı : 87

Anahtar kelimeler : Tarımsal sulama, güneş enerjisi, fotovoltaik sistemler, panel, akü, inverter, şarj regülatörü, geri ödeme

:

Master Thesis

Solar Energy Use in Agricultural Irrigation in Edirne Province

Trakya University Institute of Natural Sciences

Department of Applied Science and Technology

ABSTRACT

In this study, it was investigated that the electricity used in agricultural irrigation in Edirne was met by solar energy instead of the grid. With the increase in population and industrial production, the demand for energy is increasing day by day. This situation causes an increase in energy prices. In Turkey, a country dependent on foreign energy supply, is importing more than half of its energy needs. This situation puts a burden on the country's economy. Therefore, the use of domestic and renewable energy resources will be an important factor in meeting the increasing energy demand. In this study, the advantages of the use of the system that produces electrical energy by using solar energy, which is one of the most remarkable renewable energy sources in the world, in agricultural irrigation has been determined.

In this study, irrigation of agricultural lands irrigated in the province of Edirne with electrical energy obtained from solar energy instead of mains electricity was investigated and the costs and payback periods of photovoltaic systems were calculated.

The total required for the photovoltaic system to be used in agricultural irrigation; The power of solar panels, inverter power, charge regulator power, battery capacity power and the amount of electrical energy to be obtained were found.

As a result of the research, the panel power required for the installation of the photovoltaic system in the agricultural irrigation areas in the province of Edirne was found to be 149.945,250 kW and the electrical energy to be obtained as 404.722.988,00 kWh.

As a result, if the life of the system to be established is taken as 25 years, we can say that if we accept the self-repayment period of the system as 7 years, it will be

appropriate to perform agricultural irrigation in the province of Edirne with electricity obtained from solar energy using the government support fee.
Year : 2021
Number of Pages : 87
Keywords : Agricultural irrigation, solar energy, photovoltaic systems, panel, battery, inverter, charge regulator, payback.

TEŞEKKÜR

Tezimin hazırlanmasında değerli zamanını bana ayıran, beni her anlamda yönlendiren ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen danışman hocam Dr. Öğretim Üyesi İsmail BECENEN'e teşekkür ederim. Tez hazırlama aşamalarında bana yardımcı olan hocalarımız Nilgün BECENEN ve diğer bütün hocalarıma ve emeği geçen herkese, ayrıca tezimin hazırlanma aşamasında her zaman maddi manevi desteğini benden esirgemeyen arkadaşlarıma, sevgili aile fertlerime sonsuz teşekkürler ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET iv
ABSTRACT ivi
TEŞEKKÜR iviii
İÇİNDEKİLER ix
SİMGELER VE KISALTMALARDİZİNİ xiv
DENKLEMLER DİZİNİ xvii
ŞEKİLLER DİZİNİ xviii
ÇİZELGELER DİZİNİ xix

BÖLÜM 1 1

GİRİŞ 1

BÖLÜM 2 5

EDİRNE İLİNE AİT VERİLER 5
2.1. Edirne İlinin Coğrafi Konumu ve İklim Yapısı 5
2.2.Toprak Kaynakları 5
2.3. Su Kaynakları ve Özellikleri 7
2.4. Tarımsal Yapı ve Üretim 7
2.5. Edirne İlinin Güneş Enerjisi Potansiyeli 8

BÖLÜM 3 10

GÜNEŞ ENERJİSİ 10
3.1. Güneş Enerjisinin Kullanımı 10
3.2. Güneş Enerjisi İle Sulama 12
3.3. Güneş Panellerinin Yapısal ve Karekteristik Özellikleri 13
3.3.1. PV Panel Teknolojileri 16

3.3.2. Polikristal Paneller 16
3.3.3. Monokristal Paneller……..17
3.3.4. İnce Film Paneller 18
3.3.5. Esnek Paneller 19
3.4. Şarj Regülatörleri 20
3.5. Aküler 21
3.6. İnverterler(Eviriciler)…….23
3.7. Pompalar……23
3.7.1. Dalgıç Pompa 24
3.7.2. Santrifüj Pompa 25
3.8.Güneş Enerjisi Kurulum Sistemleri……25
3.8.1. On-Grid Sistem 25
3.8.2. Off-Grid Sistem 25
BÖLÜM 4 36
BU ALANDA YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR 27
BÖLÜM 5 36
MATERYAL VE METOD 36
5.1. Materyal 36
5.1.1.Türkiye'de Güneş Enerjisi 36
5.1.2. Edirne İlinde Güneş Enerjisi 40
5.1.2.1. Edirne İlinin Güneş Enerjisi Potansiyeli 40
5.1.2.2. Edirne İlinin Güneşlenme Süreleri 41
5.1.2.3. Edirne PV Tipi-Alan Üretilebilecek Enerji 42
5.1.2.4. Tarımsal Sulamada 2019 Yılına Ait Tüketimler 43
5.1.2.5.Edirne İlinde Tarımsal Sulamanın Yapıldığı 2020 Yılı Aylara Ait Tüketimler 44
5.1.2.6. Tarımsal Sulamada Kullanılan Pompaj Tesisleri 44
5.2.Metod 45
5.2.1.Edirne İlinin Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Potansiyeli 45

5.2.2.Edirne İlinde Aylara Göre Elektrik Enerjisi Üretimi 45
5.2.3.Edirne İlinde Tarımsal Sulamada İhtiyaç Duyulan Günlük Elektrik Enerjisi Miktarı 46
5.2.4. Edirne İlinde Güneşten Elde Edilen Günlük Elektrik Enerjisi Miktarı…….46
5.2.5.Edirne İlinde Tarımsal Sulama İçin İhtiyaç Duyulan Toplam Panel Gücü 46
5.2.6.Edirne İli İçin Toplam Panel Sayısı 46
5.2.6.1.Gücü 250 Watt Paneller Kullanıldığında İhtiyaç Duyulan Panel Sayısı 46
5.2.6.2.Gücü 370 Watt Paneller Kullanıldığında İhtiyaç Duyulan Panel Sayısı 47
5.2.6.3.Gücü 395 Watt Paneller Kullanıldığında İhtiyaç Duyulan Panel Sayısı…….47
5.2.7.Edirne İli İçin Toplam Panel Kurulum Alanı 48
5.2.7.1. Gücü250 Watt Paneller Kullanıldığında İhtiyaç Duyulan Panel ……. Kurulum Alanı 48
5.2.7.2.Gücü370 Watt Paneller Kullanıldığında İhtiyaç Duyulan Panel... Kurulum Alanı 48
5.2.7.3.Gücü 395 Watt Paneller Kullanıldığında İhtiyaç Duyulan Panel Kurulum Alanı 48
5.2.8.Edirne İli İçin Toplam Akü Kapasitesi 49
5.2.9.Edirne İli İçin Toplam Akü Sayısı 49
5.2.10.Edirne İli İçin Günlük Güneşlenme Süresi 49
5.2.11. Edirne İli İçin Toplam İnverter Gücü 49
5.2.12. Edirne İli İçin Toplam Şarj Regülatörü Gücü 50
5.2.13.Edirne İli İçin Sistem Kurulum Maliyetinin Hesaplanması 50
5.2.13.1.Polikristal Panel Kurulum Maliyeti 50
5.2.13.2.Monokristal Panel Kurulum Maliyeti 50
5.2.14.Sistem Kurulumunun Ekonomik Analizi 50
BÖLÜM 6 51
BULGULAR VE TARTIŞMA 51
6.1.Edirne İlinin Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Potansiyeli 51
6.2.Edirne İlinde Tarımsal Sulamada İhtiyaç Duyulan Günlük Elektrik Enerjisi Miktarı ……51

6.3. Edirne İlinde Güneşten Elde Edilen Günlük Elektrik Enerjisi Miktarı 51
6.4.Edirne İlinde Tarımsal Sulama İçin İhtiyaç Duyulan Toplam Panel Gücü Miktarı 52
6.5.Edirne İli İçin İhtiyaç Duyulan Toplam Panel Sayısı Miktarı 52
6.5.1.Gücü 250 Watt Paneller Kullanıldığında İhtiyaç Duyulan Panel Sayısı 52
6.5.2.Gücü 370 Watt Paneller Kullanıldığında İhtiyaç Duyulan Panel Sayısı 52
6.5.3.Gücü 395 Watt Paneller Kullanıldığında İhtiyaç Duyulan Panel Sayısı 53
6.6.Panel Kurulum Alanı 53
6.6.1.Gücü 250 Watt Paneller Kullanıldığında İhtiyaç Duyulan Panel Kurulum Alanı 53
6.6.2. Gücü 370 Watt Paneller Kullanıldığında İhtiyaç Duyulan Panel Kurulum Alanı 53
6.6.3. Gücü 395 Watt Paneller Kullanıldığında İhtiyaç Duyulan Panel Kurulum Alanı 53
6.7.Toplam Akü Kapasitesi 54
6.7.1. 12 Volt Akü Kullanıldığında İhtiyaç Duyulan Toplam Akü Kapasitesi ... 54
6.7.2.24 Volt Akü Kullanıldığında İhtiyaç Duyulan Toplam Akü Kapasitesi 54
6.8.Toplam Akü Sayısı 54
6.8.1. 12Volt 200 Ah'lik Akü Kullanıldığında İhtiyaç Duyulan Toplam Akü Sayısı 54
6.8.2. 24Volt 200 Ah'lik Akü Kullanıldığında İhtiyaç Duyulan Toplam Akü Sayısı 54
6.9.Güneşlenme Süresi 55
6.10.Toplam İnverter Gücü..... 55
6.11.Toplam Şarj Regülatörü Gücü 55
6.12.Sistem Kurulumunun Maliyeti…….....55
6.12.1.Polikristal Panel Kullanıldığında Kurulum Maliyeti 56
6.12.2.Monokristal Panel Kullanıldığında Kurulum Maliyeti 56
6.13.Sistem Kurulumunun Ekonomik Analizi..... 56
6.13.1.Sistemde Üretilen Yıllık Toplam Elektrik Enerjisi Miktarı 56
6.13.2.Polikristal Panel Kullanıldığında Ekonomik Analiz 57

6.13.2.1.Sistemde Kullanılan Paneller İthal İse 57
6.13.2.2.Sistemde Kullanılan Paneller Yerli İse 57
6.13.3.Monokristal Panel Kullanıldığında Ekonomik Analiz 58
6.13.3.1.Sistemde Kullanılan Paneller İthal İse 58
6.13.3.2. Sistemde Kullanılan Paneller Yerli İse 59
BÖLÜM 7 61
SONUÇ VE ÖNERİLER 61
KAYNAKLAR 63
ÖZGEÇMİŞ 68

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Ah :Amper saat

$AKAP_t$:Toplam akü kapasitesi

AK :Akü kayıpları(%)

AV :Akü voltajı (V)

AS_t :Toplam akü sayısı

Aks :Seçilen akü kapasitesi(Ah)

A :Akım

AC :Alternatif akım

A_{pk} : Panel kurulum alanı(m^2)

$A_{pk\ 250\ W}$: 250 Watt gücünde paneller kullanıldığında ihtiyaç duyulan panel kurulumalanı$_{(m^2)}$)

$A_{pk\ 370\ W}$: 370 Watt gücünde paneller kullanıldığında ihtiyaç duyulan panel kurulum alanı$_{(m^2)}$)

$A_{pk\ 395\ W}$: 395 Watt gücünde paneller kullanıldığında ihtiyaç duyulan panel kurulumalanı$_{(m^2)}$)

cm^2 : Santimetrekare

CO_2 : Karbondioksit

DC : Doğru akım

DSİ : Devlet Su İşleri

Egi : Tarımsal sulamada ihtiyaç duyulan günlük elektrik enerjisi miktarı

Egk : Güneşten elde edilen günlük elektrikenerjisi miktarı(kW/gün)

Ekt : Güneşten elde edilen toplam elektrik enerjisi miktarı(kW)

Epg : Tarımsal sulama için ihtiyaç duyulan toplam panel gücü(kW)

Et : Tarımsal sulamada 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 : Sulamanın yapıldığı toplam gün sayısı

Gets : Sulamada güneş enerjisinden faydalanılan toplam gün sayısı

Ggs : Günlük güneşlenme süresi(h)

H : Saat

hm^3/yıl : Hektometreküp/yıl

$İG_t$:Toplam inverter gücü(kW)

İK :İnverter kaybı$_{(\%)}$

kW : Kilowatt

kWh : Kilowatt saat

kW/gün : Kilowaat/gün

kWh/m^2-yıl : Kilowatt/metrekare/yıl

kWh/m^2-gün : Kilowatt/metrekare/gün

km^2 : Kilometrekare

km^3 : Kilometreküp

L/gün : Litre/gün

L1 : Panel eni (m)

L2 : Panel boyu (m)

MW : Mega watt

MWh : Megawattsaat

m^2 : Metrekare

m^3 : Metreküp

mm : Milimetre

Pg : Bir panelin gücü

Ps : Panel sayısı

Ps_{250W} : 250Watt gücünde paneller kullanıldığında ihtiyaç duyulan panel sayısı

Ps_{370W} : 370Watt gücünde paneller kullanıldığında ihtiyaç duyulan panel sayısı

Ps_{395W} : 395 Watt gücünde paneller kullanıldığında ihtiyaç duyulan panel sayısı

TEİAŞ	: Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
Tredaş	: Trakya Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
Tedaş	: Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
PV	: Fotovoltaik
$ŞC_t$	: Toplam şarj regülatörü gücü(kW)
V	: Volt
W	: Watt
W/m^2	: Watt/metrekare
Wh/ m^2	: Watt saat/metrekare
%	: Yüzde

DENKLEMLER DİZİNİ

Denklem 5.1. Edirne ilinde tarımsal sulamada için ihtiyaç duyulan günlük elektrik enerjisi miktarı…….. 46

Denklem 5.2. Edirne ilinde güneşten elde edilengünlük elektrik enerjisi miktarı……. 46

Denklem 5.3. Edirne ilinde tarımsal sulama için ihtiyaç duyulan toplam panel gücü…….... 46

Denklem 5.4. Gücü 250 Watt paneller kullanıldığında ihtiyaç duyulan panel sayısı……..... 47

Denklem 5.5. Gücü 370 Watt paneller kullanıldığında ihtiyaç duyulan panel sayısı……... 47

Denklem 5.6. Gücü 395 Watt paneller kullanıldığında ihtiyaç duyulan panel sayısı……..... 47

Denklem 5.7. Gücü 250 W paneller kullanıldığında ihtiyaç duyulan panel kurulum alanı……48

Denklem 5.8. Gücü 370 W paneller kullanıldığında ihtiyaç duyulan panel kurulum alanı……48

Denklem 5.9. Gücü 395 W paneller kullanıldığında ihtiyaç duyulan panel kurulum alanı …….....48

Denklem 5.10. Edirne ili için toplam akü kapasitesi……. 49

Denklem 5.11. Edirne ili için toplam akü sayısı……. 49

Denklem 5.12. Edirne ili için toplam inverter gücü……..... 49

Denklem 5.13. Edirne ili için toplam şarj regülatörü gücü……..... 50

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Edirne ilinin güneş enerji radyasyonu 9
Şekil 3.1. Güneş enerjili sulama düzeneği 13
Şekil 3.2. Güneş pilinin yapısı 15
Şekil 3.3. Esnek panel modül yapısı 19
Şekil 3.4. Şarj kontrol cihazı 20
Şekil 3.5. Akümülatör 22
Şekil 3.6. Solar inverter 23
Şekil 3.7. Santrifüj pompa 26
Şekil 5.1. Türkiye'nin güneş radyasyon haritası 37
Şekil 5.2. Türkiye'nin güneşlenme süreleri (Saat) 37
Şekil 5.3. Türkiye'nin global radyasyon değerleri (kWh/m^2-gün) 38
Şekil 5.4. Türkiye'nin PV tipi-alan-üretilebilecek enerji (kWh-Yıl) 39
Şekil 5.5. Edirne ilinin global radyasyon değerleri (kWh/m^2-gün) 41
Şekil 5.6. Edirne ilinin güneşlenme süreleri/saat 42
Şekil 5.7. Edirne PV tipi-alan üretilebilecek enerji (kWh-Yıl) 43

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Edirne ilinin önemli ovaları ve yüzölçümleri 6

Çizelge 2.2. Edirne ilinin akarsuları..... 7

Çizelge 2.3. Üretimi yapılan ürünlerin sulama miktarı..... 8

Çizelge 3.1. 250 Watt monokristal PV modülün bazı fiziksel ve elektriksel özellikleri 17

Çizelge 3.2. 370 Watt monokristal PV modülün bazı fiziksel ve elektriksel özellikleri 17

Çizelge 3.3. 395 Watt monokristal PV modülün bazı fiziksel ve elektriksel özellikleri 18

Çizelge 5.1. Türkiye'de yıllık ortalama güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı 40

Çizelge 5.2. Tarımsal sulamada 2019 yılına ait tüketimler-kWh..... 43

Çizelge 5.3. Tarımsal sulamada 2020 yılı aylara ait tüketimler-kWh 44

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Düzenli sulama sistemi ile verimi yüksek tarımsal ürünler elde edilir. Tarımsal sulama da elektrik enerjisi ihtiyacı olduğunda şebeke elektriği mevcut değilse, ihtiyacı karşılamak için güneş enerjili sistemler kullanılmaktadır. Güneş enerjili sistemler iki şekilde kullanılmaktadır. Birincisi; sondaj, akü ve inverter, şarj kontrol cihazına gerek duyulmadan panellerden elde edilen elektrik enerjisi ile doğru akım pompaları kullanılarak havuz, depo ve su kanalı gibi yerlerden suyun pompalanmasıdır. İkincisi ise; paneller, akü, inverter ve şarj kontrol cihazı ve alternatif akım pompaları kullanılarak yeraltı ve yerüstü kaynaklarından suyun pompalanmasıdır.

Tarımsal faaliyetlerde kullanılacak yenilenebilir enerji kaynağı seçilirken kullanılacağı yerin yapacağı işlemler önemlidir. Tarımsal faaliyetlerde enerjinin tüketildiği yerler daha çok; ürünlerin kurutulması, sulama, seraların ve ahırların soğutulması, ısıtılması, aydınlatılması işlemleridir. Bu faaliyetlerde yakıt olarak; doğal gaz, motorin, sıvılaştırılmış petrol gazı ve elektrik enerjisi kullanılmaktadır. Güneş enerjisinin tarımsal faaliyetlerde daha fazla kullanılması gerekmektedir. Tarım işletmelerinde kullanılan yapıların ısıtılmasında da kullanılmalıdır. Güneş enerjisinden elde edilen enerji ile yapılan tarımsal sulamalarda kuyuların derinliği, depoların kapasiteleri, gerekli olan su miktarı, suyun alınacağı kaynağın mevcut durumu suyun kimyasal yapısı göz önüne alınmalıdır (Atmaca, Yusufoğlu ve Kurtuluş, 2014).

Güneş enerjisinin önemi, günümüzde tüm dünyada su sorununun çözümünde ve enerji ihtiyacını karşılanmasında büyüktür. Dünyada uzun yıllardır kullanılmakta olan mevcut enerji kaynaklarının azalması, çevreyi kirletmesi, canlıların sağlıklarını olumsuz yönde etkilemesi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını zorunlu kılmıştır. Bütün

ülkelerin enerji kaynaklarının varlığı, enerjiyi elde ediş şekilleri ekonomilerini etkilemektedir. Günümüzde ülkelerin güçlü bir ekonomiye sahip olabilmelerinin en önemli faktörlerinden biri yerli enerji kaynaklarına sahip olmasıdır. Bunun içinde yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş enerjisinden olabildiğince fazla enerji elde edilmesi gerekmektedir. Güneş enerji sistemleri, hem büyük güçlü hem de küçük güçlü olarak kurulabilmektedir. Bu sistemlerin kurulum, bakım ve onarım maliyetleri teknolojik gelişmelere bağlı olarak azalmakta, geri ödeme süreleri kısalmaktadır.

Sulamayı, tarımsal üretimde değişik sulama sistem ve yöntemleri kullanarak bitkilerin ihtiyaç duyduğu suyun toprağa verilmesi olarak tanımlayabiliriz. Mevcut su kaynaklarının bir plan dâhilinde geliştirilmesine, kullanılmasına ve dağıtılmasına su yönetimi diyebiliriz. Mevcut su kaynaklarının etkin kullanım ve dağıtımının yapılarak, tarımsal faaliyetlerde bulunanların gelirlerinin artırılması temel amaç olmalıdır (Eminoğlu, 2007).

Su, enerji ile kaynağından çıkarılmakta ve sulama alanlarına taşınmaktadır. Tarımsal sulamada amaç gerekli olan suyun yeterli miktarda, zamanında ve en ekonomik olarak karşılanmasıdır. Buda yenilenebilir enerji kaynakları ile mümkün olabilmektedir.

Yüzölçümü 780 milyon dekar olan Türkiye'nin, 240 milyon dekar tarım alanı ekilebilir durumda olup, 85 milyon dekarda sulanabilir durumdadır. Türkiye'de 2018 yılı sonunda sulamaya açılan arazilerin toplamı 65,9 milyon dekara ulaşmıştır. Bu toplam arazi miktarı, ekonomik olarak sulanabilir toplam arazinin yüzde 77' dir.43 Milyon dekarlık bir alanda DSİ tarafından sulamaya açılmıştır (Tarım ve Orman Dergisi, 2019).

Ürün elde edilirken yapılan harcamalar içerisinde enerji giderleri önemli bir yer tutmaktadır. Güneş enerjisi, yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde en önemli kaynaklardan biri olup tarımsal sulamada kullanıldığında enerji giderleri azalacak, dolayısıyla ürün üretim maliyeti de düşecektir. Tarımsal sulamada eskiden beri kullanılan enerji kaynakları yerine yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı artmıştır. Yenilenebilir enerji kaynakları kullanıldığında çevre kirlenmesi önlenecek aynı zamanda mevcut enerji kaynakları da korunacaktır (Köksal, 2012).

Trakya Yöresinde mevcut su kaynakları her geçen gün azalmaktadır. Sanayi kuruluşlarının, nüfusun artması yöredeki su sıkıntısının hızlı bir şekilde artmasına neden olmaktadır. Son yıllarda dünyada tarımsal sulamada kullanılan enerji tüketiminin azaltılmasına yönelik araştırmalar yapılmaktadır. Bu araştırmalarda amaç sulamada kullanılan enerjinin, fosil yakıtlar yerine yeni ve yenilenebilir doğal enerji kaynaklarından karşılanmasını yaygın hale getirmektir.

Tarımsal sulama yapan üreticilerin sulama giderleri oldukça fazladır. Sulama giderlerinin azaltılması yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde yer alan güneş enerjili sulama sistemlerinin kullanılmasıyla mümkündür. Güneş enerjisi ile yapılan tarımsal sulamalarda tüketilen enerjiye ücret ödenmemesi ürün maliyetinin düşmesini sağlamaktadır. Bu avantajdan dolayı sulama sistemlerinin, fosil yakıtlardan elde edilen elektrik enerjisi yerine güneş enerjisinden elde edilen elektrik enerjisi ile çalıştırılması daha uygun olacaktır**.**

Tarımsal sulamanın yapıldığı yüzyıllardır, insanlar değişik yöntemler deneyerek en az güç kullanarak su pompalamayı gerçekleştirmek için çalışmışlardır. Bu yöntemlerde güç olarak; hayvan gücü, insan gücü ve fosil yakıtlar, rüzgâr enerjisi ve güneş enerjisi gibi değişik kaynakları kullanmışlardır. Örnek olarak tarımsal sulamada güneş enerjisiyle çalışan sistemlerle, fosil yakıt kaynaklardan elde edilen enerji ile çalışan içten yanmalı motorların kullanıldığı sulama sistemlerini karşılaştıracak olursak, güneş enerjili sistemlerin avantajlarını; 25-30 yıl gibi uzun süreler kullanılması, fazla bakım gerektirmemeleri, çevreye zarar vermemeleri ve enerji üretmek için hammaddeye ihtiyaç duymamaları olarak söyleyebiliriz.

Güncel teknolojilerde elektrik enerjisi üretmek için kullanılan kaynakların çevreyi kirletmesi, yavaş yavaş azalması ve bununla birlikte verimli kullanılmaması, insanları daha çevreci, azalmayan ve kendiliğinden yenilenen enerji kaynakları aramaya zorunlu kılmıştır. Dünya'daki nüfus artışına bağlı olarak enerji tüketiminin artması, enerjiyi gerekli olan yerlerde doğru bir şekilde kullanmaya ve verimin yüksek olduğu yenilenebilir enerji kaynaklarından daha fazla enerji elde etmeye yöneltmiştir.

Fotovoltaik sistemler olarak ta tanımlanmakta olan güneş enerji sistemleri, son yıllarda tarımsal sulama sistemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Fotovoltaik sistemlerde kullanılan malzemelerdeki teknolojik gelişmelerden dolayı, sistemlerin dizaynı, montajı, işletimi ve bakımı daha da kolaylaştı. Bu nedenle, herhangi bir yerde ihtiyaç duyulduğunda, güvenilirlik ve sürdürülebilirlik yönünden çözüm fotovoltaik sistemlerdir.

Bu çalışmada Edirne ilindeki iklim şartları göz önüne alınarak, şebeke elektriği ile yapılan mevcut tarımsal sulama maliyetleri ile aynı tarımsal sulamanın fotovoltaik tesislerden elde edilen elektrik enerjisi ile yapılması durumunda maliyetler araştırılmıştır. Çalışmada önce yörenin güneş enerjisi verileri belirlenecek, daha sonra sistem kurulumları için gerekli olan malzemeler hesap edilmiştir. Polikristal ve monokristal güneş panelleri kullanılması durumunda elde edilecek veriler hesap edilmiştir. Bu verilere göre fotovoltaik sistemlerin tarımsal sulamada kullanımının Edirne ili için uygun olup olmadığı ve sistemin kendini kaç yılda geri ödeyeceği tespit edilmiştir.

BÖLÜM 2

EDİRNE İLİNE AİT VERİLER

2.1. Edirne İlinin Coğrafi Konumu ve İklim Yapısı

Edirne'nin denizden yükekliği 41 metre olup Marmara Bölgesi'nin Trakya kısmındabulunmaktadır**.** İlde karasal iklim hâkim olup coğrafi olarak geniş düzlükler ve basık tepelerden oluşmaktadır. Kış ayları, Akdeniz iklimi oluştuğunda ve ılık ve yağışlı kara iklimi oluştuğunda ise sert ve yağışlı geçmektedir. Bahar mevsimi yağışlı, yaz mevsimi ise sıcak ve kurak geçmektedir. Yıl içerisinde Haziran, Temmuz, Ağustos sıcaklığın en fazla, Aralık ve Ocak ayları da soğukluğun en fazla olduğu aylardır, ortalama sıcaklık yaz mevsiminde 23,4 ℃2dir (*e-şehir,* 2021).

Coğrafi Konum olarak: Trakya Yarımadası'nda bulunan ilin; güney kısmında Ege Denizi Saroz Körfezi ve Koru Dağları, kuzey kısmında Istranca Dağları, batı kısmında ise Meriç Ovası ve Nehri, doğu kısmında da Ergene Ovası bulunmaktadır. İl Doğu boylamları olarak 26º 30', Kuzey enlemleri olarak da 41º 40' arasında bulunmaktadır. Topraklarının %80'i tarıma elverişlidir (Edirne il çevre durum raporu, 2019).

2.2. Toprak Kaynakları

Edirne ilinde 1.211.379 hektarlık tarım arazisi potansiyeli içinde etüt edilen saha 492.130 hektar ve bu sahanın sulamaya elverişli arazi miktarı 431.908 hektardır. Bununda ekonomik olarak sulanabilir miktarı 304.624 hektardır. 49.833 hektarı İl Özel İdaresi ve Halk Sulamaları (%12), DSİ verilerine göre 125.185 hektar (%28) olmak üzere toplam 175.018 hektarı sulanmaktadır. Kalan alanın 37.287 hektarlık bölümü (%8) yatırım programlarına girmiş olup, bunun 26.196 hektarının ihaleleri yapılmıştır ve inşaatları

sürdürülmektedir. 18.278 hektarlık bölüm (%4) ön inceleme ve 61.159 hektarlık bölüm (%47) ise planlama ve projelendirme aşamasındadır (DSİ, 2021).

Ekonomik olarak sulanabilecek durumda olan büyük miktarlardaki tarım alanının sulanması gerekmektedir. Yörede su miktarı rezervi ve halen kullanılmakta olan sulama sistemleri ile bunu gerçekleştirmek mümkün gözükmemektedir (Edirne, 2021). Bu alanlar için sulama altyapı projeleri, alet ve ekipmanlara ihtiyaç vardır. Bunun yanı sıra yer altı sularından kontrollü şekilde faydalanmak için sondaj çalışmaları da yapılmalıdır.

Edirne ilinin önemli ovaları ve yüz ölçümleri Çizelge 2.1.'de (Edirne, 2021) verilmektedir.

Çizelge 2.1. Edirne ilinin önemli ovaları ve yüzölçümleri.

Ovanın Adı	**Kapsadığı Yerler**	**Yüzölçümü (km^2)**	**İl Yüzölçümüne Oranı (%)**	**Yükseklik (m)**
Meriç Havzası	Edirne, Uzunköprü, Meriç, İpsala, Enez	410	6.53	0-40
Ergene Havzası	Uzunköprü Meriç	125	1.99	5-22.5
Kazan ova	Merkez	17	0.27	38
Soğukkuyu ovası	Merkez	13	0.21	48
Mehter Ova	Merkez	29	0.47	36
Kirişhane Ovası	Merkez	6	0.10	38
Tunca ovası	Merkez	33	0.53	43
Keşan Ovası	Keşan	40	0.64	40
Çamlıca Ovası	Keşan	40	0.64	40
Gala Ovası	Enez	20	0.32	1
İpsala Ovası	İpsala	175	2.79	10
Süloğlu Ovası	Süloğlu	38.8	0.62	40

2.3. Su Kaynakları ve Özellikleri

Trakya Yöresinde; nehir olarak Meriç, Tunca, Ergene nehri ve bu nehirlerin kolları vardır. Ayrıca yörede çok sayıda derede bulunmaktadır. Su kaynakları Meriç-Ergene havzası ile Marmara havzasında toplanmaktadır. Edirne ilindeki akarsulara ait veriler Çizelge 2.2.'de (DSİ, 2021) verilmiştir. Edirne İlinde yıllık ortalama yağış 621mm, toplam su potansiyeli 9.141hm^3/yıl, yer üstü suyu 8.457 hm^3/yıl ve yer altı suyu 684 hm^3/yıl olarak rapor edilmiştir (DSİ, 2021).

Çizelge 2.2. Edirne ilinin akarsuları.

Akarsu İsmi	Toplam Uzunluğu (km)	İl Sınırları İçindeki Uzunluğu (km)	Debisi (m^3/sn)	Kolu Olduğu Akarsu	Kullanım Amacı
Meriç Nehri	492,0	187	140,9	Meriç Nehri	Sınır aşan Su
Tunca Nehri	280,0	40,0	13,10	Meriç Nehri	Sınır aşan Su
Ergene Nehri	220,0	78,0	29,56	Meriç Nehri	Doğal Akarsu
Ana Dere (Keşan)	58,2	46,7	-	Gala Gölü	Kadıköy Barajı
Ova (Hasan) Dere	71,3	71,3	-	Ergene Nehri	Süloğlu Barajı
Hamza Dere	29,0	29,0	0,262	Hamzadere Baraj Gölü	Hamzadere Barajı
Sazlıdere	57,0	57,0	3,740	Meriç	Doğal Akarsu
Çömlekdere	29,0	29,0	0,240	Tunca Nehri	Doğal Akarsu*
Hasanağa (Pravadi) Dere	27,0	27,0	0,355	Tunca Nehri	Doğal Akarsu
Çakmak Dere	25,0	25,0	0,170	Meriç	Çakmak Barajı
Lalapaşa (Koca) Dere	30,8	30,8	0,679	Tunca Nehri	Lalapaşa I-II Göletleri

2.4. Tarımsal Yapı ve Üretim

Edirne ilinde üretilen meyve-sebzeler; maydanoz, salatalık, biber, domates, karpuz, kavun, mısır, çeltik, yonca ve soğandır. 6100 Dekar alanda meyve-sebze yetiştirilmektedir. İlde tarımsal sulama, arazilerde açılan 50-100m derinliğindeki kuyulardan depolama yapılmadan suyun doğrudan araziye pompalanması şeklinde

yapılmaktadır. Yüksek basınca sahip olan bu sulama yöntemi, il ve ilçelerde kırsal kesimde kullanılan elektrik enerjisinin en fazla harcandığı alandır. Çizelge 2.3'te (Edirne Tarım İl Müdürlüğü, 2020**)** üretimi yapılan ürünlerin su tüketimleri verilmektedir.

Çizelge 2.3.Üretimi yapılan ürünlerin sulama miktarı.

Ürünler	**Sulama suyu ihtiyacı(m^3/dekar)**
Ayva	470
Elma	477
Erik	468
Kayısı	468
Zerdali	468
Kiraz	513
Şeftali	840
Vişne	513
Ceviz	527
Badem	468
Ayçiçeği	100-140
Çeltik	1300-1500
Mısır	350-400
Yonca	550-600

2.5. Edirne İlinin Güneş Enerjisi Potansiyeli

Edirne coğrafi konum olarak güneş enerjisi potansiyeli yönünden çok verimlidir.

-Toplam olarak ortalama yıllık güneşlenme süresi=2693,7 saat/yıl

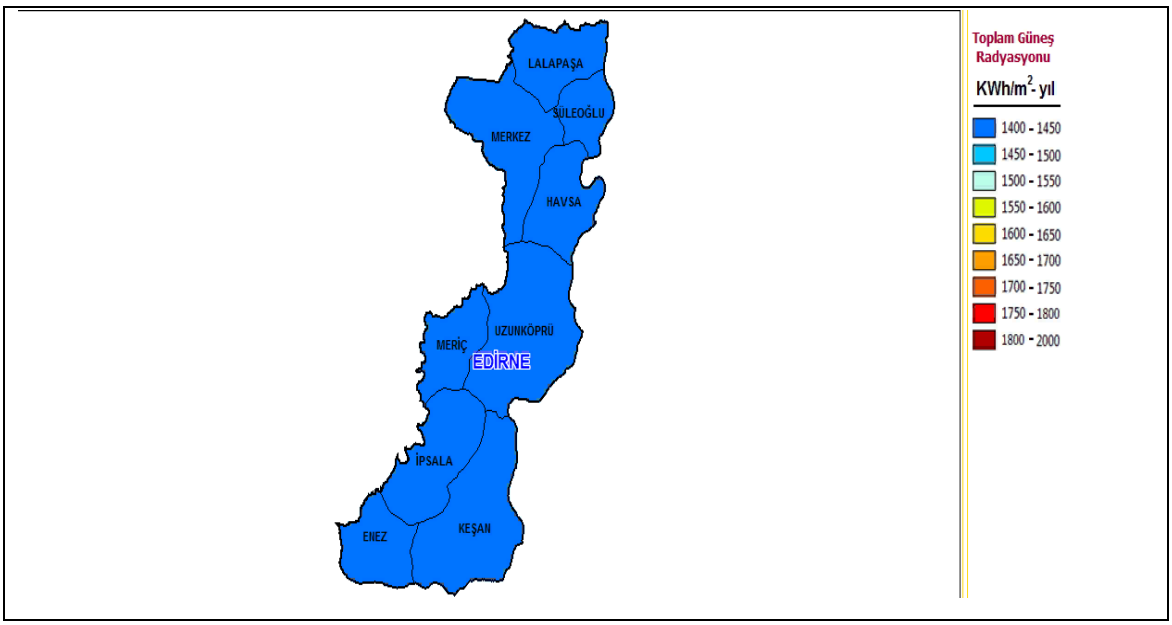
-Toplam olarak ortalama günlük güneşlenme süresi=7,38 saat/gün

-Toplam olarak ortalama yıllık ışınım şiddeti=1332,25 kWh/m^2-yıl

-Toplam olarak ortalama günlük ışınım şiddeti=3,65 kWh/m^2-gün.

Bu değerler Türkiye ortalamasına yakın değerlerdir.

Edirne'nin güneş radyasyon değerleri Şekil 2.1'de verilmiştir (Gepa enerji, 2021).



Şekil 2.1. Edirne ilinin güneş enerji radyasyonu.

BÖLÜM 3

GÜNEŞ ENERJİSİ

3.1.Güneş Enerjisinin Kullanımı

Güneş enerjisinin ışığından faydalanılarak enerji elde edilmektedir. Güneş çekirdeğindeki füzyon sonucu oluşan ışınım güneşten dünyamıza ışık olarak gelen enerjidir. Dünyada güneş enerjisinden enerji elde etme yenilenebilir enerji sektörünün içerisinde en çok gelişen sektördür. Güneş enerjisi sektörü yakın gelecekte çok hızlı bir şekilde büyüyecek olan bir sektördür. Günümüzde de bu sektör için, en hızlı gelişen teknolojilerin olduğu sektördür diyebiliriz. Son dönem kriz etkilerini göz önüne almazsak şirketlerin en çok yatırım yaptıkları alanların içerisinde güneş enerji sektörü olduğunu görmekteyiz. Yakın zamanda solar enerji sistemlerinin, mevcut kurulu elektrik üretim şebekelerinden daha fazla olacağı tahmin edilmektedir.

Güneş ışınım şiddeti dünya atmosferinin dışında,1370 W/m^2 değerinde ve sabittir. Bu değer yeryüzünde ise 0-1100 W/m^2arasında bir değerdir. Bu değerdeki enerjiden az bir kısmı dahi dünyaya gelse dünyada tüketilen enerjiden çok fazladır (Düzenli, 2010). Güneşten gelen radyasyon dünya atmosferine dik ise, güneşi sabit olarak alırsak, bir düşme 1.370 W/m^2, dünya döndüğünden dolayı bu açı süreklideğişmektedir.1.370 W/m^2 Radyasyon değerinden bizlere ancak 1.000 W/m^2'lik bir değer ulaşmaktadır. Bu değer Türkiye'de yıllık 1.100 kWh/m^2-yıl ile 1.300 kWh/m^2-yıl olarak değişmektedir, çöllerde ise 2.500 kWh/m^2-yıl'a kadar çıkmaktadır

Güneş enerjisi çok eskiden beri bilinmekte olan birincil enerji kaynağı çeşididir. Özellik olarak; yenilenebilir, temiz ve bütün dünyada bulunmasıdır. Enerji kaynaklarının birçoğu direkt veya dolaylı olarak güneş enerjisinden oluşmaktadır. Hidroelektrik enerji, dalga enerjisi, rüzgâr ve biokütle gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının büyük bölümü güneş enerjisinden oluşmaktadırlar. Güneşten dünyaya gelen bir dakikalık enerji ile dünyanın bir yıllık enerji ihtiyacı karşılanabilir, günümüzdeki mevcut kullanılmakta olan teknolojiler ile güneş enerjisinin tamamı değerlendirilememektedir. Güneş enerjisi yıl içerisinde aylara, günlere göre değişim göstermektedir. Radyasyon değeri atmosferik koşullara göre değişmektedir. Bu özelliklerinden dolayı güneş enerjisi sistemlerinden elde edilen enerjinin bazı kullanım alanlarında depolanması gerekmektedir. Doğru akım pompaları ile suyun pompalandığı sistemlerde depolamaya gerek kalmaz. Foto sentetik ve fotokimyasal tepkimeleri, güneş enerjisi ile başlatmak mümkündür. Güneş enerjisinin doğrudan elektrik enerjisi elde edilmesi, yarı iletkenlerde güneş enerjisinin fotoelektrik ve termoelektrik etkileri sonucu gerçekleşmektedir. Sanayi kuruluşlarının, konutların sıcak su ihtiyacının karşılanması, konutların ısıtılması ve soğutulmasında, endüstride işlem ısı ihtiyacının karşılanmasında, tarımsal sulamada, tarım ürünlerinin kurutma ve pişirilmesinde, sokak aydınlatılmasında güneş enerjisi yaygın olarak kullanılan bir enerji kaynağıdır. Aslında güneş enerjisinin kullanılabileceği alan çok fazladır.

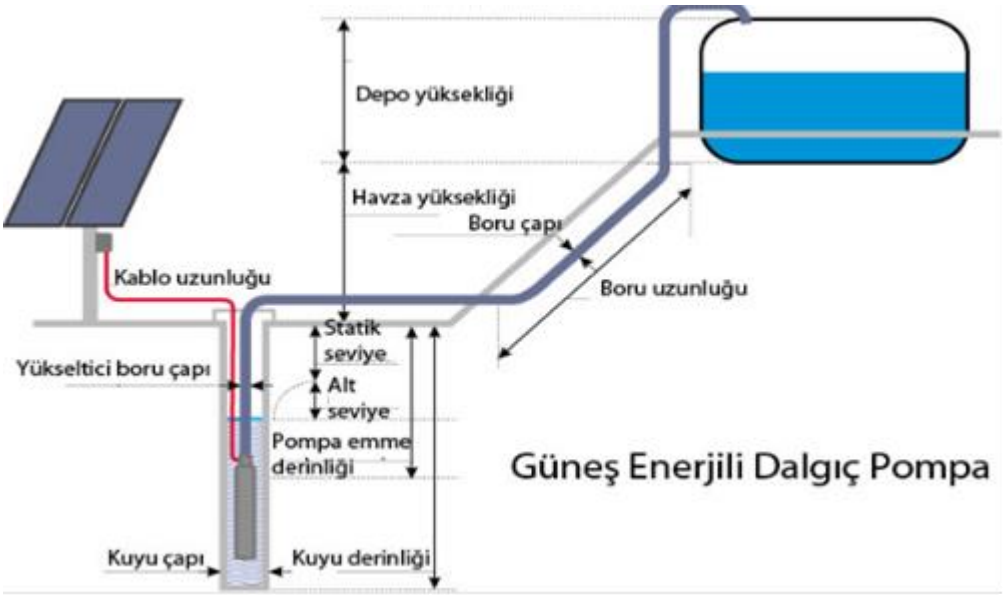
Güneş enerjisinin diğer enerji çeşitlerinden üstün yönleri vardır. Bu üstünlüklerinden en önemlisi hiç tükenmemesi ve bol miktarda bulunmasıdır. Çevreye zarar vermez, diğer enerji kaynaklarına dönüştürülürken havayı kirletecek duman, gaz, karbon monoksit, kükürt, radyasyon vb. atıklar oluşmaz. Enerjinin gerektiği her yerde güneş enerji sistemleri kurulabilir, seyyar olarak kurulup bir yerden başka bir yere taşınabilir. Solar sistemlerden elde edilen elektrik enerjisi ile çakmak, hesap makinesi, saat, deniz feneri, otobanlardaki telefon kulübeleri, orman gözetleme kuleleri, trafik ışıkları gibi birçok aygıt çalıştırılır. Güneş enerjisinden faydalanan ülkeler enerjide başka ülkelere bağımlı olmaz. Sistemlerin kurulumları basit olduğundan yerli teknoloji kullanılarak kurulabilir. İşletme masrafları diğer sistemlere göre azdır ve sistemlerin geri ödeme süreleri kısadır. Fotovoltaik sistemler olarak da tanımlanan bu sistemlerin en büyük dezavantajı kurulumda geniş alanlara ihtiyaç duyulmasıdır. Diğer bir dezavantajda

geceleri enerji elde edilememesi ve kış aylarında verimin düşmesidir. Akülerde depolanarak enerji elde edilemeyen süreçte de enerji ihtiyacı karşılanmaktadır. Güneş enerji sistemlerinin kurulacağı arazilerin güneş ışınlarını sürekli alabilecek yerler olması ve gölge olmaması gerekmektedir.

Teknolojik gelişmelere ve üretici ülkelerin artmasına bağlı olarak PV panel fiyatları düşmekte panellerin verimlilikleri de artmaktadır. Verimliliğin artması ile tüm dünyada güneş enerji sistemlerine güven ve mali yatırım artmaktadır. Türkiye'de güneş enerjisi santrali 2014 yılsonu itibariyle toplam kurulu güç 40MW iken 2015'te 248.8 MW olmuştur. 2016 yılı Mart ayında 492 adet güneş enerji santrali ile kurulu güç 357.7 MW'a ulaşmıştır. TEİAŞ'ın verilerine göre, Ağustos 2020 dönemi itibariyle Türkiye'nin kurulu7.221 adet güneş enerjisi santralinin toplam kurulu gücü 6.294,7 MW'tır (Türkiye elektrik üretim iletim istatistikleri, 2021). Türkiye mevcut coğrafi konumundan dolayı güneş enerjisi potansiyeli yönünden çok verimlidir. Bu potansiyel daha çok sıcak su elde edilmesinde kullanılmaktadır. Son yıllarda teknolojideki gelişmeler, enerji tüketimindeki artışlar, fotovoltaik sistem kurulum maliyetlerinin düşmesi, insanların güneş enerjisi konusunda daha fazla bilgi sahibi olması gibi etkenlerden dolayı elektrik enerjisi üretiminde de kullanılması artmıştır.

3.2. Güneş Enerjisi ile Sulama

Güneş enerjisi ile çalışan su pompalama sistemleri, güneş enerjisinden en verimli şekilde faydalanılan alanlardan biridir. Çünkü elektrik şebekesinin bulunmadığı yerlerde bulunan su kaynaklarından sulama yapılabilmesi için benzinli veya dizel jeneratörler kullanılmaktadır. Bu sistemler hem pahalı hem de sürekli olarak yakıt masrafı olan sistemlerdir. Aynı zamanda düzenli olarak bakım ve onarım gerektirirler. Sistemlerin yakıt giderleri sürekli olarak artmaktadır. Güneş enerji sistemleri daha ekonomik, fazla bakım onarım gerektirmeyen yakıt masrafı olmayan sistemlerdir. Bu metotla Şekil3.1'deki gibi, sistemin kurulumu yapıldıktan sonra, panellerden elde edilen elektrik enerjisi ile pompalar çalıştırılır (*su pompası*, 2021). Sistem kurulurken paneller güneş ışınlarından maksimum derecede faydalanacak şekilde monte edilmelidir.



Şekil 3.1. Güneş enerjili sulama düzeneği.

3.3. Güneş Panellerinin Yapısal ve Karekteristik Özellikleri

Güneş pilleri üzerine düşen güneş ışınlarını elektrik enerjisine çeviren düzeneklerdir. Güneş pili olarak söylenmesinin nedeni bünyesinde meydana gelen elektron hareketlerinin mevcut pillere benzemesindendir. Her ikisi de iki farklı yükle yüklenmiş katmanlar ve bu katmanlar arasında geçirgen nötr bölgeden oluşurlar. Katmanlara bağlanan bir kablo aracılıyla elektron hareketi sağlanır. Şekil olarak dikdörtgen, daire ve kare şeklinde biçimlendirilen güneş pillerinin kalınlıkları 0,2-0,4 mm arasında, kapladıkları alanlar genellikle 100 cm^2 civarındadır. Güneş pili çeşitli malzemelerdenyapılmaktadır. Yapımında en çok kullanılanda doğada bol miktarda bulunması, zehirsiz ve güvenilir olmasından dolayı silisyumdur.

Güneş pilleri farklı şekillerle birleştirilerek PV sistemlerin en temel malzemesi olan modülleri oluşturur, bu modüller de amaca göre değişik şekillerde birleştirilerek panelleri meydana getirirler (Altaş, 1998).

Güneş pilinin üstünlüklerini şu şekilde sıralanabilir.

- %25 gibi yüksek bir verimle güneş enerjisini elektrik enerjisine çevirirler.
- Çalışma ömürleri çok uzundur.

• Fabrikalarda kolayca üretilmektedir.

• Çıkış gücünün ağırlık miktarına olan oranı yüksek bir değerdedir.

• Çevreyi kirletmeden enerji üretirler.

Güneş pilinin olumsuz tarafları şunlardır.

• Sistem ilk kurulum maliyeti biraz yüksektir.

• Geceleri ve bulutlu havalarda enerjisiz kalmamak için enerji depolama elamanlarına ihtiyaç vardır.

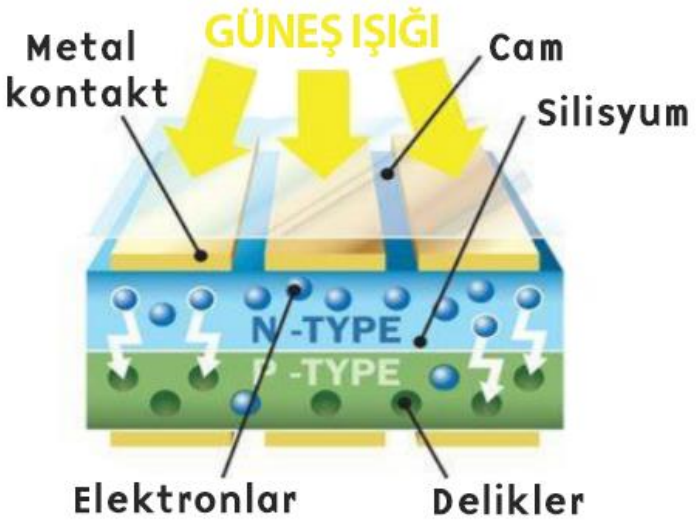
• Güneş ışığı fazla olan bölgelerde yüksek sıcaklıktan dolayı verim düşer (Altaş, 1998).

Bir fotovoltaik pil 0.6 volt gerilim üretmektedir. Piller birbiri ile seri olarak bağlanarak fotovoltaik modülleri meydana getirirler. Güneşli bir havada 12 volt elde etmek için 20 adet pil seri bağlanarak oluşturulan modülün elektrik değerleri 10 amper 120 Watt'tır. Fotovoltaik modüllerden elde edilecek gerilimi yükseltmek için piller birbiri ile seri, akımı yükseltmek için ise piller birbirleri ile paralel bağlanırlar. PV sistemleri; aküler, paneller, çevirici olarak inverterler, akü ile panel arasına bağlanan şarj kontrol cihazları ve diğer elektronik devre elemanlarından oluşmaktadır. Fotovoltaik sistemler, daha çok kırsalda elektrik enerjisinin bulunmadığı ve jeneratör ile elektrik enerjisinin elde edildiği yerlerde kullanılmaktadır. Günümüzde de ilk yatırım maliyetlerinin eskiye göre azalmış olması, elektrik şebekesinin olduğu yerlerde de bu sistemlerin kullanılmalarını ekonomik yönden mümkün kılmaktadır.

Yarı iletkenler olarak adlandırılan PV hücrelerde kullanılan maddeler bazen elektron alırken bazen de elektron vererek yörüngelerini tamamlarlar. Böylece yarı iletken parçasının bir kısmı negatif elektron alan bir tarafı ise pozitif elektron veren (P ve N tipi) hale getirilerek elektrik akımı oluşturulur. Daha sonra bu P ve N parçalar birleştirilir. Birleştirilmeden önce her ikisinin de proton ve elektronları birbirine eşittir. P tipi malzemenin kristal yapısında boşluklar (hole), N tipinin etrafında ise valans elektronları vardır.

Birleştirildiklerinde elektronlar N tipi malzemeden P tipi malzemeye, P tipi malzemedeki delikler ise N tipi malzemeye doğru hareket etmeye başlarlar. Sonuç olarak bakılırsa ani dengesizlik oluştururlar. Birleşme bölgesinde, Fosfor eklenmiş olan N tipi (negatif yükleyici) malzeme bazı valans elektronlarını (kristal yapı etrafında bulunan)

kaybeder ve pozitif yüke sahip olmuş olur. Bor eklenmiş P tipi (pozitif yükleyici) malzeme ise bazı ek elektronlar kazandığından dolayı net bir negatif yüke sahip olmuş olur. N tipi malzemeden ayrılan elektronlar kendilerine yaklaşan delikleri doldururlar. Boşlukları doldurulan atomlar bir elektriksel alan oluşturarak daha fazla deliğin ve elektronun geçişini engeller. Her geçen elektron bu elektrik alanı büyüterek iki malzeme arasında bir bölge oluştururlar. Geçiş bölgesinde bulunan serbest durumdaki elektronlar ve delikler bu bölgeden dışarıya çıkarılırlar. Bu şekilde her iki taraftaki yük dengelenene kadar bu işlem devam eder. Güneş enerjisinden elektrik akımı elde edilmesini sağlayan çoğunluk taşıyıcılar değil azınlık taşıyıcılardır. Azınlık taşıyıcı miktarı doğrudan doğruya bu bölgeleri etkileyen ışık ve ısıya bağlıdır (Altaş, 1998). Şekil 3.2'de (*Muhendistan*, 2021) bir güneş pilini oluşturan elemanlar gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Güneş pilinin yapısı.

Güneş pillerinin görevi, ışıkla yani fotonla çalışan bir diyotungörevi gibidir. Yarı iletken malzemelerden yapılmakta olan diyotlarışık altında fazla elektrik enerjisi üretmezler. Güneş modüllerinden güneşsiz günlerde de elektrik enerjisi elde edilir. Fotonların hücre tarafından soğurulmasısonucunda açığaçıkan enerji zayıf elektronların n-tipi silikondan, pozitif yüklüolan p-tipi silikona geçişine müsaade eder. Bu geçiş sonucunda hücreakım ve gerilim üretir. Elde edilen enerji arkadaki çıkıştan alınarak diğer hücreye seri bağlanarak panel yapılır. Bir hücreden 0,5 ile 0,6 V arasında gerilim elde

edilir, hücrelerinverimi her geçen gün arttıkça elde edilen gerilim değeride artmaktadır. Hücrelerin akım değeri boyutlarına göre değişmektedir. Örneğin gücü 10 W olan bir panelde bir hücrenin akım değeri 0,56 A iken, gücü 250 W olan panelde 8,3 A'dir. Bunun nedeni yüzey alanı n katmanından p katmana geçen elektron sayısında azalma olması ve buna bağlı olarak akım değerinin düşmesidir. Gerilim değeri 0,5 V olan hücreler birbiri ile seri bağlanarak güneş panelleri oluşturulur. 60 Adet güneş paneli seri bağlandığında oluşturulan panelin gücü 250 W gerilim değeri ise 30 V'tur. Hücrelerseri bağlandıklarında gerilim, paralel bağlantılarımda ise akım değerleri artar (*Muhendistan*, 2021).

Dünya genelinde 100'den fazla ülke, küreselanlamda geçenyıl PV'yeolan talebin artmasını sağlamışlardır.Dünyada kurulu güneş enerji santrali kapasitesi 2018 yılında 509 GWolmuştur. Bu kapasitenin 173 GW'ı (% 34) Çin'de ,61 GW'ı (% 12) USD'de, 56 GW'ı (% 11) Japonya'da, 46 GW'ı (% 9) Almanya'da, 26 GW'ı (% 5) Hindistan'da bulunmaktadır. Bu kapasiteye her yıl 100 GW eklenmektedir (*Myenerjisolar*, 2021).

3.3.1. PV Panel Teknolojileri

Birbirine eklenmiş fotovoltaik hücreler çevre etkilerine karşı sızdırmazlık sağlayarak fotovoltaik modülleri oluştururlar. Birden dahafazla fotovoltaik modüller elektrik kabloları ile birbirine bağlanarak fotovoltaik panelleri oluştururlar. Belli sayıdaki panelden oluşan enerji üretimsistemleri fotovoltaikdizilerdir. Silikon yapılı PV modüllerden oluşturulan sistemlerin kullanım süreleri 20 ile 30 yıl arasında değişmektedir (Öztürk ve Kaya, 2013).

3.3.2. Polikristal Paneller

Polikristal güneş panelleri monokristal güneş panellerinden kalite ve verimlilik açısından daha az verimli hücrelerden yapılmaktadır. Fakat fotovoltaik sistemlerde kullanım alanı oldukçafazladır. Fazla kullanılmasının nedeni daha kolay bulunması ve buna bağlı olarakta daha ucuz olmasıdır. Polikristalin anlamı, materyalin tam olarak homojen olmaması demektir.

3.3.3. Monokristal Paneller

Monokristal güneş pilleri yapı olarak, kalite ve verimlilik yönünden yüksek verimli monokristal hücrelerden yapılmaktadır. Aynı gücü sahip polikristal panellere göre %1-%2 daha az alana sahiptirler. Bu panellerin yapımında kullanılan teknoloji nedeniyle üretim süreçleri uzun tutmaktadır. Monokristal güneş panelleri uzun vadeli yatırımda en iyi seçenek olarak bulunmaktadır. Bugüneş paneli yapı olarak tüm hücre sadece kristalden oluştuğundan dolayı materyalin atom yapısı homojendir. Tüm kristalinbileşimleri doğada yapı olarak polikristalin olarakbulunmaktadırlar, mükemmel monokristal özelliğe en yakınsahip olan bileşim sadece elmastır.Monokristal panellere ait fiziksel ve elektriksel özellikler Çizelge 3.1. *(enerjimar,* 2021), Çizelge 3.2. (*3de3enerji,* 2021) ve Çizelge 3.3'te (*powerenerji,* 2021) verilmiştir.

Çizelge 3.1. 250 Watt monokristal PV modülün bazı fiziksel ve elektriksel özellikleri.

Teknik Bilgiler	**Veriler**
Maksimum Güç (Pmax)	250W
Maksimum Güç Gerilimi (Vmp)	30.4V
Maksimum Güç Akımı (Imp)	8.22A
Açık Devre Gerilimi (Voc)	38.2V
Kısa Devre Akımı (Isc)	8.50A
Hücre Tipi	Monokristalin Silisyum
Boyutlar	1650mm X 992mm X 40mm
Ağırlık	19.5 kg

Çizelge 3.2. 370 Watt monokristal PV modülün bazı fiziksel ve elektriksel özellikleri.

Teknik Bilgiler	**Veriler**
Maksimum Güç (Pmax)	370W
Açık devre Voltajı(Voc)	45.6V
Maksimum Güç Voltajı(Vmp)	39,9 V
Açık Devre Gerilimi (Voc)	38.2V
Kısa Devre Akımı (Isc)	9.58 A

Maksimum Güç Akımı(Imp)	9.27 A
Maksimum Sistem Voltajı	1000 VDC
Maksimum Seri Sigorta Akımı	15 A
Çıkış Gücü Toleransı	± % 5
Çalışma Sıcaklık Aralığı	-40 °C~+85°C
Hücre Sayısı	60(6x10)
Çıkış Kablosu Kesiti	4 mm^2
Hücre Tipi	Monokristalin Silisyum
Boyutlar	1950mm X 990mm X 40mm
Ağırlık	22 kg

Çizelge 3.3. 395 Watt monokristal PV modülün bazı fiziksel ve elektriksel özellikleri.

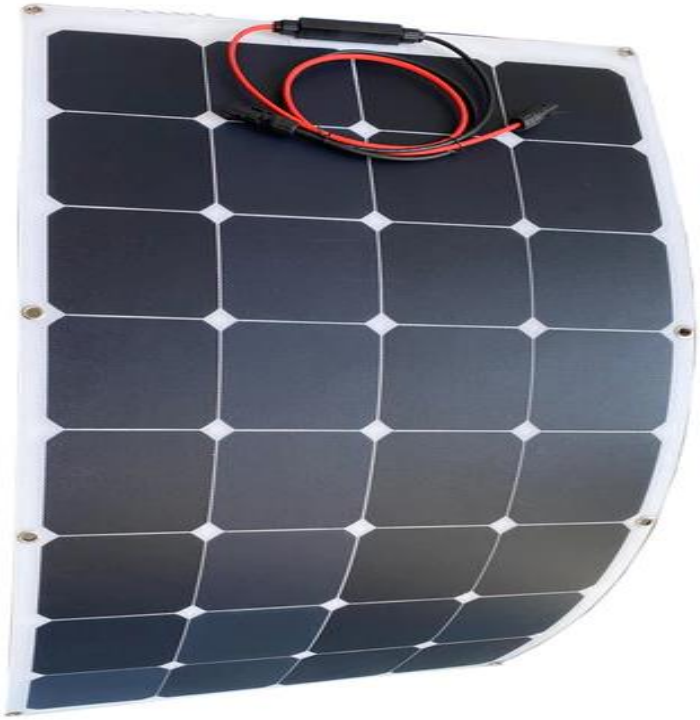
Teknik Bilgiler	**Veriler**
Maksimum Güç (Pmax)	395W
Açık devre Voltajı(Voc)	45.6V
Maksimum Güç Voltajı(Vmp)	39,9 V
Açık Devre Gerilimi (Voc)	38.2V
Kısa Devre Akımı (Isc)	9.68 A
Maksimum Güç Akımı(Imp)	9.40 A
Maksimum Sistem Voltajı	1000 VDC
Hücre Sayısı	72
Hücre Tipi	Monokristalin Silisyum
Boyutlar	1960mm X 990mm X 40mm
Ağırlık	22 kg

3.3.4. İnce Film Paneller

Bu panel hücrelerinin ışık yutma oranı yüksektir fakat verimliliklerinin düşük olmasından dolayı fazla tercih edilmezler. Yapı olarak çok kristallidirler ve ince film yarıiletken malzemelerin, büyüklükleri milimetrenin binde biri ile milyonda birine kadar değişen damarlardan oluşan panellerdir. Verimleri de %7-14 arasında değişmektedir.

3.3.5.Esnek Paneller

Fotovoltaik sistemlerde kullanılmakta olan güneş panellerinin yerine, çatı uygulamalarında kullanılmak için üretilmekte olan panellerdir. Diğer panellerin PV sistem kurulumlarında fiziksel olarak çatıya montajları zordur, izolasyona zarar vermektedirler. Esnek paneller ise çatı izolasyonuna zarar vermeden monte edilmektedirler. Ayrıca uygulamalarda da enerji üretiminden başka çatı kaplaması olarak da kullanılmaktadır. Hem kristal hem de ince film hücrelerden oluşanları vardır. Yapı olarak ince film hücrelerden imal edilenler esnektir ve serme şeklinde kullanılabilmektedir. Montajda ayrıca konstrüksiyona gerek duyulmaz. Aynı zamanda kristal yapıya sahip güneş panellerine nazaran ağırlık dağılımları daha iyidir. Yapılarında cam bulunmadığından dolayı kırılma riskleri taşımazlar. En önemli özelliklerinden biri de taşınmaları kolaydır. Şekil 3.3.'te örnek bir esnek panel görülmektedir (*global.linyang*, 2021).



Şekil 3.3. Esnek panel modül yapısı.

3.4.Şarj Regülatörleri

Rüzgâr, güneş veya hibrit sistemlerde kullanılan şarj regülâtörleri sistemlerde denetim görevi görmektedirler. Sistemin durumuna göre enerji dağılımı işlemini gerçekleştiren, yöneten, en uygun çalışma modunu otomatik olarak kendi seçen akıllı bir elektronik devredir. Görevini; sistemdekullanılmakta olan akülerin en verimli şekilde şarj ve deşarj edilerek kullanılması, yıldırım kontrolü, sıcaklık kontrolü ve uygunluğu, sigortasistemleri,korunması, kontrolkumanda merkezine farklı alarmların yollanması, türbinlerden ve sistemdeki panellerden gelen tüm verilerin kaydedilmesi ve modem vasıtasıyla ileverilerin istenilen yere gönderilerek takibinin yapılması olarak söyleyebiliriz.

Bataryaların ömürlerinin uzaması ve sistemin düzenli çalışması şarj kontrolü sayesinde sağlanmaktadır.Şarj kontrol cihazının PV sistemlerde asıl görevi batarya grubunu aşırıgerilim ve dip deşarj gibi risklerden korumaktır. PV sisteminiuygun değer çalışma noktasında çalıştırarak batarya grubunun ömrünün uzamasını sağlar. Şarj kontrol cihazının sistemde bağlandığı nokta genellikle PV modül ile bataryalar arasıdır. Şarj kontrol cihazı Şekil 3.4'te verilmiştir (*deparsolar*, 2021).



Şekil 3.4.Şarj kontrol cihazı.

Şekilde gösterilen şarj regülatörünün LCD ekran ve datalogger özellikleri vardır. LCD gösterge ile sistem çalışırken anlık panel akımı, akü ve panel voltajı ve akünün şarj doluluk oranı okunabilmektedir.

3.5.Aküler

Güneş panellerinin kullanıldığı sistemlerden yeterli güç ancak güneşli saatlerde alınabilmektedir. Enerji üretimin olmadığı diğer zamanlarda da enerjiye ihtiyaç olabilir veya anlık üretilen elektrik enerjisinden daha fazla enerjiye gereksinim duyulabilir. Bundan dolayı güneş panellerinin kullanıldığı sistemlerin birçoğunda elektrik enerjisini depolayabilen aküler kullanılmaktadır.

Akülerin görevi, sistemdeki güneş panelleri tarafından üretilen elektrik enerjisini depolamaktır. Aküler PV sistem kurulum maliyetinde önemli yer tutan elemanlardan biridir. Diğer elemanlara göre daha kısa ömürlü olmaları ve hatalı kullanıldıklarında kısasürede bozulmaları olumsuz yönleridir. Fotovoltaik sistemlerde kullanılan aküler genellikle jel tipinde olup bakım gerektirmezler. Jel aküler zorlu çalışma koşullarında bakım gerektirmeden uzun süre çalışabilirler. Akülere güneş panellerinden üretilen elektrik direkt verilmeyip, şarj regülatöründe düzenlenerek verilir. Şekil 3.5'te örnek bir akü verilmiştir (akudunyasi, 2021). Akülerdeki elektrik depolama kapasitesi amper-saat (Ah) cinsinden ölçülür. Bu değer akü boşalmadan önce kaç saat boyunca akım verebileceğini gösterir. Yani bir akü 100 saat boyunca 1 amper akım verebiliyorsa, bu akünün kapasitesi 100 Ah'tir denir. Akü kapasitesi sıcaklıktan ve deşarj olma hızından etkilenir. Her 1 ^{0}C sıcaklık artışı bataryalarda %1 oranında kapasite düşümüne neden olur.

PV sistemlerinin kurulumunda genellikle 12 voltluk kurşun-asit aküler kullanılmaktadır. "Solar" aküler, kullanılmakta olan oto akülerine göre sistemden daha iyi verim almak için üretilmiştir. Özellik olarak, oto akülerine göre solar aküler miktar olarak daha çok asit çözeltisi bulundururlar ve ilave olarak da daha çok miktarda aktif madde içerirler. Bu özelliklerinden dolayı solar aküler, PV sistemlerinin şarj ve deşarjlarında daha verimli olmaktadırlar. Solar akülerin deşarj süreleri uzun tutulursa, kapasitelerinde ekstra artış olur (Foley, 2005).



Şekil 3.5. Akümülatör.

Jel akü modelleri üretiminde silikon jel teknolojisi kullanılmaktadır. Çünkü bu teknoloji soğuk çalışma ortamlarında akünün daha uzun ve verimli kullanılmasını sağlar. Jel akü modelleri; tam kapalı, bakım gerektirmeyen ve özel seperator ile donatılmış akülerdir. Bu akülerin derin deşarj döngüsü diğer akülerden %50 daha fazladır. Bu özelliklerinin yanı sıra daha güvenli ve kaliteli olduklarından dolayı denizcilik ve yenilenebilir enerji kaynaklarında daha fazla tercih edilmektedirler. Derin deşarj döngüsünü, akü tamamen boşaldıktan sonra tekrar şarj olduğunda yapısındaki kimyasal özelliğin hiç bozulmaması olarak tanımlanmaktadır. Bu özelliğinden dolayı her şarj edilişten sonra farklı aküler gibi jel akünün kullanım ömründe ve verimliliğinde azalma olmaz. Çevrim ömürleri ve kullanım kapasiteleri de yüksektir.100 Amperlik bir sulu akünün kullanım kapasitesi %50 seviyesinde iken aynı amperdeki bir jel akünün %80 seviyesine kadar ulaşabilmektedir. Jel akülerin diğer akülere göre dezavantajı pahalı olmalarıdır. Fakat kullanım ömürleri ve kapasiteleri dikkate alındığında kullanılmaları avantajlıdır. Off-Grid olarak kullanılan sistemlerde aküler sürekli olarak şarj ve deşarj olduklarından dolayı jel akü kullanmak daha avantajlıdır.

3.6. İnverterler (Eviriciler)

PV panellerinde üretilen DC elektriğin günlük cihazlarda kullanılabilmesi için genellikle AC ye dönüştürülmesi gerekir. Bu amaçla inverterler kullanılır. İnverterler şebekeye direkt bağlı veya şebekeden bağımsız olarak kullanılabilirler. Şebekeden bağımsız inverterlerde genellikle akülerden dönüşüm sağlanır. Sistemdeki yükün durumu ne olursa olsun inverterler sisteme sabit gerilim ve frekans sağlarlar.Temelde inverterler doğru akımı (DC), istenen frekansta alternatif akıma (AC) çevirirler. Şekil 3.6' da invertere ait şekil verilmiştir (solarmarket, 2021). Gelişen teknolojileri ile birlikte eviricilerin verimlilikleri %98'i aşmaktadır (Tekkale, 2018).



Şekil 3.6. Solar inverter.

3.7. Pompalar

Yer altından veya yer üstünde bulunan göl, akarsu, baraj, kanal gibi su kaynaklardan, güneş enerjisi ile çalışan pompalar kullanarak su alınmakta ve pompalanmaktadır. Kullanılacak pompanın tipi ve gücü; sistemde kullanılacak toplam panel gücüne ve sayısına, suyun derinliğine, debisine ve kapasiteye göre değişmektedir. Solar pompaları seçerken, suyun alınacağı derinlik, suyun basılacağı yerin yüksekliği,

yatay pompalanacağı uzaklık ve bir günde gerekli olan su miktarı önceden bilinmelidir. Ayrıca sistemin kurulacağı bölgenin günlük güneşlenme süresi, çalışacağı aylar, radyasyon değerleri ile su kaynağının özellikleri dikkate alınmalıdır. Fotovoltaik sistemlerden elde edilen elektrik enerjisi ile çalıştırılan doğru akım pompaların kullanıldığı sistemlerin kurulumu, diğer pompaların kullanıldığı sistemlere göre daha kolaydır. DC pompalar daha çok küçük uygulamalarda kullanılırlar. PV paneller DC ürettikleri için pompa doğrudan panellere bağlanabilir. Büyük solar sistemlerde AC pompası kullanmak daha uygundur. AC pompalarının çeşitleri daha çok olup, daha ekonomiktirler. Pompa sistemi kullanmanın avantajları şunlardır;

-Yakıt gideri yoktur.

- Enerji nakil hattına gerek kalmaz.

- Kullanım ömürleri uzundur.

- Fazla arıza yapmazlar.

- Kullanımları basittir.

- Ekonomiktirler.

Yukarıda da belirtildiği gibi bu sistemlerin; uygulanması basit ve maliyetleri son derece düşüktür, tarım yapılan mevcut olan arazilerde kullanılabileceği gibi, elektrik enerjisinin bulunmadığı ve atıl şekilde olan arazilerde de kullanılması mümkündür.

Bu sistemlerin kurulmadan önce ihtiyaç duyulan verilerin çok iyi belirlenmesi gerekmektedir. Kuyulardan su çıkarmak için fotovoltaik sistem kurulurken, kuyu derinliği, ihtiyaç duyulan günlük su miktarı, arazi büyüklüğü gibi faktörler dikkate alınmaktadır.

3.7.1. Dalgıç Pompa

Su ve hava geçirmeyen tamamen kapalı gövdeye sahip pompalardır. Tamamı sıvının içinde bulunarak çalışmakta ve sıvıyı pompalamaktadır. Dalgıç pompa çalışma prensibi olarak jet motorun tam tersidir suyu yüzeye doğru iter, pompalar. Pompa, suyun daha yükseğe çıkarılması için en alta monte edilmelidir. Pompa suyun basıncını yükseltir

basınç dengesizliği artar ve su yüzeye pompalanır. Farklı derinliklerde çalışan pompalar birbiri ile seri olarak bağlanabilir. Birkaç metre derinlikteki sular için yüzey pompaları idealdir, fakat daha derinliklerdeki su kaynaklarında dalgıç pompa kullanılması gerekmektedir.

3.7.2. Santrifüj Pompa

Santrifüj pompalar sıvı akışını hidrodinamik enerjiye çevirip sıvılarıtaşımak için kullanılır.Diğer pompalar gibi, santrifüj pompa bir motordan alınan mekanik enerjiyi bir akıcı su enerjisine dönüştürür. Üretilen enerjinin bir kısmı kinetik enerjide harcanır,bir miktarı suyu hidrolik kafa ile yerçekimine karşı daha yüksek noktalara pompalamak için kullanılır. Şekil 3.6'da santrifüj pompagörülmektedir (*misanpompa,* 2021).



Şekil 3.7. Santrifüj pompa.

3.8. Güneş Enerjisi Kurulum Sistemleri

3.8.1. On-Grid Sistem

On-Grid sistemler aküsüz olarak kurulan şebeke bağlantılı sistemlerdir. Akünün görevini şehir şebekesi görmektedir. Bu sistemler küçük güçlüde olsa büyük güçlüde olsa bir santral görevi görmektedirler. Çünkü panellerden elde edilen elektrik enerjisi bir veya

üç faz inverterler üzerinden elektrik şebekesine verilmektedir. Sistemin çalışma şekli; güneş panellerinden elde edilen enerji invertere gelir, inverterde 220 Volt veya380 Volt alternatif akım olarak elektrik şebekesine aktarılabilecek şekilde dönüştürülür. Güneş panellerinden elde edilen elektrik enerjisi doğrudan yüke verilir, kullanılmayan fazlası ise elektrik şebekesine verilir. Üretimin yetmediği ya da havanın kapalı olduğu durumlarda yükün elektrik enerjisi ihtiyacı şebekeden karşılanır. Eğer şebekeden kaynaklanan bir sorun olup da karşılanamıyorsa inverter kendini kapatır. Yani şebekeden elektrik enerjisi alınamıyorsa sistemin de elektrik enerjisi kesilir.

3.8.2. Off-Grid Sistem

Elektrik enerjisinin bulunmadığı yerlerde kullanılmaktadır. Sistemde akü bulunmaktadır. Kullanıldığın yerler elektrik enerjisi götürmenin mümkün olmadığı veya çok pahalı olduğu, dağ başında elektriğin hiç olmadığı yerlere ve imar izni verilmeyen yerlere kurulan sistemlerdir. Güneş panellerinin çıkışındaki elektrik enerjisi önce şarj kontrol cihazına gelir burada ayarlanarak akülere gönderilir ve depolanır. Depolanan bu enerji ise inverterler aracılığı dönüştürülerek elektrikli aygıtlarda kullanılır. Bu sistemlerde kullanılan akülerin kaliteleri çok önemlidir, uygun seçilmeyen aküler kısa sürede arızalanmakta, verimleri azalmaktadır. Seçilecek akülerin ömürleri uzun, yüksek sıcaklıklara dayanıklı ve şarj-deşarj verimi yüksek olmalıdır.

BÖLÜM 4

BU ALANDA YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR

Ülkemizde de, tarımsal sulamada yeni teknolojileri kullanmaya başlayan ülkelerde olduğu gibi tarım üreticileri için, fotovoltaik sistem uygulamalarının devamlılığını sağlamak, daha düşük maliyetli ve çevreci sistem kurulumu konusunda çalışmalar yapılmaktadır (Yusufoğlu, 2013).

Tarımsal sulamada suyun hareketi için, bir enerji gerekmektedir. Suyun kaynağından tarlaya pompalanması için gerekli olan tüm mekanik araç ve gereçler sulama sistemi tesisini oluştururlar. Sulama pompaj tesislerinin, belirlenmesi, projelendirilmesi, yapımı, çalıştırılması, bakım ve onarımı önemlidir. Tarımsal sulamada asıl amaç, bitkinin ihtiyaç duyduğu su miktarını zamanında, en az enerji harcayarak ve en az maliyetle karşılamaktır. Tarımsal faaliyetlerde, çok fazla enerji tüketen sulama uygulamaları, enerji kullanımı içerisinde önemli bir yere sahiptir. Son yıllarda tarımsal sulamada enerji giderlerini azaltılmak için yapılan araştırmalar artmıştır. Araştırmalar, tarımsal sulamada yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen elektrik enerjisinin, fosil yakıtların tüketildiği geleneksel sistemlerin yerine kullanılmasına, daha düşük maliyetli ve verimi yüksek sulama sistemlerinin geliştirilmesine yöneliktir.

Tarımsal sulamada fotovoltaik sistemlerin kullanılmasında asıl amaç, öncelikle sulama maliyeti azaltmak, sistemde kullanılan bileşenlerin birbirleriyle uyumlu ve etkili şekilde kullanılmalarının arttırılmasını sağlamaktır (Şen, Göz yuman, Bayrak ve Yıldız, 2019).

Türkiye'de tarım arazileri yaygın olarak kırsal yörelerde bulunmakta olup tarım ile uğraşan nüfus fazladır. Bu nüfusun bir kısmı su ihtiyacını pompalar yardımıyla

kuyulardan çıkarıp tarımsal faaliyetlerde kullanarak geçimlerini sağlamaya çalışmaktadırlar. Ülkemizde uzun yıllardır tarımsal sulama ağırlıklı olarak; elektrik, mazot veya benzin gibi yakıtlar ile çalışan pompalar ile yapılmaktadır. Elektrik enerjisinin olmadığı veya elektrik şebekesi götürülmesinin zor ve çok pahalı olan tarım alanlarında hala mazot ve benzinli pompalar kullanılmaktadır. Bu sistemler sık sık arıza yapmakta, çok sık bakım ve onarım gerektirmektedirler. Güneş enerjisi ile çalışan sistemler ise, fazla arızalanmamakta, sık olarak bakım gerektirmedikleri gibi istenilen bir yerde, yeterince güneş olması şartı ile kurulabilmektedirler. Solar sistemler yakıt ve fazla bakıma ihtiyaç duymadıklarından dolayı, kısa sürede kendilerini geri ödemektedirler. Özellikle son yıllarda teknolojik gelişmeler ve kullanımdaki artış nedeniyle güneş pillerinin üretim maliyetinde azalış olmuştur. Sistemlerin kurulum maliyet Watt başına 1 €'nun altına düşmüştür.

Aksoy (2011), yapmış olduğu ekonomik analizde, şebekeden uzak yerlerde kullanılan dizel ve benzinli jeneratörlerin yerine 1500 W gücündeki rüzgâr türbini ve 480 W gücündeki güneş panelinden oluşan hibrit sistem ile üretilen elektrik kullanıldığında basit geri ödeme süresini sırasıyla 6,1 ve 4 yıl hesaplamıştır. Çalışma ömürlerinin 20 yıl olduğunu kabul ederek sistemlerin kendilerini geri ödeme sürelerinin az ve sistemin şebekeden uzak yerlere kurulumunu ekonomik açıdan uygulanabilir olduğunu belirtmiştir. Elektrik şebekesinin olduğu yerde ise sistemin kendini geri ödeme süresini 15,8 yıl olarak hesaplamıştır.

Erkoç (2019), yapmış olduğu araştırmada fotovoltaik sitemlerin çalışma ömürlerinin 25 yıl olduğunu bildirmektedir.

Bir sulama sistemi seçerken, genellikle kurulum malzemeleri ve montaj tutarı analiz edilir. Ancak; sistemin satın alma ve montaj maliyet tutarı, sistemin çalışması sırasında tüketilen enerji giderine kıyasla çok düşük bir tutardır. Çalışmalarda, bir pompanın toplam kullanım ömrü süresince satın alma fiyatının %3,6, montaj fiyatının %6,6 ve pompa tarafından tüketilen toplam enerjinin %92,8 olduğunu gösteren çalışmalar bulunmaktadır (Gençoğlu ve Cebeci, 2000).

Barlow, Mclenis ve Derrick (1993), güneş panellerinin oluşumunu gerçekleştiren hücreler güneşten gelen ışınların etkisiyle elektrik enerjisini oluşturmak üzere üretilmiş malzemelerdir. Panellerin sorun yaratmadan çalışmaları, güvenilir ve dayanıklı olmaları günümüzde kullanımlarının hızla artmasına neden olmuştur. Olumsuz etkileri olmayan, çevreci, yenilenebilir enerji kaynaklarından olan FV sistemlerin, olumsuz yönleri ilkkurulum maliyetininfazla olması ve veriminin düşük değerlerde olmasıdır. Fosil yakıtlı enerji kaynakları, karbona bağlı iklim değişikliğine ve hava kirliliğine neden olmaktadırlar. Ayrıca, fosil yakıtlardan elde edilen enerji maliyetlerinin artmasındandolayı ve enerjinin sürdürülebilir olmasını sağlamak için, birçok ülke temiz ve sürdürülebilir enerji kaynaklarından enerji elde etmeyi kullanmaya başlamıştır. Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde en fazla enerji elde edilen fotovoltaik sistemle çalışan pompalama düzeneklerini (PVP) tarımsal sulama yapmak içinöne sürmüştür.

Genellikleyerleşim yerlerinden uzak yerlerdeki enerji ihtiyacını karşılamaya yönelik güneş enerjisinin kullanımı ile ilgili olarak çalışmalar yapılmıştır. Tarımsal sulamada FV sistemler, enerjiyi getirmenin ekonomik olmadığı yerlerde kurulan sstemlerdir. Tarımsal sulamada en çok kullanılan yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde yer alan güneş enerjili sulama sistemleri gelmektedir. Tarımsal faaliyetlerde bulunan kişilerin giderleri içerisinde önemli bir yer tutan tarımsal sulama giderlerinin azaltılması hedeflenmektedir. Çünkü FV sistemlerde normal şebeke bağlantılı sulama sistemlerindeki gibi elektrik enerjisi fatura gideri yoktur ve buna bağlı olarak üretim maliyetinde azalma sağlanır. Bundan dolayı fosil yakıtlı enerji kaynakları kullanmak yerine, doğal enerji kaynağı olan güneş enerjisinden yararlanılması öncelik olmuştur.

Petrol ve elektrik fiyatlarındaki artış sulamada kullanılan pompalarda tarım sektörü için etkili ve düşük karbonlu enerji kaynağı olan alternatif enerji kaynaklarından güneş enerjisinin kullanımını artırmıştır (Corominas, 2010).

Atay, Işıker ve Yeşilata (2011), yapmışoldukları çalışmada, güneş enerjili sulama sistemlerin ilkkurulum maliyetinin yüksek olmasına karşılık, hiç bir işletme masrafı bulunmadığını, kırsal bölgelerde, elektrik enerjisinin olmadığı yerlerde kullanımı

halindeelektrik enerjisi getirmenin maliyetine göre çok daha ekonomik bir çözüm olabileceğini bildirmektedirler.

Tasar (1987), güneş pilleri hakkında araştırma yapmıştır. Tasarım, yarı iletken teknolojisine dayalı, p-n junction (ikili) ve karmaşık yapılı güneş pilleri üzerinde yapılan son çalışmaları derlemiş ve genel olarak, bir güneş pilinin çalıma prensibi, fotovoltaik olay, ışık enerjisinin elektrik enerjisine çevrilmesi konularını anlatmıştır.

Shorta ve Burton (2003), küçük birimlerde güneş enerjisiyle sulamanın öneminden ve güneş enerjisiyle çalışan pompaların faydalarından bahsetmiştir.

Meah, Ula ve Barrett (2008), merkezlere uzak yerleşim yerlerinde güneş enerjisiyle suyun pompalanmasının daha düşük maliyetlerde olduğunu, aynı zamanda gelişmiş ülkelerde güneş enerjisiyle elektrik üretiminin ekonomik ve güvenilir olması nedeniyle bu sistemlerin mükemmel bir seçim olduğunu açıklamışlardır.

Odeh, Yohanis ve Norton (2006), PV panellerle pompalama sistemlerinin AC fotovoltaik için bir simülasyon modeli geliştirmiş laboratuar ile arazi verilerini karşılaştırmış sistem performansı üzerinde pompa özellikleri, güneşlenme frekans dağılımının etkisini göz önünde bulundurarak PV boyutu simülasyon ile analiz ederek örnek bir çalışma ile göstermiştir.

Ggoneim (2006), su pompalama için güç kaynağı olarak güneş pillerinin kullanılması gerektiğini, bu sistemlerin kullanımının artmasıyla maliyetlerinin düşeceğini güvenilir ve ekonomik bir çalışma elde etmek için kullanılacak pompanın PV panellerin ürettiği DC gerilimle uyumlu olması gerektiğini söylemiştir.

Qoaider ve Steinbrecht (2010), elektrik enerjisinin bulunmadığı sulama gerektiren bölgelerde tarımsal faaliyetlerde PV teknolojisi kullanımını ekonomik yönden incelemişlerdir. Dizel yakıtın kullanıldığı jeneratörlerden elde edilen elektrik enerjisi maliyetinin; sistemin bakım ve onarım, fosil yakıt ve taşıma giderlerine göre değiştiğini bildirmişlerdir. Ayrıca solar sistemlerin sulamada kurulum ve işletme maliyetini incelemişlerdir. Tasarladıkları solar sulama sistemi ile bir günde 111000 m^3 su ihtiyacı olan 1260 ha alanı sulayacak pompanın elektrik enerjisini karşılamayı planlamışlardır. Tasarlanan solar sulama sisteminin; kWh başına elektrik enerjisi üretim maliyetini ve

verimini hesaplamış, dizel yakıtın kullanıldığı jeneratörlü sulama düzeneği ile kıyaslamışlardır. Dizel yakıt kullanılan jeneratörle elektrik enerjisi üretim maliyetinikWh başına bulurken yakıt fiyatını86.55 c€/L olarak almışlardır. Aynı büyüklükteki bir sistem için, jeneratörle birim kWh üretim maliyetini 39 c€/kWh olarak bulur iken, solar sistem birim kWh elektrik üretim maliyetini yalnız 13 c€/kWh olarak bulmuşlardır.

Şenol (2012), Türkiye'de sulama sistemlerinde güneş enerjisi kullanımını incelemiştir. Şebekeden bağımsız PV sistemleri ile su pompalama uygulamaları giderek artan bir şekilde kullanılmaktadır. PV su pompalama sistemleri,özellikle elektrik şebekesinin ulaşmadığı uzak bölgelerde su temini için uygundur.Tarımsal sulamada yüksek yakıt giderlerinin üreticinin gelirini oldukça azaltmaktadır. Fotovoltaik sistemler ile tarımsal sulama yapılmasının çiftçilere anlatılması ve kullanımının yaygınlaştırılması durumunda bu olumsuzluk düzelecektir. Bundan dolayı güneş enerjisi ile sulamaiçin yapılan destekleme bedellerinin ödenmesine devam edilmelidir. Her bölgede tüm köylere gidilerek çiftçilere fotovoltaik teknoloji ile tarımsal sulama sistemlerinin önemi, düzenlenecek eğitim ve seminerler ile anlatılmalıdır.

Yılankıran (2004), Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynakları ve kullanım potansiyeli hakkında araştırmalar yapmıştır. Alternatif enerji kaynaklarının fosil yakıtlara göre daha çevre dostu olduklarını, gelişen teknolojiyle değerlendirilme imkânlarının arttığını,alternatif enerji kaynaklarından güneş, jeotermal ve rüzgâr enerjisinin kullanılabilir potansiyelinin mevcut olduğunu fakat yeterince kullanılamadığını tespit etmiştir. Hidrojen, biyogaz ve dalga enerjilerinin ise potansiyel olmasına rağmen hemen hemen hiç kullanılmadığını bildirmiştir.

Jie vd. (2008), Fotovoltaik güneş destekli ısı pompası sistemi üzerinde durmuşlar, bir dizi performans testleri, hava koşulları ile günlük analiz yapmışlar ve besleme suyu sıcaklığını etkileyen faktörleri belirlemişlerdir.

Oluklulu (2001), güneş enerjisinden daha fazla faydalanmak için kullanılan solarmodüllerin, fiziksel ebadları ve mimaride kulanım olanakları ile ilgili bir araştırma yapmıştır. Bu çalışmada coğrafi konumu nedeniyle güneş ışınımından optimum düzeyde yararlanabilecek bir konumda bulunmasına rağmen, bu konudaki çalışmaların sıcak su

elde etmekten ileri gidememiş olan ülkemizde PV paneller aracılığı ile elektrik enerjisi elde edilmesi çalışmaların geliştirilmesine ve PV panellerin binalarda kullanım olanaklarının yaygınlaştırılmasına katkıda bulunulması gerektiğini açıklamıştır.

Dike (2007), yapmış olduğu çalışmada dam ve çatılarda kullanılan devir daim pompaların görüntü kirliliği yaptığını bildirmiştir. Görüntü kirliliğini ortadan kaldırmak amacıyla pompaların çalıştırılması için gerekli olan elektrik enerjisiningüneş enerji sistemlerinden elde edilmesini araştırmıştır. Araştırmalarında insanlar için gerekli olan elektrik enerjisinin üretilmesinde alternatif yöntemden bahsetmiştir. Yapmış olduğu araştırmalar sonucunda dam ve çatılarda kullanılmakta olan devir-daim pompalarının elektriğinin güneş enerjisinden karşılanarak maliyetin azalacağını, görüntü kirliliğinin ortadan kalkacağını ve uzun yıllar kullanılacak bir sistem olacağını bildirmiştir.

Gözmen ve Dilsel (2018), ofis konteyner yapılarının elektrik enerjisi ihtiyacını karşılamak üzere Mersin İlinde yapmış oldukları çalışmada güneş sistemi tasarımı ve maliyet analizini araştırmışlardır. Güneş verilerinin en düşük olduğu Ocak ayı verilerini kullanarak yaptıkları çalışma sonucunda, gerekli olan elektrik enerjisi ihtiyacının tamamının yıl boyunca karşılanabileceğini hesap etmişlerdir.

Özgöçmen (2007), elektrik şebekesinin götürmenin mümkün veya ekonomik olmadığı yerlerde güneş pillerinin kullanılması gerektiğini bir uygulama ile öne çıkarmıştır.

Vilela, Fraıdenraıch ve Tıba (2003), güneşi tek eksende izleyen ve sabit PV bir panel sisteminin bağlı olduğu su pompalama sistemini deneysel olarak incelemişleridir. 5000 ve 6000 Wh/m^2 güneş ışınım enerjisinin bulunduğu yerlerde, güneşi takip eden PV sistem kullanıldığında elde edilen enerjinin % 19 ve % 24 oranında daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir. Bu sistem kullanıldığında pompalanan su miktarında, sabit sisteme göre % 37 ve % 41 oranında artış gözlemlemişlerdir.

Bione, Vilelave ve Fraidenraich (2004), yapmış oldukları çalışmada,su pompalama amacıyla kurulan sabit PVsistem ile güneşi izleme ve odaklama özellikleri bulunan PV sistemlerini karşılaştırmışlardır. Çalışma sonucunda sabit PV sistemine göre yıllık olarak, pompalanan su miktarıningüneşi takip eden sistem kullanıldığında 1.41 kat

ve odaklayıcı PVsulama sistemi kullanıldığında ise2.49 kat fazla olduğunu tespit etmişlerdir.

Ghoneim (2006), pompaya doğrudan bağlı PV sistemini; PV dizi, DC motor, santrifüj pompa, su deposu ve sistemin verimini arttırmak için tasarlanan maksimum güç noktası belirleme elemanından kurmuştur. PV sistem ile supompalanarak kırsal kesimde yaşayan 300 insanın su ihtiyacı karşılanmıştır. Kişi başı günlük su ihtiyacını 40 L/gün kabul ederek, kuyudan bir yıl boyunca günde 12 m^3 su pompalanması gerektiğini hesaplamıştır. Tasarlanan PV sistemin Kuveyt güneş verilerine göre verimini hesaplayabilmek için bir benzeşim programı yazılmıştır. Benzeşim programında veri olarak, paneller, DC elektrik motoru ve santrifüj su pompa bileşenleri kullanılmıştır. Silikon güneş pili modüllerinin verimini bulabilmek için beş değişik çeşitpanel kullanılmıştır. Kullanılan PV sistem ile su pompalamanın ekonomik olarak kullanılabilmesi için sistem geri ödeme süresi maliyet analizi yapılmıştır.

Yeşilata ve Fıratoğlu (2008), güneş ışınımına ait verilerikullanarak, PV sistem ile su pompalamasında elde edilecek güç miktarındaki değişiklikleri araştırmışlardır. Yaptıkları hesaplamalara göre buldukları sonuçları, uzun dönemdeki güneş ışınım şiddeti verileri ile kıyaslamışlardır.

Abdolzadeh ve Ameri (2009), solar su pompalama sitem veriminin artırılabilmesi için, solar hücrelerin sıcaklık derecelerini belirli bir değerdeve panellerdekigüneş ışığı yansımalarını minimumda tutmak gerektiğini belirtmişlerdir. PVpanellerinin üzerlerine su püskürterek elde edilen enerji miktarında ve pompalanan farklı basınçlardakisu miktarında artış olduğunu gözlemlemişlerdir.

Mokeddem, Midoun, Said Hiadsi ve Raja (2011), 1.5 kW gücünde panellerden, DC elektrik motoru ve su pompalanmasında kullanılan santrifüj pompadan oluşan sistem kurmuşlardır. Doğrudan PVsistemine bağlı, pompalamayaait olanmotor-pompa verimimaksimum % 30 olan bu sistemlerin, elektrik enerjisinin götürülemediği kırsal kesimlerde,basıncı düşük değerli tarımsal sulama düzeneklerinde kullanılmasının mümkün olduğunu belirtmişlerdir.Sistem kurulumunda akü ve başka karmaşık sistem

elemanları kullanılmadığından, ilk yatırım maliyeti, bakım, onarım ve tasarım giderlerinin az olduğunu bulmuşlardır.

Hamrouni, Jiraidi ve Cherif (2009), güneş ışınımındaki değişimin; bir solar su pompalama sistemi verimine olan etkisini incelemişlerdir. Solar sistem; su deposu, paneller, inverter ve dalgıç pompadan oluşmaktadır. Güneşin ışınım miktarındaki azalmaya bağlı olarak, solar enerjiyle su pompalama sistem veriminin azaldığını tespit etmişlerdir. Programlar kullanılarak yapmış oldukları uygulamalarda elde ettikleri verilerle de doğrulamışlardır. Solar sistemlerle su pompalamanın tarımsal sulamada tercih edildiğinde, yalnız yaşam koşullarını iyileştirmekle kalmayacağı, aynı zamanda çevresel açıdanda olumlu katkılar sağlayacağını belirtmişlerdir.

Öztürk (2010) tarafından, meyve yetiştirilen alanlarda damla sulamada,solarsistemler kullanılarak su pompalamanın yapılması planlanmıştır. Bunun içinde; ürünler için gerekli olan su ihtiyacı, toplam su gereksinimi, suyun pompalanacağı yükseklik ve miktar için gerekli olan hidrolik enerjinin günlük değeri, PV panellerinden elde edilmesi gereken maksimum elektrikenerjisi miktarı, gerekli olan toplam panel gücü gibi tasarım ölçütlerinin belirlenmesi için yapılması gerekenleri açıklanmıştır.

Üçgül, Tüysüzoğlu ve Yakut (2014)**,** yapmış oldukları çalışmada, PVsistemlerinin kurulumunda;ekipman maliyetini 1,25 €/Wp, diğer elemanlar ve kurulum maliyetini 0,037 €/Wp ve solar sistem kurulumunun toplam maliyetini ise 1,29 €/Wp olarak bulmuşlardır.

Ould, Rekıoua ve Hamidat (2010), tasarladıkları modelde, pompalanan suyun debisi**;** farklı basınç değerlerindeki su için,motor-pompa ünitesini çalıştıran elektriksel devresi girişine bağlı olarak doğrudan hesaplanabilmektedir. Bu model, teknolojileri ve özelliklerde birbirinden farklı tasarlanmış olan motor-pompa düzenekleri kullanılarak yapılan deneysel çalışmanın sonuçlarına bağlı kalınarakbelirlenmiştir. Çalışmada pistonluve santrifü jpompalarla ilgili yapılan deneylerin sonuçları verilmiştir. Tarımsal sulamanın, dizel yakıtla çalışan jeneratörlü sistemler yerine, solar sistemlerle çalışan motor-pompa ile yapıldığında, çevreye salınan CO_2 miktarındaki azalmayı hesaplayan bir model tespit etmişlerdir.

Ramos ve Helena (2009), gelişmekte olan ülkelerin köy ve kasabalarında tarımsal alanların tümüne şehir şebekesinin götürülme maliyetinin yüksek ve enerji ücretinin toplanmasının zor olduğu için güneş enerjisiyle tarımsal sulamanın yapılması gerektiğinden bahsetmiştir.

Kavlak ve Güngör (2006), çalışmalarında tarımsal sulamada dizel pompa yerine fotovoltaik sistemle çalışan su pompalama sistemi kullanıldığında, daha temiz ve daha düşük maliyetli sulama işleminin yapılabilir olduğunu belirtmişlerdir.

Keçel (2007), yapmış olduğu çalışmada PV sistemlerinin çoğunlukla doğru akım elektrik enerjisi üretmek için tasarlandığını ve 220V'luk bir alternatif akım gerektiğinde, bu çevirme işleminin inverter ile sağlanabildiğini ve genel çevirici kayıplarını da %10 olarak aldığını bildirmektedir.

Yeşilata ve Aktacir (2001), tarafından fotovoltaik sistemle çalışan su pompalarının kurulum detayları incelenmiş ve sistemi oluşturan elamanların kolaylıkla seçimini sağlayacak bir yöntem izleyerek tasarım grafikleri oluşturmuşlardır. Bu grafiklerden faydalanarak sistem kurulumu için gerekli olan fotovoltaik güneş paneli seçiminin pratik olarak nasıl yapılabileceğini belirlemişlerdir.

Türkiye'de kullanılmakta olan yenilenebilir enerji kaynaklarının miktarında 2020 yılının ilk çeyreğinde %1,5 artış olmuştur. Aynı zamanda büyüme gösteren tek enerji kaynağıdır. Türkiye'de güneş santrali kurulu gücü 6.361 MW, üretim 9.624 MWh'tir (Türkiye Sınai Kalkınma Bankası, 2020).

BÖLÜM 5

MATERYAL VE METOD

5.1. Materyal

5.1.1.Türkiye'de Güneş Enerjisi

-Ortalama toplam yıllık güneşlenme süresi=2741,07 saat/yıl

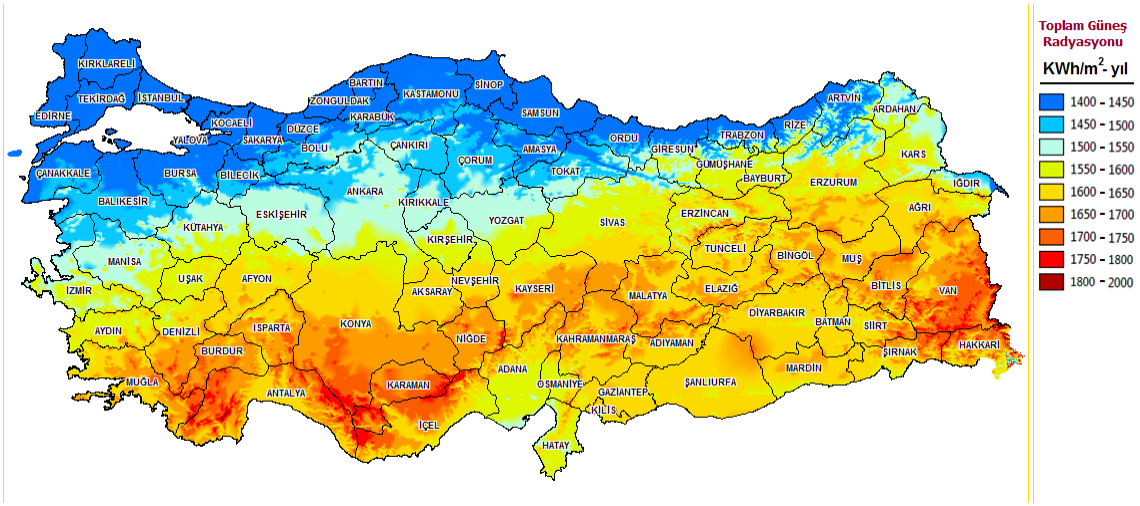
-Ortalama toplam günlük güneşlenme süresi=7,50 saat/gün

-Ortalama toplam yıllık ışınım şiddeti=1527,46 kWh/m^2-yıl

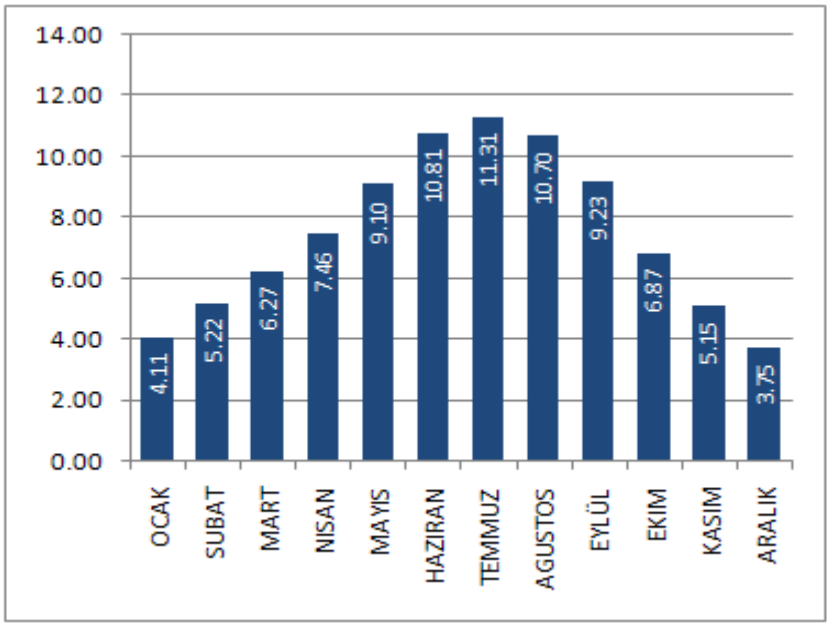
-Ortalama toplam günlük ışınım şiddeti=4,18 kWh/m^2gün.

Türkiye'nin güneş radyasyon haritası Şekil 5.1'de verilmiştir (Gepa enerji, 2021).

Türkiye'de aylık olarak güneşlenme süreleri Şekil 5.2'de verilmiştir (Gepa enerji, 2021). Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül ayları günlük güneşlenme sürelerinin en fazla olduğu aylardır.

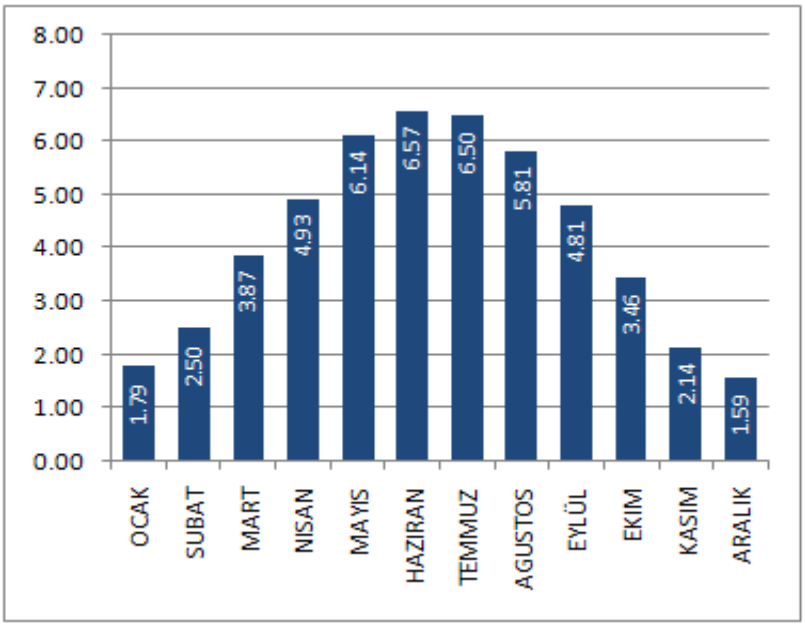


Şekil 5.1. Türkiye'nin güneş radyasyon haritası.



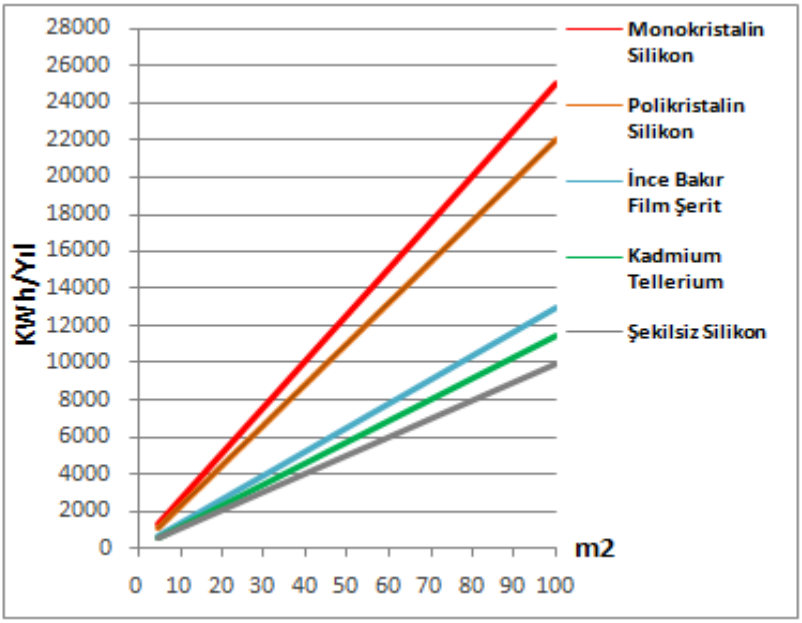
Şekil 5.2. Türkiye'nin güneşlenme süreleri (Saat).

Türkiye'de aylık olarak radyasyon değerleri Şekil 5.3'te verilmiştir (Gepa enerji, 2021).



Şekil 5.3. Türkiye'nin global radyasyon değerleri (KWh/m^2-gün).

Türkiye'de güneş panelleri çeşitlerine göre yıllık olarak elde edilecek elektrik enerjisi miktarları Şekil 5.4'te verilmiştir (Gepa enerji, 2021).



Şekil 5.4. Türkiye'nin PV tipi-alan-üretilebilecek enerji (kWh-Yıl).

Türkiye'de yıllık ortalama güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı Çizelge 5.1'de verilmiştir (Gepa enerji,2021).

Çizelge 5.1. Türkiye'de yıllık ortalama güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı.

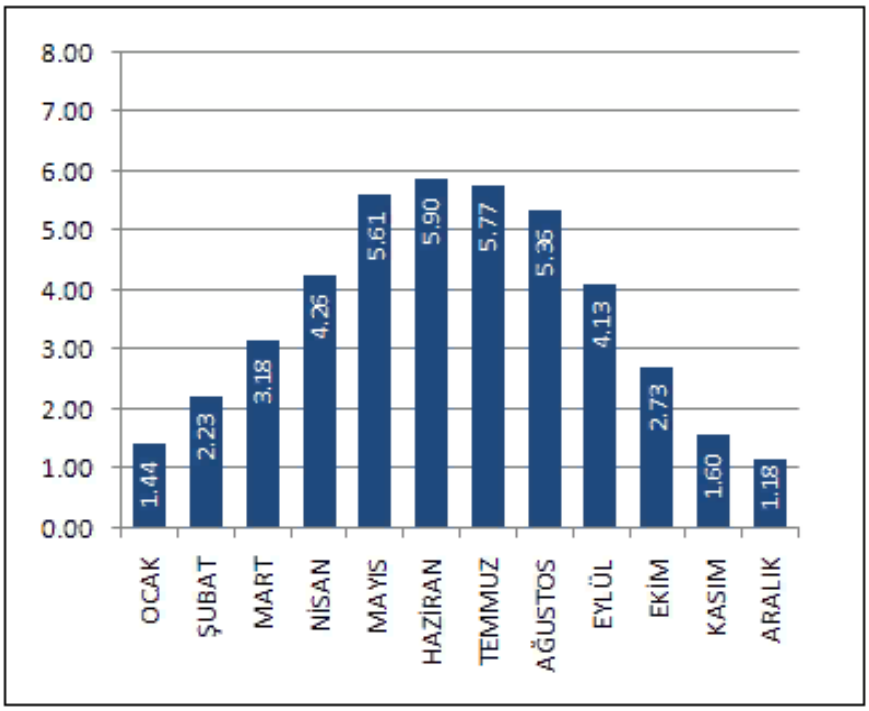
BÖLGE	**TOPLAM GÜNEŞ ENERJİSİ (kWh/m^2-yıl)**	**GÜNEŞLENME SÜRESİ (Saat/Yıl)**
G. DOĞU ANADOLU	1460	2993
AKDENİZ	1390	2956
DOĞU ANADOLU	1365	2664
İÇ ANADOLU	1314	2628
EGE	1304	2738
MARMARA	1168	2409
KARADENİZ	1120	1971

5.1.2. Edirne İlinde Güneş Enerjisi

Aktif durumdaki güneş enerjisi santrali 2.49 MW'tır (enerji atlası, 2021).

5.1.2.1. Edirne İlinin Güneş Enerjisi Potansiyeli

Edirne iline ait aylara göre global radyasyon değerleri Şekil 5.5'te verilmiştir (Gepa enerji, 2021). Radyasyon değerlerinin en fazla Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz ve Eylül aylarında olduğu görülmektedir.

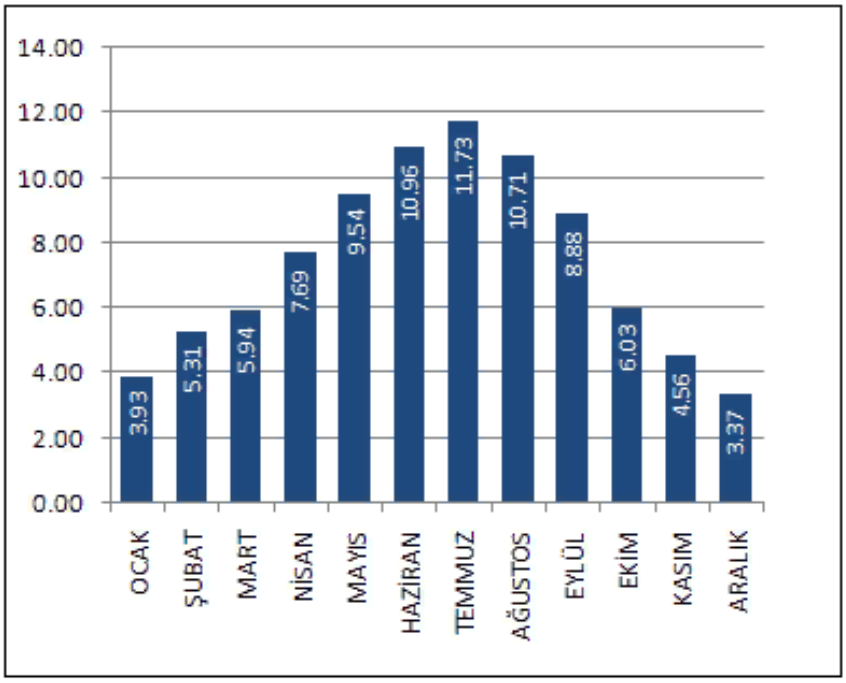


Şekil 5.5. Edirne ilinin global radyasyon değerleri (kWh/m^2-gün).

5.1.2.2.Edirne İlinin Güneşlenme Süreleri

Aylık ve günlük veriler kullanılarak bulunan yılda günlük ortalama güneşlenme süresi 7.38 saattir ve Türkiye'nin ortalama güneşlenme süresi 7.49 saattir. Edirne iline ait aylara göre güneşlenme süreleri Şekil 5.6'da verilmiştir (Gepa enerji, 2021).

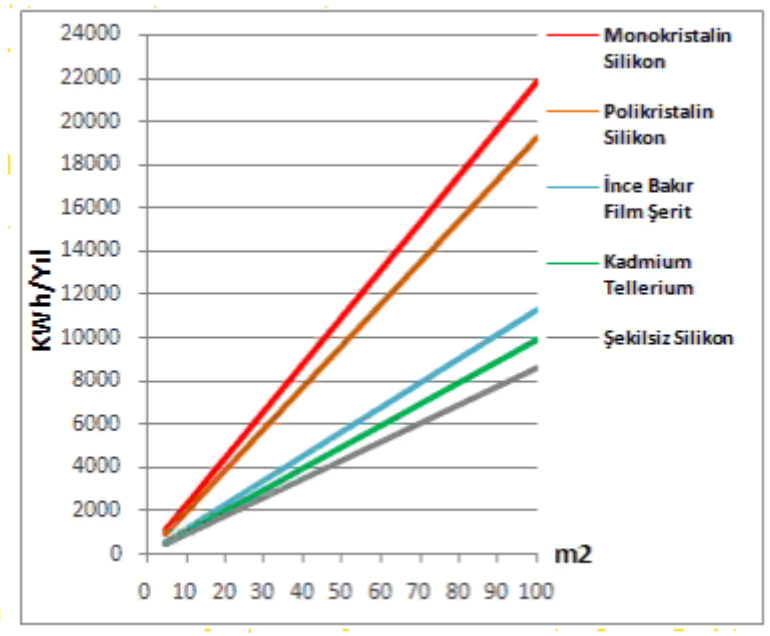
Edirne'de günlük güneşlenme süreleri ila Türkiye'nin ortalama günlük güneşlenme sürelerinin birbirine çok yakın olduğunu görmekteyiz. Sulamanın yoğun olarak yapıldığı Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında güneşlenme süresi ise ortalama olarak 10.76 saattir.



Şekil 5.6. Edirne ilinin güneşlenme süreleri/saat.

5.1.2.3. Edirne PV Tipi-Alan Üretilebilecek Enerji

Edirne ilinde güneş panellerinin yapılarına göre yılda üretecekleri elektrik enerjisi miktarları Şekil 5.7'de verilmiştir (Gepa enerji,2021). En verimli güneş panelinin monokristal panel olduğu görülmektedir.



Şekil 5.7. Edirne PV tipi-alan üretilebilecek enerji (kWh-Yıl).

5.1.2.4. Tarımsal Sulamada 2019 Yılına Ait Tüketimler

Edirne ilinde tarımsal sulamada 2019 yılında tüketilen elektrik enerjisi miktarının ilçelere dağılımı Çizelge 5.2'de verilmiştir (Tredaş, 2019). İl bazında tüketilen toplam elektrik enerjisi miktarı 113.201.1033 kWh'tır

Çizelge 5.2. Tarımsal sulamada 2019 yılına ait tüketimler (Tredaş, 2019).

İlçe	Yıllık Ortalama Tüketim (kWh)
Merkez	24.446.936,35
Havsa	2.861.387,21
Lalapaşa	474.988,90
Süloğlu	282.664,35
Uzunköprü	8.384.627,98
Meriç	5.413.156,58
Keşan	18.175.995,12
İpsala	48.691.813,69
Enez	4.469.533,12

5.1.2.5. Edirne İlinde Tarımsal Sulamanın Yapıldığı 2020 Yılı Aylara Ait Tüketimler

Edirne ilinde tarımsal sulamada 2020 yılı Haziran , Temmuz,Ağustos ve Eylül ayında tüketilen elektrik enerjisi miktarları Çizelge 5.3'te verilmiştir (Tredaş, 2020). Sulamanın yapıldığı bu aylarda tüketilen toplam elektrik enerjisi miktarı 96.844.839,01 kWh'tır.

Çizelge 5.3. Tarımsal sulamada 2020 yılı aylara ait tüketimler-kWh (Tredaş, 2020).

İLÇE	**Haziran 20**	**Temmuz 20**	**Ağustos 20**	**Eylül 20**
ENEZ	**1.402.324,71**	**990.853,74**	**952.394,09**	**407.569,46**
HAVSA	**718.117,49**	**1.179.352,60**	**1.719.468,03**	**773.411,32**
İPSALA	**9.922.191,58**	**11.591.777,44**	**10.914.399,13**	**5.966.190,05**
KEŞAN	**1.061.195,93**	**1.346.210,85**	**1.721.482,99**	**1.197.472,29**
LALAPAŞA	**53.166,19**	**273.715,41**	**179.900,86**	**128.229,34**
MERİÇ	**1.307.068,72**	**2.589.860,85**	**3.105.208,76**	**2.123.568,45**
MERKEZ	**3.142.263,30**	**6.141.476,91**	**7.009.975,38**	**3.884.853,26**
SÜLOĞLU	**23.598,89**	**92.241,19**	**30.390,86**	**23.399,76**
UZUNKÖPRÜ	**3.569.300,69**	**4.604.271,85**	**4.498.142,05**	**2.199.794,55**
TOPLAM	**21.199.227,52**	**28.809.760,85**	**30.131.362,16**	**16.704.488,48**

5.1.2.6. Tarımsal Sulamada Kullanılan Pompaj Tesisleri

Edirne ilinde özellikle son yıllarda sulama uygulamaları artmış bununla beraber tesis edilen pompaj tesislerinde de bir artış meydana gelmiştir. 2002 yılı verilerine göre sulama amacı ile kurulan 97 kooperatifte 2459adet pompa ve 85632 kW tesis edilmiş motor gücü bulunmaktadır. Tesis edilmiş bu motor gücünden elde edilen debi ise yaklaşık saatte 380 304 m^3'dir. Bölgeden elde edilen istatistik verilerine göre mevcut durumd**a** bölgede 9661 adet derin kuyu pompaj tesisi bulunmaktadır. Bu pompaj tesislerinin yaklaşık %75 i halk sulamalarında kullanılmakta ve yıllık kullanım süreleri yaklaşık 100-200 saat arasında değişmektedir. Buna karşın kooperatif tesislerinde bu süre yaklaşık 10

katına çıkmakta ve 1000-2000 saat arasında değişmektedir. Bir başka deyişle, ortalama olarak kooperatiflerde 500 da alan için bir pompaj tesisi kurulurken, halkın kullanımında bu alan 100-200 da arasında olmaktadır (DSİ, 2019).

5.2.Metod

Bu çalışma; Edirne ilinde tarımsal sulamada kullanılan elektrik enerjisinin fotovoltaik sistemler kullanılarak elde edilebilmesi için gerekli olan; toplam panel gücü, panel sayısı, akü kapasitesi, akü sayısı, inverter gücü, şarj regülatörü gücü, maliyet ve sistemin kendini geri ödeme süresinin hesaplamasına yönelik teorik bir çalışmadır. Bu kapsamda kayıt altına alınmış tarımsal sulamada kullanılan elektrik enerjisi miktarları, radyasyon değerleri kullanılmıştır. Edirne ili tarımsal sulama sistemleri orta gerilim ile çalışan (380 Volt) trafolu tesislerdir. Bu çalışmada tarımsal sulamada güneş enerjisinin tasarımı için teorik hesaplamalar yöntem olarak kullanılmıştır.

5.2.1. Edirne İlinin Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Potansiyeli

Aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli Şekil 5.5'teki Edirne ilindeki aylara göre global radyasyon değerleri ile ayların gün sayıları çarpılarak bulunmuştur.

5.2.2. Edirne İlinde Aylara Göre Elektrik Enerjisi Üretimi

Aylara göre üretilen elektrik enerjisi miktarı Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığının verileri kullanılarak belirlenmiştir. Gerekli olan panel gücü ile günlük güneşlenme süreleri ve ayların gün sayısı çarpılarak her ay için ayrı ayrı bulunmuştur (Şekil 5.6). (Gepa enerji,2021).

5.2.3. Edirne İlinde Tarımsal Sulamada İhtiyaç Duyulan Günlük Elektrik Enerjisi Miktarı

Sulu tarım yapılan arazide bir günde tüketilen elektrik enerjisi miktarı bulunurken (5.1) nolu denklem kullanılmıştır. Bu hesaplamada tarımsal sulamanın en fazla yapıldığı Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında sulamada tüketilen toplam elektrik enerjisi

miktarı ayların toplam gün sayısına (122 gün) bölünerek bulunmuştur. Aylara ait elektrik enerjisi tüketim değerleri Çizelge 5.3' ten alınmıştır.

$$\boldsymbol{Egi} = \frac{\boldsymbol{Et}}{\boldsymbol{Gts}}$$(Denklem5.1.)

5.2.4.Edirne İlinde Güneşten Elde Edilen Günlük Elektrik Enerjisi Miktarı

Güneş enerjisinden elde edilen günlük elektrik enerjisi miktarı bulunurken (5.2) nolu denklem kullanılmıştır. Bu hesaplamada Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında elde edilen aylık elektrik enerjisi miktarları toplamı, bu ayların toplam gün sayısına (122 gün) bölünerek bulunmuştur. Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında elde edilen aylık elektrik enerjisi miktarları Şekil 5.5' ten bulunmuştur.

$$\boldsymbol{Egk} = \frac{\boldsymbol{Ekt}}{\boldsymbol{Gets}}$$(Denklem5.2.)

5.2.5. Edirne İlinde Tarımsal Sulama İçin İhtiyaç Duyulan Toplam Panel Gücü

Sulu tarım yapılan arazi için gerekli olan toplam güneş paneli gücü bulunurken (5.3) nolu denklem kullanılmıştır. Bu hesaplamada sulu tarım yapılan arazide günlük ihtiyaç duyulan elektrik enerjisi miktarı, güneş enerjisinden elde edilen günlük elektrik enerjisi miktarına bölünerek bulunmuştur.

$$\boldsymbol{Epg} = \frac{\boldsymbol{Egi}}{\boldsymbol{Egk}}$$(Denklem 5.3.)

5.2.6. Edirne İli İçin Toplam Panel Sayısı

5.2.6.1. Gücü 250 Watt Paneller Kullanıldığında İhtiyaç Duyulan Panel Sayısı

Sulu tarım yapılan arazi için 250Watt gücünde ihtiyaç duyulan toplam panel sayısı bulunurken (5.4) nolu denklem kullanılmıştır. Bu hesaplamada gerekli olan toplam panel gücü bir adet panelin gücüne (250 W) bölünerek bulunmuştur.

$$\boldsymbol{Ps_{250W}} = \frac{\boldsymbol{Epg}}{\boldsymbol{Pg}}$$(Denklem5.4.)

5.2.6.2. Gücü 370 Watt Paneller Kullanıldığında İhtiyaç Duyulan Panel Sayısı

Sulu tarım yapılan arazi için 370Watt gücünde gerekli olan toplam panel sayısı bulunurken (5.5) nolu denklem kullanılmıştır. Bu hesaplamada gerekli olan toplam panel gücü bir adet panelin gücüne (370 W) bölünerek bulunmuştur.

$$\boldsymbol{Ps_{370W}} = \frac{\boldsymbol{Epg}}{\boldsymbol{Pg}}$$(Denklem 5.5.)

5.2.6.3.Gücü 395 Watt Paneller Kullanıldığında İhtiyaç Duyulan Panel Sayısı

Sulu tarım yapılan arazi için 395Watt gücünde gerekli olan toplam panel sayısı bulunurken (5.6) nolu denklem kullanılmıştır. Bu hesaplamada gerekli olan toplam panel gücü bir adet panelin gücüne (395 W) bölünerek bulunmuştur.

$$\boldsymbol{Ps_{395W}} = \frac{\boldsymbol{Epg}}{\boldsymbol{Pg}}$$(Denklem5.6.)

5.2.7. Edirne İli İçin Toplam Panel Kurulum Alanı

5.2.7.1. Gücü250 Watt Paneller Kullanıldığında İhtiyaç Duyulan Panel Kurulum Alanı

Sulu tarım yapılan arazi için 250 W gücünde paneller kullanıldığında gerekli olan toplam panel kurulum alanı bulunurken (5.7) nolu denklem kullanılmıştır. Bu hesaplamada gerekli olan toplam panel sayısı, bir panelin eni(m) ve boyunun(m) uzunluğu ile çarpılarak bulunmuştur (Gürgen, 2016). Panel ölçüleri ile ilgili değerler Çizelge 3.1'den alınmıştır

$A_{pk250\ W} = P_{sx} L_1 \times L_2$ (Denklem5.7.)

5.2.7.2. Gücü370 Watt Paneller Kullanıldığında İhtiyaç Duyulan Panel Kurulum Alanı

Sulu tarım yapılan arazi için 370Watt gücünde paneller kullanıldığında gerekli olan toplam panel kurulum alanı bulunurken (5.8) nolu denklem kullanılmıştır. Bu hesaplamada gerekli olan toplam panel sayısı, bir panelin eni(m) ve boyunun(m) uzunluğu ile çarpılarak bulunmuştur (Gürgen, 2016). Panel ölçüleri ile ilgili değerler Çizelge 3.2.'den alınmıştır.

$A_{pk370\ W} = P_{sx} L_1 \times L_2$ (Denklem5.8.)

5.2.7.3. Gücü 395 Watt Paneller Kullanıldığında İhtiyaç Duyulan Panel Kurulum Alanı

Sulu tarım yapılan arazi için 395Watt gücünde paneller kullanıldığında gerekli olan toplam panel kurulum alanı bulunurken (5.9) nolu denklem kullanılmıştır. Bu hesaplamada gerekli olan toplam panel sayısı, bir panelin eni(m) ve boyunun(m) uzunluğu ile çarpılarak bulunmuştur (Gürgen, 2016). Panel ölçüleri ile ilgili değerler Çizelge 3.3'ten alınmıştır.

$A_{pk395\ W} = P_s x\ L_1 x\ L_2$ (Denklem5.9.)

5.2.8. Edirne İli İçin Toplam Akü Kapasitesi

Akü kapasitesi hesaplanırken öncelikle gerekli olan günlük enerji ihtiyacı belirlenmelidir. Günlük ihtiyaç duyulan enerjinin akü voltajına bölünmesiyle akü kapasitesi bulunur. Hesaplama yaparken akü kayıplarını da dikkate almak gerekir.

Hesaplamalarda akü kayıpları yaklaşık olarak %10 alınmalıdır (Öztürk ve Dursun, 2011). Edirne ili için toplam akü kapasitesi hesaplanırken denklem (5.10) dan faydalanılmıştır.

$$\boldsymbol{AKAPt} = \frac{\boldsymbol{GE\dot{I}xAK}}{\boldsymbol{AV}}$$(Denklem5.10.)

5.2.9.Edirne İli İçin Toplam Akü Sayısı

Akü sayısı hesaplanırken gerekli toplam akü kapasitesi değeri seçilen akü kapasitesine bölünerek bulunmuştur. Hesaplamada (5.11) nolu denklem kullanılmıştır.

$$\boldsymbol{ASt} = \frac{\boldsymbol{AKAPt}}{\boldsymbol{AKs}}$$(Denklem5.11.)

5.2.10.Edirne İli İçin Günlük Güneşlenme Süresi

Günlük güneşlenme süresi tarımsal sulamanın en fazla yapıldığı Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarındaki güneşlenme süreleri toplanıp bu ayların toplam sayısına bölünerek bulunmuştur. Aylara ait güneşlenme süreleri ile ilgili değerler Şekil 5.6.'dan alınmıştır.

5.2.11. Edirne İli İçin Toplam İnverter Gücü

İnverter kapasitesi belirlenirken kullanılacak cihazın gücünün kullanıcının güç değerinden daha fazla olması istenmektedir. Hesaplamada (5.12) nolu denklem kullanılmıştır. Günlük enerji ihtiyacı ile inverter kayıpları çarpılarak bulunan değer günlük güneşlenme süresine bölünmüştür. Kapasite hesaplanırken inverterin kendisinden kaynaklanan kayıplarda sisteme dahil edilmiştir. Genel çevirici kayıpları da %10 olarak alınmıştır (Keçel, 2007).

$$\dot{\mathbf{I}}\boldsymbol{Gt} = \frac{\boldsymbol{GE\dot{I}x\dot{I}K}}{\boldsymbol{GGS}}$$(Denklem 5.12.)

5.2.12. Edirne İli İçin Toplam Şarj Regülatörü Gücü

Sistemde, şarj regülatörü voltajıile akünün voltajı birbiriyle uyumlu olmalıdır. Sistemde kullanılan şarj regülatörleri, akünün gereğinden fazla şarj veya deşarj olmasını önler ve gücü aşağıdaki gibi hesaplanır (Öztürk ve Dursun,2011). Hesaplamada (5.13) nolu denklem kullanılarak regülatörün gücü bulunmuştur.

$$Şct = \frac{GE_{İ}}{GGS} \text{(Denklem5.13.)}$$

5.2.13. Edirne İli İçin Sistem Kurulum Maliyetinin Hesaplanması

5.2.13.1. Polikristal Panel Kurulum Maliyeti

Sistem kurulumunda Polikristal güneş paneli kullanıldığında kurulum maliyeti bulunurken Watt başına olan kurulum maliyeti ile tarımsal sulama yapılan arazi için gerekli olan toplam güneş paneli gücü çarpılarak bulunmuştur. Kurulum maliyeti monokristal panel kullanıldığında 0.99 €/Wp, polikristal panel kullanıldığında ise 0,95 €/Wp olarak alınmıştır (Biçen,2018). Tarımsal sulamada birim kWh fiyatı 0.88942₺ alınmıştır (Tedaş, 2021).

5.2.13.2. Monokristal Panel Kurulum Maliyeti

Sistem kurulumunda monokristal güneş paneli kullanıldığında kurulum maliyeti bulunurken Watt başına olan kurulum maliyeti ile sulu tarım yapılan arazi için gerekli olan toplam güneş paneli gücü çarpılarak bulunmuştur.

5.2.14. Sistem Kurulumunun Ekonomik Analizi

Ekonomik analiz; Sistemden üretilen yıllık toplam elektrik enerjisinin tarımsal sulamada kullanıldıktan sonra kalan miktarı, devlet destek bedeli, tarımsal sulamada kullanılan elektrik enerjisinin bedeli ve sistemin kurulum maliyeti dikkate alınarak hesaplanmıştır. Elektrik enerjisinin birim fiyatı 0.88942 ₺/kWh olarak alınmıştır (Tedaş, 2021)

BÖLÜM 6

BULGULAR VE TARTIŞMA

6.1. Edirne İlinin Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Potansiyeli

Edirne iline ait aylara göre ortalama güneş enerjisi potansiyeli tarımsal sulamanın en fazla yapıldığı Haziran ayında 177 kWh,Temmuz ayında 178,87 kWh,Ağustos ayında 166,16 kWh,Eylül ayında 123,9 kWh olarak tespit edilmiştir.Bu aylara ait güneş enerjisi potansiyeli toplamı 645,93 kWh olarak hesaplanmıştır.

6.2. Edirne İlinde Tarımsal Sulamada İhtiyaç Duyulan Günlük Elektrik Enerjisi Miktarı

Tarımsal sulamada bir günde ihtiyaç duyulan elektrik enerjisi miktarı tarımsal sulamanın en fazla yapıldığı Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında sulamada tüketilen toplam elektrik enerjisi miktarı olan 96.844.839,01kWh ayların toplam gün sayısına olan 122 ye bölünerek 793.810,155kWh olarak bulunmuştur.

Düzenli (2010), yapmış olduğu çalışmada toplam yük miktarı 2000Watt olan bir tarımsal sulama sisteminin, günlük elektrik enerjisi gereksinimini 4762,6Wh/gün olduğunu hesaplamıştır.

6.3. Edirne İlinde Güneşten Elde Edilen Günlük Elektrik Enerjisi Miktarı

Güneş enerjisinden elde edilen günlük elektrik enerjisi miktarı bulunurken Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında elde edilen aylık elektrik enerjisi miktarları toplamı olan 645,93 kW bu ayların toplam gün sayısına 122 ye bölünerek 5,294 kW/gün olarak bulunmuştur.

6.4. Edirne İlinde Tarımsal Sulama İçin İhtiyaç Duyulan Toplam Panel Gücü Miktarı

Tarımsal sulama yapılan arazi için gerekli olan toplam güneş paneli gücü; sulanan tarım arazide bir günde ihtiyaç duyulan elektrik enerjisi miktarı olan 793.810,155kWh, güneş enerjisinden kazanılan günlük elektrik enerjisi miktarı olan 5,294'e bölünerek 149.945,250 kW olarak bulunmuştur. Sistemden yıllık olarak 404.722.988,00kWhelektrik enerjisi elde edilmektedir.

Düzenli (2010), yapmış olduğu çalışmada toplam yük miktarı 2000Watt olan bir tarımsal sulama sisteminin, fotovoltaik sistem ile yapılabilmesi için, 101,5Watt gücünde 12 adet güneş paneli kullanılarak toplam gücü 1.218 kW olarak bulmuştur.

6.5. Edirne İli İçin İhtiyaç Duyulan Toplam Panel Sayısı Miktarı

6.5.1. Gücü 250 Watt Paneller Kullanıldığında İhtiyaç Duyulan Panel Sayısı

Tarımsal sulama yapılan arazi için 250Watt gücünde paneller kullanıldığında gerekli olan toplam panel sayısı bulunurken gerekli olan toplam panel gücü olan 149.945,250 kW bir adet panelin gücüne (250Watt) bölünerek 600 adet olarak bulunmuştur.

6.5.2.Gücü 370 Watt Paneller Kullanıldığında İhtiyaç Duyulan Panel Sayısı

Tarımsal sulama yapılan arazi için 370Watt gücünde paneller kullanıldığında gerekli olan toplam panel sayısı bulunurken gerekli olan toplam panel gücü olan 149.945,250 kW bir adet panelin gücüne (370Watt) bölünerek 405 adet olarak bulunmuştur.

Erkoç (2019), yapmış olduğu çalışmada, toplam gücü 750 kW olan güneş enerji santrallerinin modellemesi için gücü 375Watt olan 2000 adet monokristal panel kullanmıştır.

6.5.3. Gücü 395 Watt Paneller Kullanıldığında İhtiyaç Duyulan Panel Sayısı

Tarımsal sulama yapılan arazi için 395Watt gücünde paneller kullanıldığında gerekli olan toplam panel sayısı bulunurken gerekli olan toplam panel gücü olan 149.945,250 kW bir adet panelin gücüne (395Watt) bölünerek 380 adet olarak bulunmuştur.

6.6. Panel Kurulum Alanı

6.6.1. Gücü 250 Watt Paneller Kullanıldığında İhtiyaç Duyulan Panel Kurulum Alanı

Tarımsal sulama yapılan arazi için 250Watt gücünde paneller kullanıldığında gerekli olan toplam panel kurulum alanı bulunurken gerekli olan toplam panel sayısı olan 600 ile bir panelin eni 0,99 metre ve boyu 1.65 metre ile çarpılarak 980.1m^2 olarak bulunmuştur.

6.6.2. Gücü 370 Watt Paneller Kullanıldığında İhtiyaç Duyulan Panel Kurulum Alanı

Tarımsal sulama yapılan arazi için 370Watt gücünde paneller kullanıldığında gerekli olan toplam panel kurulum alanı bulunurken gerekli olan toplam panel sayısı olan 405 ile bir panelin eni 0,99 metre ve boyu 1.95 metre ile çarpılarak 781.852m^2 olarak bulunmuştur.

6.6.3. Gücü 395 Watt Paneller Kullanıldığında İhtiyaç Duyulan Panel Kurulum Alanı

Tarımsal sulama yapılan arazi için 395Watt gücünde paneller kullanıldığında gerekli olan toplam panel kurulum alanı bulunurken gerekli olan toplam panel sayısı olan 380 ile bir panelin eni 0,99 metre ve boyu 1.96 metre ile çarpılarak 737,35m^2 olarak bulunmuştur.

6.7. Toplam Akü Kapasitesi

6.7.1. 12 Volt Akü Kullanıldığında İhtiyaç Duyulan Toplam Akü Kapasitesi

Akü kapasitesi bulunurken tarımsal sulamada bir günde ihtiyaç duyulan elektrik enerjisi miktarı olan 793.810,155kWh, akü kaybı olan 1.10 ile çarpılarak bulunan 873.191,1705kWh akü voltajı olan 12 volta bölünerek 72.765.930,88Ah bulunmuştur.

Düzenli (2010), yapmış olduğu çalışmada toplam yük miktarı 2000Watt olan bir tarımsal sulama sisteminin fotovoltaik sistem ile yapılabilmesi için ihtiyaç duyulan toplam akü kapasitesinin 12 Volt akü kullanılarak 750 Ah olduğunu hesap etmiştir.

6.7.2.24 Volt Akü Kullanıldığında İhtiyaç Duyulan Toplam Akü Kapasitesi

Akü kapasitesi bulunurken tarımsal sulamada bir günde ihtiyaç duyulan elektrik enerjisi miktarı olan 793.810,155kWh, akü kaybı olan 1.10 ile çarpılarak bulunan 873. 191,1705kWh akü voltajı olan 24 volta bölünerek 36.382.965,44 Ah bulunmuştur.

6.8. Toplam Akü Sayısı

6.8.1. 12Volt 200 Ah'lik Akü Kullanıldığında İhtiyaç Duyulan Toplam Akü Sayısı

12 Volt akü kullanıldığında gerekli olan akü sayısı bulunurken 72.765.930,88 Ah akü kapasitesi seçilen akü kapasitesi değeri olan 200 Ah'e bölünerek 363.382 adet olarak bulunmuştur.

Düzenli (2010), yapmış olduğu çalışmada toplam yük miktarı 2000Watt olan bir tarımsal sulama sisteminin fotovoltaik sistem ile yapılabilmesi için 12 Volt,200 Ah değerinde 6 adet jel akü kullanılması gerektiğini hesaplamıştır**.**

6.8.2. 24Volt 200 Ah'lik Akü Kullanıldığında İhtiyaç Duyulan Toplam Akü Sayısı

24 Volt akü kullanıldığında gerekli olan akü adedi bulunurken 36.382.965,44Ah akü kapasitesi seçilen akü kapasitesi değeri olan 200Ah'e bölünerek181.915 adet olarak bulunmuştur.

6.9. Güneşlenme Süresi

Günlük güneşlenme süresi Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarının güneşlenme sürelerinin toplamı olan 42.28 bu ayların toplamı olan 4'e bölünerek 10.57h olarak bulunmuştur.

6.10. Toplam İnverter Gücü

Tarımsal sulamada kullanılacak toplam inverter gücü bulunurken bir günde sulamada tüketilen elektrik enerjisi miktarı olan 793.810,155kWh inverter kaybı olan 1.10 ile çarpılarak bulunan 873.191,170kWh günlük güneşlenme süresi olan 10.57ye bölünerek 82.610,328 kW olarak bulunmuştur.

Erkoç (2019), yapmış olduğu çalışmada toplam gücü 750 kW olan güneş enerji santrallerinin modellemesi için gücü 50 kW olan 15 adet inverter gerektiğini hesap etmiştir.

Düzenli (2010), yapmış olduğu çalışmada toplam yük miktarı 2000Watt olan bir tarımsal sulama sisteminin fotovoltaik sistem ile yapılabilmesi için, 2500Watt gücünde invertere ihtiyaç olduğunu hesaplamıştır.

6.11. Toplam Şarj Regülatörü Gücü

Gerekli olan toplam şarj regülatörü gücü bir günde sulamada tüketilen elektrik enerjisi miktarı olan 793.810,155 kWh güneşlenme süresi olan10.57 ye bölünerek 75.100,298 kW olarak bulunmuştur.

Öztürk ve Dursun (2011),yapmış olduğu çalışmada 20 KVA'lık Fotovoltaik Sistem Tasarımı için gereken akü şarj regülatörü cihazının 13.846,15Watt gücünde olması gerektiğini hesaplamıştır**.**

6.12. Sistem Kurulumunun Maliyeti

6.12.1. Polikristal Panel Kullanıldığında Kurulum Maliyeti

Sistem kurulumunda polikristal güneş paneli kullanıldığında kurulum maliyeti bulunurken Watt başına olan kurulum maliyeti olan 0.95 € ile gerekli olan toplam güneş paneli gücü olan 149.945.250 W ile çarpılarak 142.447.987,5€,1.356.104.841₺ olarak bulunmuştur.1€ = 9.52₺ olarak alınmıştır.

6.12.2.Monokristal Panel Kullanıldığında Kurulum Maliyeti

Sistem kurulumunda monokristal güneş paneli kullanıldığında kurulum maliyeti bulunurken Watt başına olan kurulum maliyeti olan 0.99 € ile gerekli olan toplam güneş paneli gücü olan149.945.250 W ile çarpılarak 148.445.797,5€, 1.413.203.992,2₺olarak bulunmuştur.

Erkoç (2019), yapmış olduğu çalışmada toplam gücü 750 kW olan güneş enerji santrallerinin kurulum maliyetini Türkiye'de 707.000 $, 5.323.710 ₺, Almanya'da 636.700 $olarak hesaplamıştır. 1 $ = 7.53 ₺ olarak alınmıştır.

6.13.Sistem Kurulumunun Ekonomik Analizi

Sistemin kurulumunun ekonomik analizi sistemin elektrik şebekesine bağlı olduğu dikkate alınarak yapılmıştır. Çünkü sistem yılın tamamında elektrik enerjisi üretmektedir. Tarımsal sulama ağırlıklı olarak Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında yapılmakta diğer aylarda üretilen elektrik enerjisi şebekeye verilmektedir.

6.13.1.Sistemde Üretilen Yıllık Toplam Elektrik Enerjisi Miktarı

Sistemde gerekli olan panel gücü ile aylara göre günlük güneşlenme süreleri ile gün sayıları çarpılarak her ay için ayrı olarak hesaplanmış ve aylık üretimler toplanarak yıllık olarak 404.722.988,00kWh olarak bulunmuştur.

Biçen (2018), yapmış olduğu çalışmada 23 kW'lık bir fotovoltaik tesiste monokristalpanellerden elde edilen yıllık elektrik enerjisi miktarının 28.081 kWh/yıl ile

32 239 kWh/yıl arasında olduğunu, Polikristal panellerden elde edilen yıllık elektrik enerjisi miktarının ise 26. 209 kWh/yıl ile 31.886 kWh/yıl arasında olduğunu bulmuştur.

6.13.2. Polikristal Panel Kullanıldığında Ekonomik Analiz

6.13.2.1. Sistemde Kullanılan Paneller İthal İse

Sistemden üretilen yıllık 404.722.988,00kWh enerjiden, 122 günde tarımsal sulama için 96.844.839,01kWh enerji kullanıldıktan sonra 307.878.149kWh enerji fazlası oluşur. Güneş enerjisi için ödenen 0.32 ₺/kWh (EPDK, 2020) destek bedeli kullanılarak destekleme bedeli hesaplandığında;

404.722.988,00kWh–96.844.839,01kWh=307.878.149kWh
307.878.149kWh × 0.32₺/kW = 98.521.007,68₺
1 kWh elektrik tüketiminin birim fiyatı 0.88942₺ olup (Tedaş, 2021)
Tarımsal sulama enerji bedeli 96.844.839,01kWh× 0.88942₺/kWh= 86.135.736,71₺ olarak hesaplanır.

Buna göre; Yıllık, ihtiyaç fazlası enerjiden 98.521.007,68₺ destek ödemesi ve 122 gün için kullanılacak olan 96.844.839,01kWh enerji bedeli olan 86.135.736,71₺ tasarruf edilmiş olunur.
Toplam Tasarruf = 98.521.007,68₺+86.135.736,71₺=184.656.744,4₺ yıllık tasarruf edilir.
Sistem maliyetini toplam tasarrufa bölersek;
Sistemin kendini geri ödeme süresi
1.356.104.841₺÷184.656.744,4₺/yıl=7.34 yıldır.

6.13.2.2. Sistemde Kullanılan Paneller Yerli İse

Sistemden üretilen yıllık 404.722.988,00kWh enerjiden, 122 günde tarımsal sulama için 96.844.839,01kWh enerji kullanıldıktan sonra 307.878.149kWh enerji fazlası oluşur. Güneş enerjisi için ödenen 0.32 ₺/kWh (EPDK, 2020) destek bedeli kullanılarak destekleme bedeli hesaplandığında;
404.722.988,00kWh–96.844.839,01kWh=307.878.149kWh

307.878.149kWh × 0.32₺/kWh = 98.521.007,68₺

Yerli paneller kullanıldığında ilave ek 0.08₺/kWh (*EPDK*, 2020)destekleme bedeli hesaplandığında;

307.878.149kWh x0.08₺/kWh=24.630.251,92₺

1 kWh elektrik tüketiminin birim fiyatı 0.88942₺olup (Tedaş, 2021)

Tarımsal sulama için ödenecek enerji bedeli 96.844.839,01kWh× 0.88942₺/kWh = 86.135.736,71 ₺olarak hesaplanır.

Buna göre; Yıllık, ihtiyaç fazlası enerjiden 98.521.007,68₺ ve yerli panel kullanımından 24.630.251,92 ₺destek ödemesi**,** 122 gün için kullanılacak olan 96.844.839,01kWh enerji bedeli olan 86.135.736,71 ₺ tasarruf edilmiş olunur.

Toplam Tasarruf = 98.521.007,68₺+24.630.251,92 ₺+86.135.736,71 ₺=209.286.996,3₺yıllık tasarruf edilir.

Sistem maliyetini toplam tasarrufa bölersek;

Sistemin kendini geri ödeme süresi

1.356.104.841₺÷209.286.996,3₺/yıl=6,47 yıldır.

Polikristal paneller kullanıldığında devlet destek bedeli kullanılmadığında sistem maliyetini sulama enerji bedeline bölersek; sistemin kendini geri ödeme süresi

1.356.104.841₺÷86.135.736,71 ₺/yıl=15,74 yıldır.

6.13.3. Monokristal Panel Kullanıldığında Ekonomik Analiz

6.13.3.1. Sistemde Kullanılan Paneller İthal İse

Sistemden üretilen yıllık 404.722.988,00kWh enerjiden, 122 günde tarımsal sulama için 96.844.839,01kWh enerji kullanıldıktan sonra 307.878.149kWh enerji fazlası oluşur. Güneş enerjisi için ödenen 0.32 ₺/kWh (EPDK, 2020) destek bedeli kullanılarak destekleme bedeli hesaplandığında;

404.722,988,00kWh–96.844.839,01kWh=307.878.149kWh

307.878.149kWh × 0.32 ₺/kWh = 98.521.007,68₺

1 kWh elektrik tüketiminin birim fiyatı 0.88942 ₺ olup (Tedaş, 2021).

Tarımsal sulama enerji bedeli 96.844.839,01kWh× 0.88942 ₺/kWh = 86.135.736,71₺ olarak hesaplanır.

Buna göre; Yıllık, ihtiyaç fazlası enerjiden 98.521.007,68 ₺ destek ödemesi ve 122 gün için kullanılacak olan 96.844.839,01kWh enerji bedeli olan 86.135.736,71 ₺ tasarruf edilmiş olunur.

Toplam Tasarruf = 98.521.007,68₺+86.135.736,71 ₺=184.656.744,4₺ yıllık tasarruf edilir.

Sistem maliyetini toplam tasarrufa bölersek;

Sistemin kendini geri ödeme süresi

1.413.203.992,2₺÷184.656.744,4₺/yıl=7,65 yıldır.

6.13.3.2. Sistemde Kullanılan Paneller Yerli İse

Sistemden üretilen yıllık 404.722.988,00kWh enerjiden, 122 günde tarımsal sulama için 96.844.839,01kWh enerji kullanıldıktan sonra 307.878,149kWh enerji fazlası oluşur. Güneş enerjisi için ödenen 0.32 ₺/kWh (EPDK, 2020) destek bedeli kullanılarak destekleme bedeli hesaplandığında;

404.722,988,00kWh–96.844.839,01kWh=307.878.149kWh

307.878.149kWh × 0.32 ₺/kWh = 98.521.007,68₺.

Yerli paneller kullanıldığında ilave ek 0.08 ₺/kWh (EPDK, 2020) destekleme bedeli hesaplandığında

307.878,149kWh x0.08₺/kWh=24.630.251,92 ₺

1 kWh elektrik tüketiminin birim fiyatı 0.88942₺ olup (Tedaş, 2021)

Tarımsal sulama için ödenecek enerji bedeli 96.844.839,01 kWh×0.88942 /₺/kWh= 86.135.736,71₺ olarak hesaplanır.

Buna göre; Yıllık, ihtiyaç fazlası enerjiden 98.521.007,68₺ ve yerli panel kullanımından 24.630.251,92 ₺ destek ödemesi, 122 gün için kullanılacak olan 96.844.839,01kWhenerji bedeli olan 86.135.736,71 ₺ tasarruf edilmiş olunur.

Toplam Tasarruf = 98.521.007,68₺+24.630.251,92 ₺ +86.135.736,71 ₺=209.286.996,3₺ yıllık tasarruf edilir.

Sistem maliyetini toplam tasarrufa bölersek;

Sistemin kendini geri ödeme süresi

1.413.203.992,2 ₺÷209.286.996,3 ₺/yıl = 6,75 yıldır.

Monokristal paneller kullanıldığında devlet destek bedeli kullanılmadığında sistem maliyetini sulama enerji bedeline bölersek;

Sistemin kendini geri ödeme süresi

1.413.203.992,2 ₺÷86.135.736,71 ₺/yıl=16,40 yıldır.

Bu alanda yapılmış çalışmalarda Fotovoltaik sistemin kendini geri ödeme sürelerini; Bilgili (2018) 6 yıl, Nacer, Hamidat ve Nadjemi (2014) 23 yıl; Çiftçi, Kırbaş ve İşyarlar, (2014) 11 yıl; Üçgül, Tüysüzoğlu ve Yakut, 2014) 14 yıl; Büyükzeren, Altıntaş, Martin ve Kahraman (2015), ürettikleri 1.senaryo için 5,1 yıl, 2 senaryo için 4,8 yıl; Taşkın ve Vardar (2018) 10-11 yıl; Biçen (2018) destek bedeli olmadan monokrital panel ile yapılan tesisin en az 6.1 yıl polikristal tesisin ise 6 yıl ve Erkoç (2019) Türkiye'de 7.5 yıl, Almanya'da 14 yıl olduğunu bulmuşlardır.

BÖLÜM 7

SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünya'da sürekli olarak artan enerji ihtiyacı ve çevre kirliliği sonucunda yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı her geçen gün artmıştır. Özellikle gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan güneş enerjisi kullanımı yaygınlaşmaktadır. Parasal olarak güçlü olan ülkelerde, kamu kurum ve kuruluşları ile özel sektör güneş enerji sistemlerinin kurulumu için yatırım yapmaktadırlar.

Bu tez çalışmasında ise Edirne ilinde tarımsal sulama için ihtiyaç olan fotovoltaik tesisin teknik ve ekonomik analizi araştırılmıştır.

Araştırma sonucunda Edirne ilinde tarımsal sulama yapılan alanlarda fotovoltaik sistem için kurulumu için gerekli olan toplam panel gücü 149.945,250 kW ve elde edilecek elektrik enerjisi miktarı 404.722.988,00kWh olarak bulunmuştur. Bu enerjinin 96.844.839,01kWh'ı tarımsal sulamada kullanıldıktan sonra kalan fazlalığı 307.878.149kWh'tır.

Sistem kurulumunda; polikristal güneş paneli kullanıldığında kurulum maliyeti 1.356.104.841₺, monokristal güneş paneli kullanıldığında 1.413.203.992,2₺ olarak bulunmuştur.

Sistem kurulumunda polikristal güneş paneli kullanıldığında sistemin kendini geri ödeme süresi; devlet destek bedeli kullanıldığında paneller ithal ise 7,34 yıl, paneller yerli ise 6,47 yıl, devlet destek bedeli kullanılmadığında ise 15,74 yıldır.

Sistem kurulumunda monokristal güneş paneli kullanıldığında sistemin kendini geri ödeme süresi; devlet destek bedeli kullanıldığında paneller ithal ise 7,65 yıl, paneller yerli ise 6,75 yıl, devlet destek bedeli kullanılmadığında ise 16,40 yıldır.

Sonuç olarak kurulacak sistemin ömrü 25 yıl olarak alınırsa sistemin kendini geri ödeme süresini de 7 yıl olarak kabul edersek, Edirne ilinde tarımsal sulamanın devlet destek bedeli kullanılarak güneş enerjisinden elde edilen elektrik enerjisi ile yapılmasının uygun olacağını söyleyebiliriz.

Sistem kurulumunda kullanılacak panel çeşidinin sistemin kendini geri ödeme süresinde fazla önemli olmadığı görülmüştür.

Güneş enerjisinin kullanılacağı her uygulama alanına devlet desteği verilmesi sistem kurulumlarının artması açısından çok önemlidir. Fotovoltaik sistemlerin Edirne ilinde elektrik enerjisinin kullanıldığı diğer uygulama alanlarında kullanılabilmesi için araştırmalar yapılmalıdır. Butez çalışmasında elde edilen sonuçların bu alanda yapılacak olan farklı çalışmalara temel oluşturacağı düşünülmektedir. Ayrıca, fotovoltaik sistemlerin kullanımının artması için öncelikle toplumun her kesiminde fotovoltaik sistemlerin öneminin, farkındalığının artırılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

Abdolzadeh, M. ve Ameri, M. (2009). Improving The Effectiveness of a Photovoltaic Water Pumping System by Spraying Water Over The Front of Photovoltaic Cells. *Renewable Energy*, *34*(1), 91–96.

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

Akudunyasi (2021). 2 mart 2021 tarihinde http://akudunyasi.com.tr/yigit-gel-aku-60ah.html. adresinden erişildi.

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

Atay, Ü., Işıker, Y. ve Yeşilata, B. (2011). *Güneş Enerjili Damla Sulama Sistemi Arazi Performansının Deneysel Değerlendirilmesi.* Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumunda sunulan bildiri,TMMOB Makina Mühendisleri Odası.

Atmaca, M., Yusufoğlu, G. ve Kurtuluş, A.B (2014). Güneş Enerjili Sulamanın Tarım Sektöründe Uygulaması. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, *3*(2), 142-153.

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

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.

Bione, J., Vilela, O. C. ve Fraidenraich, N. (2004). Comparison of The Performance of PV Water Pumping Systems Driven by Fixed, Tracking and V-Trough Generators. *Solar Energy*, *76*(6), 703-711.

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.

Corominas, J. (2010). Agua y Energía en el riego, en la época de la Sostenibilidad. *Ingeniería del agua*, *17*(3), 219-233.

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.

Deparsolar. (2021).2 Mart 2021 tarihinde https://www.deparsolar.com/sarj-kontrol-cihazi_1-394 adresinden erişildi.

Dike, M.F. (2007). *Devir Daim Pompasının Güneş Pili İle Tahrik Edilerek Güneş Enerjili Sıcak Su Hazırlama Sisteminin Deneysel İncelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

DSİ.(2021). 22 Şubat 2021 tarihinde https://bolge11.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/1081adresinden erişildi.

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

Edirne İl Çevre Durum Raporu.(2019). 20 şubat 2021

Edirne Tarım İl Müdürlüğü Verileri(2020).22 Şubat 2020tarihindehttps://edirne.csb.gov.tr/il-cevre-durumu-raporlari-i-99050,adresinde erişildi.

Edirne.(2021). 22 Şubat 2021 tarihinde https://edirne.web.tr/edirnenin-daglari- ve-ovalari/ adresinden erişildi.

Eminoğlu, E. (2007). *Türkiye de Su Yönetimi ve Sulama İşletmeciliği. Orta Asya Sulama Suyu Yönetimi*. Ankara: Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü.

Enerji atlası. (2021). 21 Şubat 2021 tarihinde https://www.enerjiatlasi.com/gunes-enerjisi-haritasi/edirneadresinden erişildi.

Enerjimar.(2021). 30 ocak 2021tarihinde https://www.enerjimar.com/gunes-paneli adresinden erişildi.

EPDK. (2020).25 Şubat 2021 tarihindehttps://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-72/elektrikyekdem adresinden erişildi.

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). 20 Şubat 2021 tarihinde https://www.e-sehir.com/edirne-cografyasi.html adresinden erişildi.

Foley, G. (2005). Fotovoltaik Enerji: Gelişmekte olan Dünyanın Kırsal Alanlarında Uygulamaları. A. Kandemir (Çev.). Ankara: Türkiye Kalkınma Bankası A.Ş

Gençoğlu, MT., ve Cebeci, M. (2000). *Türkiye'nin Enerji Kaynakları Arasında Güneş Enerjisinin Yeri ve Önemi*. Türkiye 8. Enerji Kongresinde sunulan bildiri, Ankara:

Gepa (2021). 30 ocak 2021 tarihinde https://gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/ adresinden erişildi.

Ghoneim, A.A. (2006). Design optimization of photovoltaic powered water pumping systems. *Energy Conversion and Management, 47*, 1449–1463.

Global.linyang**. (**2021). 26 Şubat 2021 tarihinde https://global.linyang.com/solar-energy-module/ adresinden erişildi.

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.

Gürgen, K, Ç. (2016). *Aydın'daki Bir Yapının Elektrik Enerjisi Gereksiniminin Fotovoltaik Sistemler İle Karşılanma Olanakları.*(Yüksek Lisans Tezi).Adnan menderes üniversitesi/fen bilimleri enstitüsü tarım makinaları anabilim dalı ,Aydın.

Hamrouni, N., Jraidi, M., ve Cherif, A. (2009). Theoretical And Experimental Analysis of The Behaviour of a Photovoltaic Pumping System. *Solar energy*, *83*(8), 1335-1344.

Ji, J., Pei, G., Chow, T. T., Liu, K., He, H., Lu, J., ve Han, C. (2008). Experimental Study of Photovoltaic Solar Assisted Heat Pump System. *Solar energy*, *82*(1), 43-52.

Kala, M., Sadrul, U., and Steven, B.(2008).Solar Photovoltaic Water Pumping Opportunities and Challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews,12*, 1162–1175.

Kavlak, İ., ve Güngör, H. (2006). *Fotovoltaik Piller ve Fotovoltaik Pillerin Tarımsal Sulamada Kullanılması.* I. Ulusal Güneş ve Hidrojen Kongresi, Eskişehir.

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.

Köksal, M.A. (2012). *Güneş Enerjisiyle Su Pompalama Üzerine Bir Araştırma*. (Yüksek Lisans Tezi). Çukurova Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

Meah, K., Ula, S., and Barrett, S.(2008).Solar Photovoltaic Water Pumping—Opportunities and Challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *12*(4), 1162-1175.

Mokeddem, A., Midoun, A., Kadri, D., Hiadsi, S., and Raja, I. A. (2011). Performance of a Directly-Coupled PV Water Pumping System. *Energy Conversion and Management*, *52*(10), 3089-3095.

Misanpompa(2021).10şubat2021 tarihindehttp://www.misanpompa.com/misan_pompa_ozel_pompa_imalatlari.html .adresinden erişildi.

Myenerjisolar.(2021).30ocak2021tarihindehttps://www.myenerjisolar.com/dunyadakive-turkiye-gunes-enerjisinin-gelisimi-fotovoltaik-fv-sistemler adresinden erişildi.

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.

Odeh , AI., Yohanis, YG.,and Norton, B. (2006). Influence of Pumping Head, İnsolation and PV Array Size on PV Water Pumping System Performance. *Solar Energy*, *80*(1), 51–64.

Oluklulu, Ç. (2001). *Günes Enerjisinden Etkin Olarak Yararlanmada Kullanılan Fotovoltaik Modüller, Boyutlandırılmaları ve Mimaride Kullanım Olanakları Üzerine BirAraştırma.*(Yüksek Lisans Tez).Gazi Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü,Ankara.

Ould-Amrouche, S., Rekıoua, D.,and Hamidat, A. (2010). Modelling Photovoltaic Water Pumping Systems and Evaluation of Their CO_2 Emissions Mitigation Potential 2, *Applied Energy*, *87*(11), 3451–3459.

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

Öztürk, A., ve Dursun, M. (2011). *2,10 ve 20 KVA' lık Fotovoltaik Sistem Tasarımı*. 6th International Advanced Technologies Symposium, Elazığ.

Öztürk, H.H.(2010). *Güneş pili İle Çalışan Tarımsal Sulama Sistemleri İçin Tasarım Ölçütlerinin Belirlenmesi*. 4. Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi, Mersin.

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

Powerenerji .(2021). 1 şubat 2021 tarihinde powerenerji.com adresinden erişildi.

Qoaider, L., and Steinbrecht, D. (2010). Photovoltaic Systems: A Cost Competitive Option to Supply Energy to Off-grid Agricultural Communities in Arid Regions. *Applied Energy*, *87*(2), 427-435.

Ramos ,J.S., veHelena, M. R. (2009). Solar Powered Pumps to Supply Water For Rural or İsolated Zone. *Energy for Sustainable Development ,13,* 151–158.

Short, T. D., ve Burton, J. D. (2003). The Benefits of İnduced Flow Solar Powered Water Pumps. *Solar energy*, *74*(1), 77-84.

Şanlı, B. G., ve Dilsel, E. T.(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.

Şen, B., Gözyuman, R., Bayrak, M., ve Yıldız, O. (2019). Theoretical and Experimental Examination of Solar Energy Potential for Agricultural Irrigation Purposes in Niğde Province. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, *7*(5), 816-823.

Şenol, R. (2012). Tarımsal Sulama ve Güneş Enerjisi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, *27*(3), s.519-526.

Tasar, Z. (1987). *Güneş pilleri*. (Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

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

Tedaş. (2021). 20 Şubat 2021 tarihindehttps://www.tedas.gov.tr/#!tedas_tarifeler adresinden erişildi.

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.

Tredaş, (2019). Edirne İl Müdürlüğü Verileri, (2019*).*

Tredaş, (2020). Edirne İl Müdürlüğü Verileri, (2020*).*

Türkiye Sınai Kalkınma Bankası.(2020).Enerji Görünümü.25 Mart 2020 tarihinde http://www.tskb.com.tr/i/assets/document/pdf/enerjisektorgorunu2020.pdfadresinden erişildi.

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.

Vileda, O.C., Fraidenraich, N., ve Tiba, C. (2003). Photovoltaic Pumping Systems Driven by Tracking Gollectors. Experiments and Simulation. *Solar Energy 74*(1), 45–52.

Yesilata, B., and Firatoglu, Z. A. (2008). Effect of Solar Radiation Correlations on System Sizing: PV Pumping Case. *Renewable Energy*, *33*(1), 155-161.

Yeşilata, B., ve Aktacir, M. A.(2001).Fotovoltaik Güç Sistemli Su Pompalarının Dizayn Esaslarının Araştırılması. *Mühendis ve Makina*, *42*(493), 29-34.

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

Yusufoğlu,G.(2013) *Şebeke Elektriğinin Bulunmadığı Tarımsal Alanlarda Güneş Enerjisiyle Sulamanın Yapılması*.(Yüksek Lisans Tezi). Marmara Üniversitesi/ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Muhendistan, (2021). 25 Şubat 2021 tarihinde https://muhendistan.com/gunes-pilleri-nasil-calisir/adresinden erişildi.

Supompasi, (2021). 20 Şubat 2021 tarihinde https://www.supompasi.net/solar-su-pompasi.html,adresinden erişildi.

Solarmarket, (2021). 1 Şubat 2021 tarihindehttps://www.solarmarket.com.tr/4000-watt-tam-sinus-inverter-pmu267adresinden erişildi.

Powerenerji(2021).1 şubat 2021 tarihinde powerenerji.com adresinden erişildi.

Türkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri. (2021). 21 şubat 2021 tarihinde https://www.teias.gov.tr/tr-TR/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri adresinden erişildi.

Tarım ve Orman Dergisi. (2019) Mayıs, Haziran sayısı 20 Şubat 2021 tarihinde http://www.turktarim.gov.tr/Haber/251/hedefimiz-sulanabilir-tarim-alanlarinin-tamamini-suyla-bulusturmak . adresinden erişildi.

3de3enerji. (2021). 1 şubat 2021 tarihinde https://www.3de3enerji.com.tr/ adresinden erişildi.

ÖZGEÇMİŞ

Umut KUZUCU, 1994'te Edirne'nin Uzunköprü ilçesinde doğdu. İlk ve Orta öğrenimini Kurtbey İlkokulunda tamamladı, Lise eğitimini Uzunköprü Anadolu Teknik Lisesi Kimya Teknolojileri Bölümünde 2012'de tamamladı. 2017 yılında Ankara Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümünden Mezun oldu. Bu eğitim yılları arasında 6 ay İTALYA/Lecce bölgesinde Erasmus+ Stajını tamamladı. Edirne'de 2 yıl kadar mühendislik firmalarında çalışma deneyimi oldu. 2018 yılında Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Uygulamalı Bilimler ve Teknoloji Anabilim Dalında Yüksek Lisans Eğitimine başladı. Bekardır.