



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

**GÜNEŞ ENERJİLİ ELEKTRİK SİSTEMLERİNİN KURULUM-
MALİYET ANALİZİ: ADIYAMAN ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**AZİZ ARTAN
AĞUSTOS**

**GÜNEŞ ENERJİLİ ELEKTRİK SİSTEMLERİNİN KURULUM-MALİYET
ANALİZİ: ADIYAMAN ÖRNEĞİ**

Aziz ARTAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
YENİLENEBİLİR ENERJİ VE UYGULAMALARI ANABİLİM DALI**

Danışman

Dr. Öğretim Üyesi Emrah KOPARAN

**AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

AĞUSTOS 2020

Aziz ARTAN tarafından hazırlanan “Güneş enerjili elektrik sistemlerinin kurulum-maliyet analizi: Adıyaman örneği” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Amasya Üniversitesi Yenilenebilir Enerji ve Uygulamaları Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Emrah KOPARAN

Yenilenebilir Enerji ve Uygulamaları Anabilim Dalı, Amasya Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum

Başkan: Prof. Dr. Emrah DENİZ

Anabilim Dalı, Üniversite Adı

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum

Üye: Doç. Dr. Ünal KURT Unvanı Adı SOYADI

Anabilim Dalı, Üniversite Adı

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum

Tez Savunma Tarihi: 31/08/2020

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

Doç. Dr. Meryem EVECEN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Değerli eşim Leyla ve canım evlatlarım Ahmet ve Muhammed'e



ETİK BEYAN

Amasya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Aziz ARTAN

28.08.2020

GÜNEŞ ENERJİLİ ELEKTRİK SİSTEMLERİNİN KURULUM-MALİYET ANALİZİ: ADIYAMAN ÖRNEĞİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Aziz ARTAN

AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ağustos 2020

ÖZET

Günümüz hayatının hemen her alanında enerji ihtiyacının karşılanması için yeni alternatifler ve çözüm yollarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çözüm yollarından biri, alternatif enerji kaynaklarının enerji üretiminde yaygın ve verimli bir biçimde kullanılmasıdır. Günümüz şartlarında, alternatif enerji kaynakları konusundaki yatırımlar birçok nedenden dolayı zorunlu hale gelmiştir. Ülkemizde de önemi giderek artan ve zorunlu hale gelen yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırımlar her geçen gün artmaktadır. Yatırımcıların bu enerji kaynaklarına yönelmesinde ise devlet eliyle ortaya konan teşviklerle hem kamu hem de tüzel kişiler tarafından enerji politikalarına yatırımlar öncelikli konuma gelmiştir. Kamu tarafından verilen bu teşvikler sayesinde Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİGM) bünyesinde Adıyaman'ın merkeze bağlı Doyran köyü yakınlarında kurulumu gerçekleşen güneş enerjili elektrik üretim projesi faaliyete geçirilmiştir. Bu projeye, Adıyaman ilçesi Samsat Ovası'nda bulunan 27 bin m² arazinin sulanması, sulama maliyetlerinin düşürülmesi, çiftçilere devlet tarafından maddi desteğin verilmesi, sulama alanlarındaki terfi merkezlerinde kullanılan enerjinin bu santralden karşılanması amaçlanmaktadır. Ülkemizin sayılı büyük projelerinden biri olan bu santral ile Adıyaman ilinin elektrik ihtiyacının bir kısmı karşılanarak ilin ekonomisine katkı sağlanması, tüketilen enerji miktarının en aza indirilmesi ve fosil yakıtların (kömür, petrol vb.) tüketilmesiyle atmosfere yayılan zehirli gazlarla beraber sera gazlarının etkilerinin azaltılması hedeflenmektedir. Bu çalışma kapsamında incelenen güneş enerji santralinin; tarımsal sulama maliyetlerinin, ülkemizin cari açığının, enerji bakımından dışa bağımlılığın ve fosil yakıtların sebep olduğu karbon salınımının azaltılması açısından (1kW/h enerji üretiminden 0,6 CO₂/MW/h karbon salımı engellemektedir) önemli katkıları olmaktadır. Mevcut çalışma ile Adıyaman ilinde kurulumu yapılan Photovoltaik (PV) Güneş Enerji Santrali (GES) projesinin ekonomik ve sosyal etkileri incelenerek olumlu ve olumsuz yönler ortaya konulmaya çalışılmıştır. Ayrıca, mevcut projenin yatırım sonunda orta vadeli hedeflere ulaşma oranlarının değerlendirilmesi yapılacaktır. Böylece, bundan sonra planlama ve yatırım yapılacak GES projeleri için bir yol haritası ortaya konulurken, bu projenin yatırımcıya, topluma, çevreye, ülke ekonomisine ve dünyaya katkıları değerlendirilmiştir.

Sayfa Adedi : 86
Anahtar Kelimeler : Yenilenebilir Enerji, Ekonomik Analiz, Güneş, Adıyaman.
Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Emrah KOPARAN

INSTALLATION-COST ANALYSIS OF SOLAR POWERED ELECTRIC SYSTEMS:
ADIYAMAN EXAMPLE

(M.Sc. Thesis)

Aziz ARTAN

AMASYA UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

August 2020

ABSTRACT

New alternatives and solutions are needed to meet the energy needs in almost every area of today's life. One of these solutions is to use alternative energy sources widely and efficiently in energy production. In today's conditions, investments on alternative energy sources have become mandatory for many reasons. Investments in renewable energy sources, which are becoming more and more important in our country, are increasing day by day. Investments in energy policies have been prioritized by both public and legal entities with the incentives put forward by the government in the orientation of investors towards these energy resources. Thanks to these incentives provided by the public, the solar power generation project, which was established near the village of Doyran in Adiyaman, within the body of the General Directorate of State Hydraulic Works (DSİGM), was put into operation. With this project, it is aimed to irrigate 27 thousand m² of land in the Samsat Plain in Adiyaman district, to reduce irrigation costs, to provide financial support to the farmers by the state, to meet the energy used in the irrigation areas. With this power plant, which is one of the most important projects in our country, it is aimed to reduce the effects of greenhouse gases along with toxic gases emitted to the atmosphere by contributing to the economy of the province by minimizing the amount of energy consumed and reducing fossil fuels (coal, petroleum etc.). The solar power plant examined within the scope of this study; Agricultural irrigation costs have important contributions in terms of reducing the current account deficit of our country, energy dependency and carbon emissions caused by fossil fuels (preventing CO₂ emission from 1kW / h energy production). With the current study, the economic and social effects of the Photovoltaik (PV) Solar Power Plant (GES) project, which was established in Adiyaman province, were examined and positive and negative aspects were tried to be revealed. In addition, the rate of achieving medium term targets will be evaluated at the end of the investment of the current project. Thus, while preparing a road map for the GES projects to be planned and invested from now on, the contribution of this project to the investor, society, environment, country economy and the world has been evaluated.

Page Number : 86
Key Words : Renewable energy, Economic analysis, Sun, Adiyaman.
Supervisor : Assistant Professor Emrah KOPARAN

ÖN SÖZ ve TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması süresince engin bilgi, birikim ve tecrübesiyle bana yol gösteren hiçbir zaman desteğini benden esirgemeyen ve tezimde büyük emeği olan değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Emrah KOPARAN'a, Adıyaman Devlet Su İşleri Müdürlüğü'nde çalışan Elektrik-Elektronik Mühendisi İsmail KESKİ'ye, hayatımda her zaman maneviyatını örnek aldığım canım babam ve anneme, hayatıma anlam katan canım evlatlarım Ahmet ve Muhammed'e ve eşim Leyla ARTAN'a teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
ÖN SÖZ ve TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
RESİMLER DİZİNİ.....	x
HARİTALAR DİZİNİ	xvi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
2. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAVRAMI.....	3
2.1. Enerji Kaynakları ve Çeşitleri.....	3
2.1.1. Rüzgâr enerjisi	3
2.1.2. Jeotermal enerji	6
2.1.3. Hidrolik enerji	9
2.1.4. Biyokütle enerji.....	11
2.1.5. Güneş enerjisi.....	13
2.2. Yenilenebilir Enerji Tanımı	15
2.3. Yenilenebilir Enerjiye İhtiyaç Duyulmasının Nedenleri	16
2.4. Türkiye Enerji Yapısının Görünümü ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Durumu	17
3. GÜNEŞ ENERJİSİ VE ADIYAMAN İLİNİN GÜNEŞ ENERJİSİ YAPISI.....	21
3.1. Türkiye ve Dünyada Güneş Enerjisinin Tarihsel Gelişimi	23

(devam) İçindekiler

	Sayfa
3.2. Güneş Enerjisi ve Teknolojik Yapılanması	24
3.2.1. Fotovoltaik güneş enerji teknolojileri	26
3.2.2. Isıl güneş teknolojisi	29
3.2.1. Fotovoltaik güneş enerji teknolojileri	30
3.2.2. Isıl güneş teknolojisi	30
3.3. Dünya Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Uygulamaları.....	31
3.4. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Uygulamaları.....	32
3.5. Güneş Enerjisi Avantaj ve Dezavantajları	34
3.5.1. Güneş enerjisinin avantajları.....	34
3.5.2. Güneş enerjisinin dezavantajları	35
3.6. Güneş Enerjisi Yasal Mevzuatı ve Yatırım Teşvikleri.	36
3.7. Adıyaman İli Güneş Enerjisi Potansiyeli, Yatırımlar ve Hedefler	38
4. ADIYAMAN DEDEVLET SU İŞLERİ (DSİ) TARAFINDAN GÜNEŞ ESASINA DAYALI OLARAK KURULAN SANTRALİN (GES) MALİYET ANALİZİ	42
4.1. Santrale İlişkin Genel Bilgiler	42
4.2. İlk Yatırım Maliyetleri.....	47
4.2.1. Fotovoltaik paneller	47
4.2.2. Güneş panellerinin I-V karakteristikleri	48
4.2.3. Eviriciler ve maliyeti.....	50
4.2.4. Konstrüksiyon (Destek Yapıları) maliyeti	51
4.2.5. Proje, Arazi (Arsa) Bedeli, İnşaat, Kurulum Bedeli ve Diğer Ekipman Maliyetler.....	53
4.3. İşletme ve Bakım-Onarım Maliyetleri	54
4.4. Yatırımın Geri Dönüşümü	55

	Sayfa
4.5. GES Sistemlerinin Çevresel Etkileri.....	58
4.6. Arazi Kullanım Etkileri.....	60
4.7. Sucul Canlılara ve Toprağa Etkileri.....	61
4.8. Ekolojik Sisteme ve Biyolojik Çeşitliliğe Etkileri.....	61
4.9. Kazara Yapılan Hatadan ve Kimyasal Madde Salınımının Etkileri	61
4.10. Diğer Çevresel Etkiler.....	62
5. MATERYAL VE YÖNTEM.....	63
5.1. Arazi Kullanımı ve yer seçimi ile bazı yaklaşımlar.....	64
5.2. Fotovoltaik paneller	66
5.3. Evirici.....	67
5.4. Konstrüksiyon (Destek Yapıları)	68
5.5. Proje, Arazi (Arsa) Bedeli, İnşaat, Kurulum Bedeli ve Diğer Ekipmanlar	69
6. SONUÇ ve ÖNERİLER	73
KAYNAKLAR	78
ÖZGEÇMİŞ	85

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Rüzgâr enerjisinin avantaj ve dezavantajları	6
Çizelge 2.2. Türkiye'nin biyokütle enerji potansiyeli	11
Çizelge 3.1. Türkiye'nin yıllık toplam güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere Dağılımı...	21
Çizelge 3.2. Güneş santrallerinin kurulumunda teşvik kapsamında yer alan malzemeler..	38
Çizelge 3.3. Adıyaman enerji santrali profili	41
Çizelge 4.1. Güneş enerjili elektrik üretim santrali proje içeriği	42
Çizelge 4.2. Adıyaman ili GES üretim kapasitesi.....	45
Çizelge 4.3. Güneş santrali üretim verileri	46
Çizelge 4.4. Panel DC Elektriksel Özellikleri	48
Çizelge 4.5. 30 kW Gücünde Evirici'e Ait Teknik Özellikleri.....	51
Çizelge 4.6. Konstrüksiyon maliyet hesabı.....	52
Çizelge 4.7. GES Maliyet Dağılımı	53
Çizelge 4.8. Güneş Enerji Santrali Maliyet Kalemleri	53
Çizelge 4.9. Güneş Enerji Santralinin İşletme Bakım-Onarım Maliyetleri.....	54
Çizelge 4.10. GES genel maliyet Hesabı	56
Çizelge 4.11. Küresel Isınmaya Etki Eden Sera Gazları	58
Çizelge 4.12. Enerji Üretim Sınıflarına Göre Arazi Kullanım Miktarları	60
Çizelge 5.1. Proje Alanı Koordinatları Hesabı	65
Çizelge 5.2. Panel DC Elektriksel Özellikleri	66
Çizelge 5.3. 30 kW Gücünde İnvertör'e Ait Teknik Özellikleri.....	67
Çizelge 5.4. Santralin Toplam Maliyet Hesabı.....	72
Çizelge 6.1. Enerji Kaynaklarına Göre Karbon Emisyon Değerleri.....	73

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
Şekil.2.1. Türkiye’de rüzgâr enerji kurulu gücü.....	4
Şekil 2.2. Jeotermal enerjinin üretimin aylara göre değişimi	7
Şekil 2.3. Türkiye’nin hidroelektrik enerji üretimi.....	9
Şekil 2.4. Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı.....	14
Şekil 2.5. Yenilenebilir enerji kaynakların kurulum gücü.....	18
Şekil 2.6. Birincil (Fosil) enerji kaynakların kurulum gücü.....	18
Şekil 2.7. 2018 yılsonu elektrik üretimin kaynaklara göre güç dağılımı.....	20
Şekil 3.1. Adıyaman ili ortalama güneşlenme süreleri.....	22
Şekil 3.2. Güneş enerjisinden elektrik üretimi için uygulanan yöntemler.....	25
Şekil 3.3. Monokristal yapıdaki güneş paneli.....	27
Şekil 3.4. Polikristal yapıdaki güneş paneli.....	28
Şekil 3.5.İnce film yapıdaki güneş paneli.....	29
Şekil 3.6. Türkiye’de güneş enerjisi kurulu gücü ve santral sayısı	33
Şekil 3.7. Yenilenebilir enerji kaynaklarında uygulanan alım fiyatları.....	37
Şekil 3.8. Adıyaman ili toplam nüfusu	39
Şekil 3.9. Adıyaman ili güneşlenme süreleri ve radyasyon ışınım değerleri.....	40
Şekil 3.10. Adıyaman ilinde aktif olarak faaliyet gösteren GES firmaları	40
Şekil 4.1. Proje alanının yer krokisi.....	43
Şekil 4.2. Güneş enerji santralının iş akım şeması	44
Şekil 4.3. Adıyaman ili Samsat ilçesinin sulama vaziyet planı	45
Şekil 4.4. Fotovoltaik sistemin DC elektrik güç kayıpları.....	46
Şekil 4.5. Değişik sıcaklıklara göre I-V eğrileri	49

(devam) Şekiller

	Sayfa
Şekil 4.6. Değişik ışıınım değerlerine göre I-V eğrileri	50
Şekil 4.7. Sektör ve Gazlara Göre Emisyon Oranları	59
Şekil 5.1 Adıyaman İli Güneş Enerji Potansiyeli Haritası	63
Şekil 5.2. Adıyaman ili güneşlenme süreleri ve radyasyon değerleri.....	63
Şekil 5.3. Proje alanının yer krokisi.....	64
Şekil 5.4. Sektör ve Gazlara Göre Emisyon Oranları	65

RESİMLER DİZİNİ

Resim	Sayfa
Resim 4.1. Fotovoltaik panellerin genel görünümü.....	43
Resim 4.2. Evirici	50
Resim 4.3. Scala odası	52
Resim 5.1. Fotovoltaik panellerin genel görünümü.....	66
Resim 5.2. Evirici	67
Resim 5.3. Scala odası	68
Resim 5.4. Panellerin konstrüksiyonlarla desteklenmesi	68
Resim 5.5. 1 MW pano kabini	69
Resim 5.6. Pano kabini iç kısmı (1).....	69
Resim 5.7. Pano kabini iç kısmı (2).....	70
Resim 5.8. Topraklama sistemi	70
Resim 5.9. Scala Odası	70
Resim 5.10. 1+1 MW Pano.....	71
Resim 5.11. Yıldırımsavar	71
Resim 5.12. Aydınlatma sistemi.....	71

HARİTALAR DİZİNİ

Harita	Sayfa
Harita 2.1. Türkiye rüzgâr enerjisi atlası haritası	5
Harita 2.2. Türkiye’ de jeotermal ve aktif fay alanları enerji haritası	8
Harita 2.3. Türkiye’nin hidroelektrik potansiyeli haritası	10
Harita 2.4. Türkiye’nin güneş enerji potansiyeli haritası	14
Harita 3.1. Dünya haritası üzerinde yer alan fazla güneş ışınımı alan yerler	22
Harita 3.2. Adıyaman İli haritası	39

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
%	Yüzde
\$	Dolar
n	Modül Sayısı
Kısaltmalar	Açıklama
BEPA	Biyokütle Enerjisi Potansiyel Atlası
CSP	Yoğunlaştırılmış Termal Güneş Enerjisi
CFC	Klorofloro Karbonlar
CH₄	Metan Gazı
DSİ	Devlet Su İşleri
DSİGM	Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
EİE	Elektrik İşleri İdaresi
EPDK	Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu
ETBK	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
GAP	Güneydoğu Anadolu Projesi
GEPA	Güneş Enerjisi Potansiyel Enerjisi
GES	Güneş Enerji Santrali
GW	Gigawatt
H₂O	Su
IMP	Maksimum Güç Akımı

(devam) Simgeler ve Kısaltmalar Dizini

Kısaltmalar	Açıklama
KDV	Katma Değer Vergisi
KİT	Kamu İktisadi Teşekkülleri
KOAH	Kronik Obstruktif Akciğer Hastalığı
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
MTA	Maden Tetkik Arama
MW	Megawatt
NO_x	Azot Oksitler
NOCT	Normal Çalışma Hücre Sıcaklığı
OPEC	Petrol İhraç Eden Ülkeler Örgütü
PTC	Pvusa Test Koşulları
PV	Fotovoltaik
SO₂	Kükürdioksit
TEİAŞ	Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
TEP	Ton Eşdeğer Petrol
TMMBO	Türkiye Mühendis ve Mimarlar Odası
TÜREB	Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği
V_{mp}	Maksimum Güç Gerilimi
V_{oc}	Açık Devre Gerilimi
YEGM	Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü
YEK	Yenilenebilir Enerji Kanunu

1. GİRİŞ

Enerji piyasası kapsamında bir inceleme yapıldığında tüm dünya ölçeğinde enerji talebinin hızla artmakta olduğu gözlenmektedir. Bu artışın birçok farklı sebebi bulunmakla birlikte en önde gelen sebepler nüfus artışı ve sanayide yaşanan gelişmelerdir. Bu enerji talebi artışına rağmen, birincil kaynaklar arasında yer alan konvansiyonel enerji yakıt kaynakları, hızla tükenmektedir. Dünyada ve ülkemizde enerji ihtiyacının önemli kısmının karşılandığı ve hala kullanılmakta olan dönüşümsüz ve tüketilen bu enerji kaynaklarının kullanımı sonucunda ortaya çıkan zararlı gazlar (SO₂, NO_x, CH₄, O₃, H₂O, CFC) beraberinde birçok olumsuz çevresel probleme neden olduğu gibi insan sağlığına da zarar vermektedir. Bu durumda ortaya çıkan, alternatif enerji olarak da adlandırılan çevre dostu, temiz enerji kaynakları, öncelikli olarak tercih edilmelidir. Gün geçtikçe tükenmekte ve maliyetlerinin artmakta olduğu birincil enerji kaynaklarının yerini yenilenebilir enerji kaynaklarının alması ve kullanımlarının yaygınlaştırılması çalışmaları hız kazanmıştır. Özellikle, tükenmesi söz konusu olmayan bu enerji kaynakları enerji ihtiyacını karşılaması yönünde kolaylık sağlamıştır. Ülkemizde bu fosil kaynakları (petrol, kömür, doğalgaz) vb. ithalat yoluyla temin edildiğinden yenilenebilir enerji kaynaklarına verilen önem gün geçtikçe artmaktadır. Coğrafi konum itibariyle güneşlenme süreleri, güneş ışınım şiddeti değerleri dikkate alındığında, DSİGM tarafından Adıyaman ili Doyran köyü yakınlarında kurulmuş olan bu santral, kullanılan materyallerin (fotovoltaik paneller, evirici, kablo, konstrüksiyon yapıları vb.) uygulama sahasında, kullanım özelliklerinin ve sağlanacak faydaların görülmesi ve teknolojilerin (Kristal silikon PV hücreler, İnce film PV hücreler vb.) çalışma sahasında görülmesi amaçlanmıştır.

Günümüzde, alternatif enerji kaynaklarının kullanımı ve yaygınlaştırılması kadar, doğru metotlar ile çözümlenme ve kurulum yapılması da önem arz etmektedir. Bu nedenle, konvansiyonel enerji kaynaklarının kullanımından dolayı ortaya çıkan sorunlarla birlikte, bunların doğrudan sonuçları olan küresel ısınma, suların ve toprağın kirlenmesi, bitki örtüsünün zarar görmesi, asit yağmurları, aşırı çölleşme ve biyolojik çeşitlilikte azalmaların görülmesi vb. sorunlarının (Sayın ve Koç, 2011) asgari seviyeye getirilmesi gerekmektedir. Ülkemiz, gelişmekte olan ülkeler arasında yerini almaktadır. Ülkemizin giderek büyüyen ekonomisi, gelişen teknolojisi ve artan nüfusuyla beraber alternatif enerji kaynaklarına yönelik teşvik politikalarını yoğun bir şekilde arttırdığı görülmüştür. Artan bu teşviklerden yararlanan Adıyaman ilinde, güneş enerjisinden aktif yararlanma yöntemlerinden biri olan

güneş enerjisinden elektrik üretim yönteminin yaygın olarak kullanılması amaçlamaktadır. Ülkemizin gelişen teknolojiyle birlikte ve güneş enerjinin yenilenebilir bir enerji kaynağı ve çevre dostu olması, ilk yatırım maliyetleri sorununun çözüme kavuşturulması açısından önem arz etmektedir.

Adıyaman ili, güneşlenme süresi ve güneş ışıyım şiddeti değerleri ile oldukça önemli bir potansiyele sahiptir. Bu enerji kaynağının kullanım miktarının artırılması havanın, suyun ve toprağın korunmasının yanında sürdürülebilir bir kaynak olmasından dolayı hem bölgesel gelişime hem de ülke ekonomisine önemli katkılar sağlayacaktır.

Güneş enerjinin yaygın kullanımı ile güneşle adeta bütünleşmiş bir model şehir görünümünün yanında, teknolojik açıdan ürünlerin (tütün, pamuk. vb.) üretim maliyetlerinin düşürülmesi ve bunun doğal bir sonucu olarak rekabet gücünün artırılması ile doğal tarım uygulamaları ile üretimin devamlılığının ön plana çıkartılması amaçlanmıştır.

Güneş enerjisi santralinde, son teknoloji panel sistemleri kullanılmış ve DSGM'nin finansmanı ile yapılmıştır. Yapılan santralin, enerji üretiminin ülkemiz açısından bir katma değer oluşturulması, ülkemiz ve Adıyaman ili için ülke ekonomisine katkı sağlayacağı, katma değerli ürünlerin değerlendirileceği, sulama alanlarının artacağı, üretilen yenilenebilir enerjisiyle hane halkına mali açıdan katkı sağlayacağı hedeflenmiştir. Bununla beraber, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ile çevreye salınımı olan kömür, petrol, doğalgaz, SO₂, NO_x vb. konvansiyonel yakıtların çevreye zararlı etkileri azaltılarak hem insan sağlığının hem de doğal çevrenin korunmasına katkıları varsayılmıştır.

2. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAVRAMI

2.1. Enerji Kaynakları ve Çeşitleri

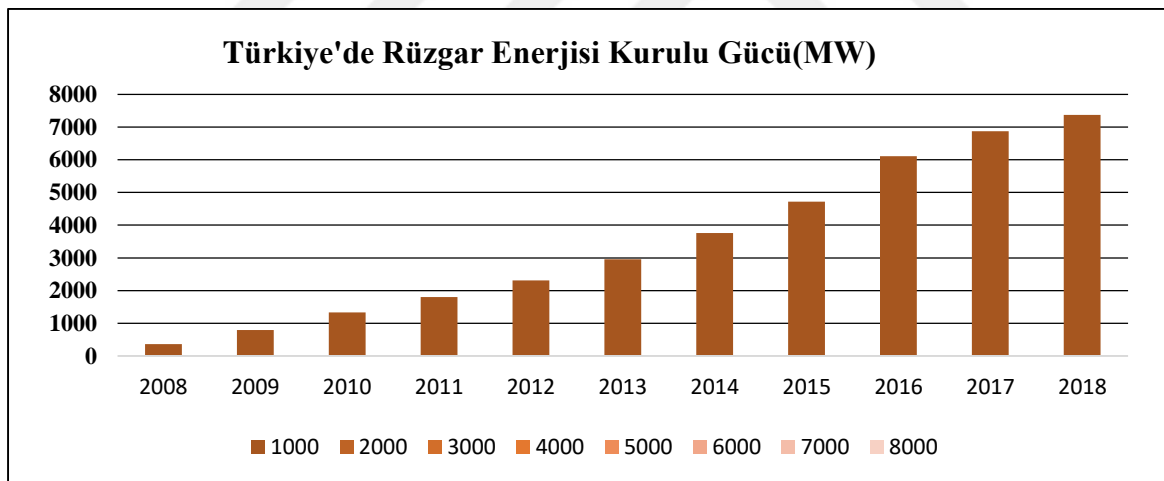
Enerji kaynaklarını; yenilenebilir (alternatif enerji, sürdürülebilir enerji, yeşil enerji, tükenmez enerji) ve fosil (birincil enerji, mineral enerji konvansiyonel, tükenir enerji) kaynaklar olmak üzere iki şekilde sınıflandırmak mümkündür. Yenilenebilir enerji kaynakları; rüzgâr enerjisi, jeotermal enerji, hidroelektrik enerji, biyokütle enerjisi, dalga enerjisi, hidrojen enerjisi, gel-git enerjisi ve güneş enerjisi şeklinde sıralanmaktadır. Çalışma kapsamında yenilenebilir enerji kaynaklarının en çok kullanılanları olan, rüzgâr enerjisi, jeotermal enerji, hidroelektrik enerji ve güneş enerjisi aşağıda ele alınmaktadır.

2.1.1. Rüzgâr enerjisi

Rüzgâr enerjisi yüzyıllardan beridir kullanılmakta olan enerji kaynaklarından biridir. Tarih öncesi devirlerde insanoğlu tarafından yapılan bu enerji santrallerinin büyük bir olasılıkla rüzgâr hareketiyle çalışan yel değirmenleri olduğu bilinmektedir. Dönüşüm makineleri olarak değerlendirdiğimiz bu yel ve su değirmenlerinin amacı hububat ürünlerinin öğütülmesidir (Özil ve diğerleri, 2012:9). Kuvvet makinesiyle çalışan bu yel değirmeninin insanoğlunun, rüzgârın gücünü bulması ve onun gücünden yararlanmaya başlaması eski uygarlık tarihlerine kadar dayanmaktadır. İlk olarak Milattan önce 3000 yıllarında İskenderiyelilerin kürek mahkûmlarının gücüne ek olarak yelken değirmenlerinin rüzgâr enerjisini kullandıkları tahmin edilmektedir. Milattan önce 3000 yıllarında İskenderiye (Mısır) uygarlıklarında görülen ve Türkler tarafından ilk kez Milattan sonra 640 yıllarına yakın dönemde yapılan yel değirmeni, haçlı seferleri sırasında etkileşim yoluyla Avrupa'ya geçmiştir (Özgener, Ö., 2002).

Ayrıca, bu yel değirmenleri, Çin'de M.S. 750-850 yılları arasında pirinç tarlalarının ve tarım arazilerinin sulanmasında kullanılmaya başlandığı görülmüştür (Özdamar, 2000). Ülkemizde bu enerjinin genel kullanımı ve elde edilmesi ise ilk olarak 1986 yılında İzmir'in ilçesi olan Çeşme altın yunus işletmelerinde Vestas marka olan ve 55 kW gücünde normal koşullarda rüzgâr santralinden elde edilmiştir (Acaroğlu, M, 2013:237-238). Yine uluslararası düzeyde 1998 yılında İzmir Çeşme'de rüzgâr enerji santrali kurularak bu güç 8,7 MW'a kadar çıkarılmıştır (Oskay, 2014: 85).

Türkiye’de rüzgâr enerjisi açısından zengin bir potansiyele sahip olmasına rağmen 2005 yılından önce bu enerji potansiyelinden faydalanmak için gerekli çalışmalar yapılmamıştır. Bu tarihten itibaren “5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun” adında yasanın yürürlüğe girmesine istinaden ülkemizin destekleyici politikaları ve kurulum maliyetlerinin düşmesiyle birlikte üretilen rüzgâr enerjisinin, devlet tarafından alım garantisi verilmesi ve teşvik edilmeye başlandığı görülmüştür. Şekil 2.1’de de görüldüğü gibi ülkemiz, 2014’te 3,8 GW olan rüzgâr enerji kurulu gücünü, 2015’te 4,7 GW, 2016’da 6,1 GW, 2017’de 6,8 GW ve 2018’de 7,3 GW’ta çıkarmıştır. Ülkemizin son dört yıl içerisinde rüzgâr enerji kurulu gücü %95 oranında önemli bir artış sağlanmıştır. Artan bu rüzgâr enerji üretimi, Türkiye’yi enerji konusunda son yıllarda dışa bağımlılıktan kurtarma ve cari açığımızın (ihracat ile ithalat arasındaki fark) kapanmasına olumlu katkı sağlayacağı aşikârdır. Bu da ülkemizin sürdürülebilir enerji kaynağı olan rüzgâr enerjisine gün geçtikçe daha ilgisi artacağı anlamına gelecektir. Şekil 2.1 ‘de görüldüğü gibi yenilenebilir enerji olan rüzgâr enerjisi, yıllar geçtikçe enerji miktarı artmakta ve daha fazla miktarda kullanıldığı görülmektedir.



Şekil 2.1. Türkiye’de rüzgâr enerji kurulu gücü (MW) (TÜREB, 2019).

Türkiye’de rüzgâr enerjisi potansiyeli, güneşin dünya etrafında dönmesiyle sıcaklık-basınç değerlerine göre değişebilmektedir. Sıcaklığı artan havanın yoğunluğu azalır. Yoğunluğu azalan havanın alçak basınç alanını, yoğunluğu artan havanın ise yüksek basınç dediğimiz bir hava akımı oluşturduğu bilinmektedir. İşte bu rüzgâr akımlarının yüksek basınçtan alçak basınca doğru yayılan bu akımla meydana gelmektedir. Diğer bir deyişle rüzgâr, sıcaklık ve basınç farkından meydana gelir. Bu akım, Türkiye’nin hiçbir yerinde aynı değildir. Rüzgâr

alanlara olumlu katkıları bulunmaktadır. Çevre dostu olan bu enerji kaynağı, diğer alternatif enerji kaynaklarıyla karşılaştırıldığında daha avantajlı olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu avantajları şöyle sıralamak mümkündür;

Çizelge 2.1. Rüzgâr enerjisinin avantaj ve dezavantajları (Acar ve Doğan, 2008: 680).

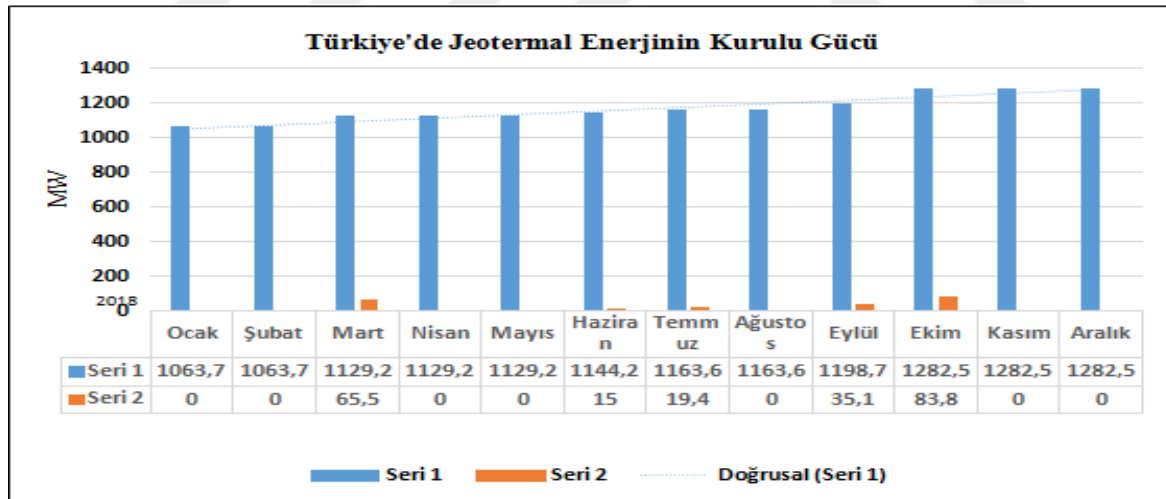
RÜZGÂR ENERJİSİNİN KATKILARI	
OLUMLU YÖNLERİ	OLUMSUZ YÖNLERİ
Yakıt masraflarının ve hammadde ihtiyaçlarının olmaması	Gürültüye sebep olması
Temiz enerji kaynağı olma özelliği taşıması.	Kuşların rüzgâr türbinlerine sürüklenerek ölmesi ile habitat ve doğal yaşama yönelik bazı etkilerinin olması.
Tükenmeyen yenilenebilir enerji kaynağı özelliğine sahip olması.	Çevredeki radyo ve tv alıcılarında parazitlenmeye sebep olarak elektromanyetik alana etkide bulunması
Diğer santrallere göre daha kısa sürede kurulum özelliğine sahip olması.	İnsanların yaşam alanlarına yakın olan yerlere kurulmasının görsel açıdan göze hoş gelmemesi.
Konvensiyonel yakıtlarda olduğu gibi sera gazı etkisine sahip olmaması.	Ayrıca rüzgâr hızının değişken olmasından dolayı istenilen her bölgeye rüzgâr santralının kurulmasının mümkün olmaması
Ömrü dolan türbinlerin sökülerek yerine yenisinin takılmasının.	
Maliyetlerin uzun bir zamana yayılmasının sağlanması	

2.1.2. Jeotermal enerji

Dünyada ilk termal enerji uygulamaları milattan önce 10.000 yıl öncesine dayanmaktadır. Ülkemizin güney tarafında bulunan Akdeniz bölgesinde çanak, krem ve cam üretimlerinde yararlanıldığı bilinmektedir. Yine milattan önce 1500 yıllarında Roma ve Çinli'ler doğal jeotermal kaynakları pişirme, banyo ve ısınma amaçlı olarak kullanmışlardır. Türkiye'de 1926'da içmek ve yıkanmak için şifalı sular yasası çıkarılmıştır. Ülkemizde ise ilk olarak 1963 yılında İzmir'in Balçova ilçesinde jeotermal sondaj kuyusu açılmıştır. Ardından 1983'te kuyu içi eşanjörlü ilk jeotermal enerji sistemi İzmir'in Balçova ilçesinde kurulmuştur. Elektrik üretim amaçlı ilk jeotermal kuyu ise 1968 'de Denizli'nin Kızıldere ilçesinde açılmıştır. 1984 yılında Türkiye'nin ilk, Avrupa'da 3. Büyük jeotermal enerji santrali olan ve enerji kapasitesi 20,4 MW olan Kızıldere ilçesinde açılmıştır (Öztürk, H., 2013:322).

Türkiye’de İlk olarak bu alandaki çalışmalar 1960’lı yılların başında Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü tarafından başlatılmıştır. Başlatılan arama ve tetkikler neticesinde Jeotermal enerjiyle yeraltında ısınan suyun; rüzgâr, hidrolik, güneş vb. yenilenebilir enerji kaynakları, ülkemiz açısından önemli enerji kaynakları arasında yerini almıştır. Ayrıca, ülkemiz jeolojik bakımdan fay hattı üzerinde yer aldığından yüksek bir jeotermal potansiyele sahiptir (Şakir, Ş., 2015).

Jeotermal enerji alternatif enerji kaynakları arasına teknolojisi ve kullanımı en çok bilinen ve kaynağın konumuna göre oranla kolay uygulanabilen sistemler arasında yer almaktadır. (Özil, E., ve diğerleri, 2013:111). Jeotermal enerji Türkiye’deki jeolojik yapıları gereği zengin kaynakların bulunduğu ülkelerde (Türkiye gibi) gelişen teknoloji ve sağlık sektöründeki gelişmelere bakıldığında bu ihtiyaçların karşılanması amacıyla hızlı bir şekilde gelişmektedir. 1960 yılı ve sonrası gelişmeler bakıldığında ülkemizde elektrik üretimi ve doğrudan kullanımlar artmıştır. Özellikle turizm, sera, sağlık, tedavi, ısıtma vb. alanlarda önemli gelişmeler sağlanarak ülkemizde dış ülkelere satın aldığımız enerji ithalatında da azalmalar gözlenmiştir. Şekil 2.2’de görüldüğü gibi Türkiye’de jeotermal enerjide 28 Şubat 2019 verilerine göre 659 529,49 MW olarak ölçülmüştür.



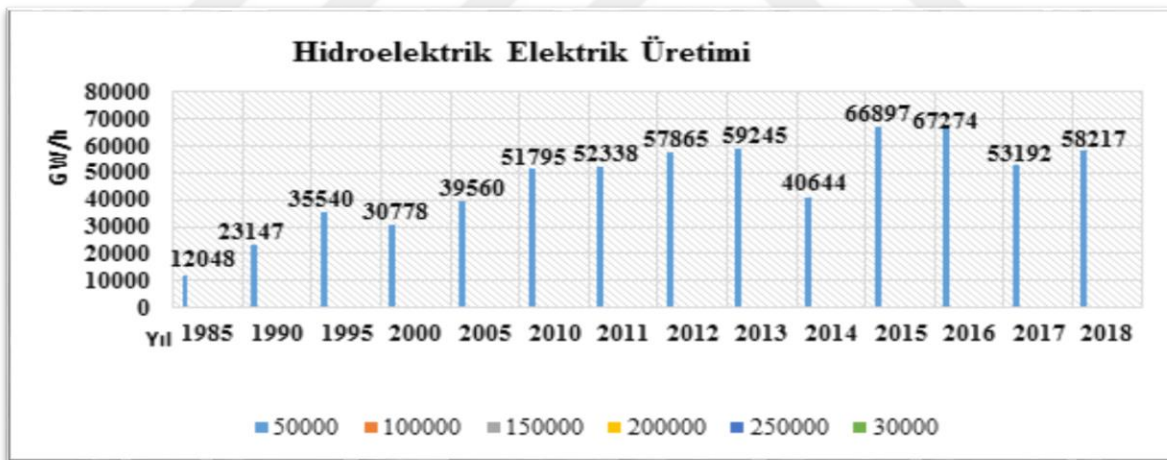
Şekil 2.2. Jeotermal enerjinin üretimin aylara göre değişimi (TEİAŞ, 2018).

Türkiye’nin 31 Aralık 2018 yılı itibari ile jeotermal elektrik üretim kapasitesi 1282,5 MW olarak gerçekleşmiştir (internet:1). Bu enerji potansiyelinin %78 ‘lik gibi büyük bir bölümü Marmara ve Ege bölgesinin İç Batı Anadolu bölümünden çıkarılmaktadır.

Mevcut yeni alanların özelliklerinin bulunması ve belirlenmesi için KİT, yerel yönetimler, maden tetkik araştırma vb. kamu ve özel şirketlerin yaptığı araştırmalara destek verilmelidir. Daha fazla alanlarda kuyular açılmalı ve devlet desteği verilmelidir (Şakir, Ş., 2015).

2.1.3. Hidrolik enerji

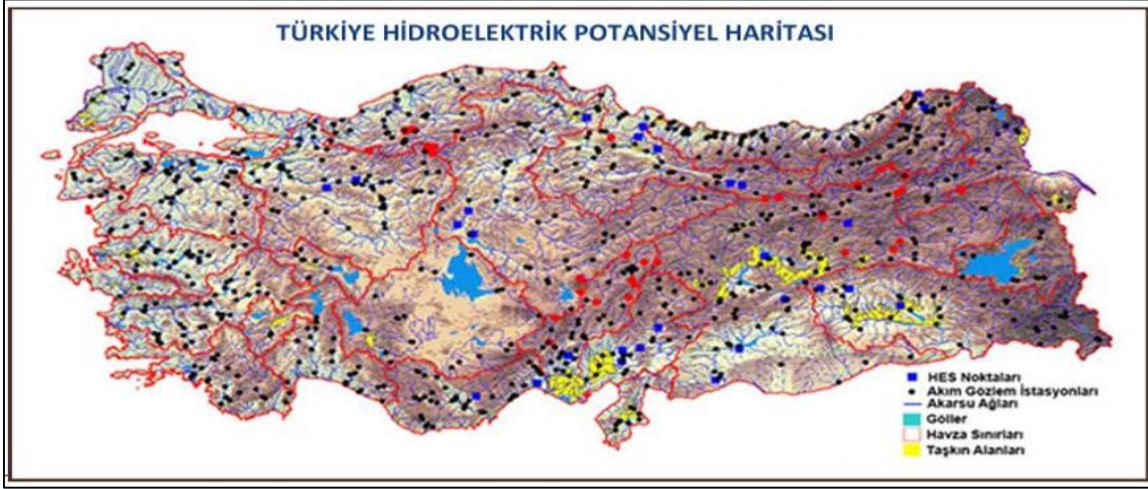
Hidrolik enerji, suyun hareket gücüyle üretilen enerji türüdür. Bu enerji türü her şeyden önce temiz ve iklimsel özelliklere göre değişen enerji çeşididir. İklimsel özelliklere göre değişen hidroelektrik enerjisinin Şekil 2.3'te yıllara göre enerji üretimi verilmiştir. Grafikte, ülkemizin elektrik üretimi içerisinde hidroelektrik üretimin payı, 1985'lerde 12048 GW iken, 2013 yılında 59245 GW olan bu enerji üretiminin 1990 yıllarından sonra ülkemize doğal gazın gelmesi, 2000 yıllardan sonra ülke dışından ithal kömürün getirilmesiyle bu enerjini üretiminde düşüşe geçmiştir. Düşüşe geçen hidrolik enerji miktarı bu fosil yakıtların elektrik üretim amacıyla kullanılmaya başlanmasıyla beraber 2014 yıllarına doğru 40644 GW'a kadar düşmüştür (TMMBO, 2018).



Şekil 2.3. Türkiye'nin hidroelektrik enerji üretimi (TMMOB, 2018).

Ülkemiz, alternatif enerji kaynakları bakımından büyük potansiyeline sahip olmasına rağmen, enerjinin büyük bir kısmını diğer ülkelerden ithalat yoluyla temin edilmektedir. Hidrolik enerji potansiyeli ülkemizin yaklaşık %34'lük enerji ihtiyacını karşılayan ve mutlaka değerlendirilmesi gereken alternatif enerji kaynağıdır. Bu alternatif enerji kaynaklarından olan hidrolik enerjinin, ülkemizde mevcut potansiyelinin tamamının enerji üretimi bakımından değerlendirilmesi gerekmektedir (Oral, F., Behçet, R., ve Aykut., K.,2017).

Kaynak: <http://goenergy.com/projeler/hidroelektrik.html>



Harita 2.3. Türkiye'nin hidroelektrik potansiyeli haritası.

Bu enerji türü ilk olarak tarihi çağlar öncesindeki insanlar tarafından su değirmenleri ve çarkları kullanılarak geliştirilmiştir. 19 yüzyıldan sonra su türbinleri kullanılarak suyun gücünden yararlanılarak potansiyel enerjiyi kinetik enerjiye çevirmişlerdir (Köse, 2002). Ülkemizde ise hidroelektrik santrali ilk olarak, Osmanlı Devleti döneminde 18. yüzyılların başlarında 88 kilowattlık bir kapasite ile Adana'nın Tarsus ilçesinde kurulmuştur (Şen, 2002). Hidroelektrik enerji iklimsel şartlara bağlı olarak kendini sürekli yenileyen bir özelliğe sahiptir. Bu özelliğiyle de hem çevresel yönden önemi büyük olduğu kadar hem de birçok fonksiyonlarının yanında birçok faydalı yönleri bulunmaktadır. Bunlardan bazıları; barajlarda taşkın önleme, su ürünleri (balık çeşitleri) geliştirme, turizmi geliştirme, tarımsal sulama, barajlarda ulaşımı kolaylaştırma, enerji açığını kapatmak, istihdam fırsatı oluşturma vb. yararları bulunmaktadır.

Sonuç olarak; dünya üzerindeki yaşam koşulları ve teknolojik gelişmeler ve buna bağlı olarak değişen ekonomik gelişmeler mevcut kullanılan enerji kaynakları tarafından belli olmaktadır.

Her yıl ülkemizin artan nüfus ve gelişen ekonomiye istinaden dışardan ithal ettiği enerji giderek artmaktadır. Artan bu enerji miktarını azaltmak için mevcut enerji potansiyellerini ortaya çıkararak kullanılması ekonomik anlamda cari açığımızın da azalmasına katkıda bulunacaktır. Ülkemizde enerji santrallerinin daha iyi kullanabilmek ve geliştirebilmek adına birçok nedene sebebiyet veren teknolojik, çevresel ve beşeri vb. olumsuzlukları ortadan kaldırmak gerekmektedir (Oral, F., Behçet, R., ve Aykut., K., 2017).

2.1.4. Biyokütle enerji

Sürdürülebilir kaynaklar arasında yer alan biyokütle enerji kaynaklarının her yerde kurulması ve bu alanda ekonomik ve sosyal anlamda imkân sağlayan bu enerji çeşidi, günümüzde son yıllarda üzerinde durulması gereken konularından biri haline gelmiştir. Bu enerji kaynağı, milattan önce yani insanlığın doğuşundan bu yana gübre, hammadde, beslenme vb. insanların ihtiyaçlarını karşılamak adına bir enerji çeşidi olmuştur. Yani bu enerji türü insanlığın yerleşik yaşama geçmesinde ve yerleşim yerlerinin kurulmasında da etkili olmuştur (Elitaş, M.N., 2016).

Ülkemiz bu enerjiye yönelik son yıllarda çalışmalara hız vererek biyokütle enerji konusunda potansiyelini artırma çalışmalarına girerek hedeflerini ortaya koymuştur.

Ülkemizin bu enerji türündeki kaynakları gerek iklimsel yönden gerekse verimli toprakların olması bakımından ülkemiz zengin potansiyele sahip ülkeler arasında yerini almıştır (Kaygusuz, K., Şekerci, T. 2016). Bu enerji potansiyeli bir bölümü orman, hayvansal, kentsel ve bitkisel atıklara dayanmaktadır (BEPA, 2019). Ülkemizde bu şekilde elde edilen bu enerji kaynağı, çoğunlukla köylerde yemek pişirme, ateş yakma vb. ihtiyaçlarını gidermede kullanılmışlardır.

Çizelge 2.2. Türkiye'nin biyokütle enerji potansiyeli (BEPA, 2019).

NÜFUS (1 Şubat 2019)	82 300 882
Toplam Hayvan Sayısı (adet)	389 405 328
Hayvansal Atık Miktarı (ton/yıl)	163 297 308
Hayvansal Atıkların Enerji Değeri (TEP/yıl)	1 176 198
Bitkisel Üretim Miktarı (ton/yıl)	176 313 301
Bitkisel Atık Miktarı (ton/yıl)	96 451 594
Bitkisel Atıkları Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl)	39 877 285
Kentsel Katı Atık Miktarı (ton/yıl)	31 331 836
Kentsel Organik Atıkların Enerji Değerleri (TEP/yıl)	2 315 414
Orman Atıklarının Enerji Değeri (TEP / yıl)	859 899
Atıkların Toplam Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl)	44 228 795
Biyokütle Kaynaklı Elektrik Üretim Santral Sayısı	128

Çizelge 2.2’de görüldüğü gibi biyokütle enerjileri şu şekilde sıralanmaktadır (Karaosmanoğlu, F., 2007).

- Tahıl Tozu
- Orman Atıkları
- Bitkisel Atıklar
- Karbonhidrat Bitkiler ve Tarımsal Atıklar
- Hayvansal atıklar (gübre)
- Kentsel Atıklar (çöp, kanalizasyon atıkları, plastik, metal, kâğıt vb.)
- Elyaf Bitkiler (keten, kenevir)

Yukarıda sayılan biyokütle enerjisi, yeşil bitkilerde güneş enerjisinin fotosentez yoluyla kimyasal enerjiye dönüştürülmesi olayında ürünlerin işlenmesi sonucunda ortaya çıkmaktadır. Ortaya çıkan bu enerji ile organik atıkların yakılması sonucunda CO₂ gazı oluşmaktadır. Çıkan bu gazın daha önceden bu maddelerin oluşması sırasında atmosferden alınmış olduğundan bu maddelerin yakılması esnasında çevreye herhangi bir zarar vermemektedir. Bu enerji kaynakları diğer konvensiyonel kaynaklardan daha farklı karakter taşımaktadır (Elitaş, M.N., 2016).

Bu enerji kaynaklarının katkıları şöyle sıralanabilir (Duygu, E., Cısdık, İ., 2011).

- Bu enerji kaynakları, direkt yakılarak katı, sıvı ve gaz yakıtları, elektrik enerjisine dönüştürme,
- Sanayi ve gıda hammadde tarımındaki gübre tüketimini azaltarak, fosil yakıtlar başta olmak üzere çeşitli sera gazı emisyonlarında azalma,
- Metruk yani marjinal (değersiz, kullanılmayan) arazilerin ekonomiye kazandırılmasıyla ekolojik çeşitliliği koruma altına alma, toprağı erozyonunu önleme, toprak ıslahına katkı sunma vb.
- Sosyal ekonomiye katkı verme, hava kalitesini artırma vb. katkılar sunulabilir.

Sonuç olarak; Ülkemizde enerji ekonomik anlamda anahtar rol oynamaktadır. Bu yönüyle sosyoekonomik büyüme, bu enerjinin üretim ve tüketimi arasındaki ilişkiyi ele alarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Üretim, tüketim, nüfus, ekonomi, sanayi, teknoloji vb. faktörlerin birbiriyle etkileşim içinde olması enerjiye olana ihtiyaç giderek artmıştır. Ülkemizin bu anlamda yapmış ve yapacak olduğu yatırımlar içinde enerji önemli yer alacaktır. Önemi giderek anlaşılan bu enerji kaynakları arasında biyokütle ülkemizde potansiyeli var olan bir enerji kaynağıdır.

Biyokütle enerji kapsamında ülkemiz zengin bir potansiyele sahip olduğundan bu kaynakların geliştirilmesi ve değerlendirilmesi ekolojik yönden de mümkündür. Bu açıdan bakıldığında ülkemizin enerji anlamında dışa bağımlı olmaktan kurtarılması için enerji

tarımına ve ormancılığa geçilmesi, bu atıklardan biyoyakıt elde ederek üretilen enerjiye önem verilmesi gerekmektedir.

2.1.5. Güneş enerjisi

Alternatif enerji kaynakları arasında yer alan güneş enerjisi hem fosil enerji kaynakları hem de diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına oranla doğal çevreye verdiği zarar en az olan enerji çeşidi arasında yer almaktadır. Teknolojik kullanım durumunda, atmosferde küresel ısınmaya neden olan metan, karbondioksit, kükürt dioksit vb. ve diğer sera gazlarından hiçbirini üretmez. Ayrıca, doğada canlıların yaşamaya muhtaç duydukları enerji ihtiyacını karşılamaktadır (Sağlam, 2006).

Güneş enerjisi, kullanımı basit olan ve teknolojik bilgi gerektirmeyen bir kaynak olmakla beraber birçok enerji kaynağının da temelini oluşturmaktadır. Hidrolik, rüzgâr, gelgit, dalga, biyokütle vb. enerjilerin temel kaynağını güneşten almaktadır (Oktik ve diğerleri. 2005).

Bu enerji kaynağı, kullanımı teknolojik gereksinim göstermeyen son derece kolay elde edilebilen ve güneş ışığından enerji elde edilmesine dayalı teknolojidir .

Işınım teknolojisine dayalı olan bu enerji kaynağı, ülkemizde giderek artan nüfus artışı ve gelişen endüstri ile birlikte artan enerji ihtiyacını karşılamada önemlidir (İnternet:2). Artan enerji ihtiyacı karşısında Türkiye’de 2000’li yılların başında teknolojik ve ekonomik gelişmeler ışığında küresel olarak ortaya çıkan küresel ısınma, çevre kirliliği ve bunun sonucu olan CO₂ emisyon salınımı vb. sorunların ortaya çıkması gelişen güneş teknolojisine ilgiyi arttırmıştır. Teknolojiye dayalı olarak gelişen endüstri sanayisi, beraberinde küresel ısınma, sera emisyon gazları ve enerji fiyatlarının artması ekonomik gelişmeyi ve ekolojik dengeyi tehdit eder hale getirmiştir. Ülkemizde bu iklim değişiklikleri, ekonomik gelişmeler ve enerji fiyatlarındaki ani değişiklikler, enerji fiyatlarındaki dalgalanmayı beraberinde etkilemiştir. Bu fiyatlardaki dalgalanma ve gelişmeler, Türkiye’yi enerji potansiyeli arayışlarına iterek güneş enerjisinin kullanımı ve geliştirilmesine yönelik teknolojik yatırımları arttırmıştır.

Türkiye’nin enerji potansiyeli dünyadaki kuzey yarımküredeki konumu itibariyle diğer Avrupa ve 3. dünya ülkelerine nazaran daha iyi konumdadır. Mevcut konumu 36-42 kuzey enlemi ve 26-45 doğu boylamında yer alan ülkemiz, konum bakımından güneş enerjisinden oldukça fazla yararlanan ülkeler arasında yer almaktadır.

kaynakların kullanımı sırasında açığa çıkan zararlı gazlar hem doğaya hem de insanların sağlığına zarar vermektedir. Ekonomik anlamda birçok olumsuzlukları bulunan bu fosil kaynakların ülkemiz açısından ithal edeceğimiz her enerji çeşidi cari anlamda olumsuz etkileyecektir. Bu nedenle güneş enerjisinin 28 Şubat 2019 itibarıyla kurulu gücü 5238,8 MW olan ülkemizin güneş enerjisi teknolojisinin kullanımı, araştırılması, AR-GE çalışması, kamu tarafından teşvik edilmesi vb. çalışmaların yapılması gerekmektedir.

Güneş enerjisi diğer alternatif enerjilerin ana kaynağı olarak görülmektedir. Bunlardan bir tanesi de hidrojenin gelecek nesiller adına önemli bir yakıt kaynağı olacaktır. Geleceğin yakıtı görülen hidrojen enerjisinin hammadde su olarak bilinmektedir. Suyun kaynağı da güneş olduğundan bu enerjinin kullanılması teşvik edilmelidir. Bu açıdan doğaya zararın minimum düzeyde tutularak hem küresel anlamda hem de ekonomik anlamda katkı sağlayacaktır.

2.2. Yenilenebilir Enerji Tanımı

Konvensiyonel yakıtların doğaya vermiş oldukları etkileri ve bu yakıtların giderek tükenmesi sürdürülebilir enerji tanımını gündeme getirmiştir. Sürdürülebilir enerji de olan yenilenebilir enerjinin birçok tanımı bulunmaktadır. Bunlar arasında temiz enerji, sürdürülebilir enerji kaynakları, yeşil enerji, alternatif enerji kaynağı olarak da adlandırılmaktadır. Bu enerjilerin sürdürülebilir özellikte olmaları, özellikle petrol ve türevleri olan kömür, doğalgaz, karbon vb. doğada kısıtlı bir şekilde bulunmayan ve herhangi bir işleme tabi tutulmadan direkt olarak kullanabilmelerini ifade eder.

Başka bir ifadeyle, konvensiyonel kaynaklardan elde edilen enerji üretiminin temiz ve yüksek verim teknolojisiyle oluşmasını, yenilenmez konvensiyonel yakıtların ekolojik doğa dostu yeni teknolojilerle değerlendirilmesini, yenilenmez kaynakların yerine tükenmez (alternatif) enerji kaynaklarının konulmasını ifade eder (Ültanır, 1998). Temiz enerji tanımı ise; enerji üretiminde karbondioksit salınımı yapmayan ve ekolojik doğa ile etkileşimi minimum seviyede olan enerjiyi ifade eder (Özil, E. ve diğerleri, 2013:91). Diğer bir ifadeyle alternatif enerji, dünyada devamlı kendini yenileyen ve yenilenen enerji akımlarının kalite, karakteristik ve sayısal özelliklerini bozmayacak şekilde ifade edilmesi veya dünyanın devam eden dönüşümleri içinde, bulunan enerji kaynağı olarak tanımlanmaktadır (Dikmen, A.Ç., 2009:74).

2.3. Yenilenebilir Enerjiye İhtiyaç Duyulmasının Nedenleri

Dünyada ve ülkemizde hızlı bir şekilde artan nüfus ve buna paralel olarak teknolojik sanayileşmeyle enerji üretim-tüketim ihtiyacının artması, konvansiyonel yakıtlarla karşılanamaması yenilenebilir enerjiye ilgiyi daha da arttırmıştır. Öte yandan fosil yakıtlarla enerji ihtiyacının büyük bölümünü karşılayan ülkemiz, doğal çevreye ve insan sağlığına zarar verebilmektedir.

Teknolojik faaliyetler neticesinde her yıl atmosfere takriben 20 milyar ton CO₂ (karbon dioksit) ve diğer zararlı kimyasal bileşikler olan SO₂ (kükürt dioksit), Pb (kurşun) vb. yayılmaktadır (ÇKA, 2010).

Enerji kullanımının büyük bir bölümünü, geleneksel yakıt olan fosil yakıtları temel almaktadır. Enerji tüketimi konusunda dışa bağımlı olarak yaşamamız, gelir-gider dengesindeki açığın daha da artmasına sebebiyet verecektir. Ülkemizin ithalat girdilerinin fazla olması, çevre sorunları, sera emisyon değerlerinin artması, insan sağlık sorunlarının giderek bozulması KOAH (Kronik Obstruktif Akciğer Hastalığı) vb. zararlı etkilerin olması yenilenebilir enerji adı verilen temiz enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır.

Enerji alanındaki ithalat girdisi fazla olan Türkiye'nin enerji gücünün yaklaşık %85'i fosil yakıtlardan elde edilmektedir. Söz konusu bu yakıtlar gelişen ülkemizin enerji alanında dışa bağımlı olması ülke ekonomimizi tahakküm altına sokmaktadır. Bu da sosyo-ekonomik, iç ve dış politik sorunlara yol açmaktadır. Türkiye'nin enerjide, dış alımın (ithalat) milli ekonomiye getirmiş olduğu mali yükü azaltarak enerji tüketim ve üretiminde kaynak türlerini arttırması bakımından alternatif enerji kaynaklarına yön vermesi, ülkenin ekonomik öncelikleri arasında yer almalıdır (Karalı, Ş., 2017:65).

Alternatif enerji kaynakları, gerekli iş sahaları açarak istihdam alanları sağlaması ve sürdürülebilir ekonomiye katkı sağlayarak toplumsal yapının gelişmesine, cari anlamda ekonominin dengelenmesine katkı vermesi bakımından yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanımına açılması gerekmektedir (Karalı, Ş., 2017:66). Bu enerji kaynakları, ekolojik doğaya zarar vermediğinden hem ülke ekonomisine hem de insan sağlığına önemli katkıları olabilmektedir. Ülkemizin enerji güvenliği arzı bakımından enerji maliyetlerini, uzun zamanlı enerji yakıt risklerini ortadan kaldırmayı amaçlamaktadır (Karalı, Ş., 2017:67).

21. yüzyıldan itibaren bazı dönemlerde (1973 petrol krizi) yaşanan petrol fiyatlarındaki mali ve üretim dalgalanmaları enerji güvenliği arzını tehlikeye atmış ve bunun ötesinde OPEC (Petrol İhraç Eden Ülkeler Örgütü) ülkelerde yaşanan politik ve ekonomik istikrarsızlar, arz-

talep kavgası vb. olaylar yenilenebilir enerjiyi popüler hale getirmiştir (Yergin, 2014: 293-294).

Bu enerji güvenliğini sağlamada temel hedefin alternatif enerji kaynaklarına yönelmekte olduğu anlaşılmalıdır (IEA, 2017).

Sonuç olarak; ülkemizin sahip olduğu enerji kaynaklarına gerekli yatırımın yapılması ve kendi üretmiş olduğu bu enerji potansiyelini arttırarak dışa bağımlı olmaması gerektiği hedeflenmektedir. Ayrıca, ülkemizin sürdürülebilir ekonomik kalkınmaya ulaşması önemli olmakla beraber, ekolojik açıdan da fosil yakıtların azaltılmasıyla insan ve canlıların zarar görmemeleri, günlük hayatımızda kullandığımız enerjinin tarımsal sulamada, ısıtmada, soğutmada, seracılıkta, çeşitli atık endüstrisinde kullanılması vb. nedenlerden dolayı alternatif enerji kaynaklarını kullanmak elverişli olacaktır.

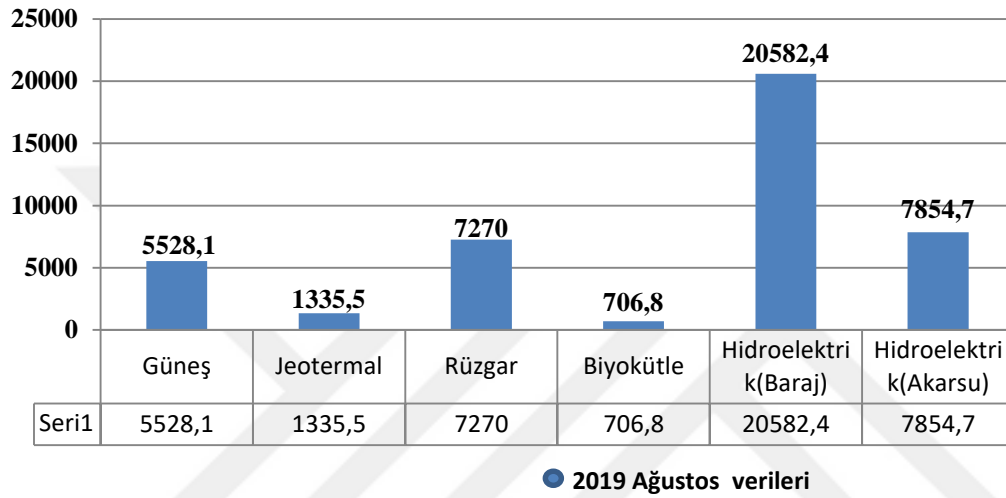
2.4. Türkiye Enerji Yapısının Görünümü ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Durumu

Cumhuriyetimizin kuruluşunun yüzücü yıl hedefi olan 2023 hedefleri kapsamında en önemli stratejik hedefi hiç kuşkusuz enerji politikalarıdır. Ülkemizin enerji politikalarında gerek siyasi gerek ekonomik bakımdan dış ülkelere bağımlılığı söz konusudur. Söz konusu enerji kaynaklarının talebi karşılaması bakımından alternatif enerji kaynaklarının kurulu gücünü iki katına çıkarması veya daha fazla üretilmesi gerekmektedir. Bunun için Türkiye’de her yıl ortalama 5-6 milyar \$ enerji yatırımı yapması gerekmektedir. Bu yatırımların 2023 hedefleri kapsamında özelleştirilen elektrik üretim merkezlerinin, üretim payı % 75 olması beklenmektedir. Konvansiyonel enerji kaynağı olan kömürün ise yaklaşık %37’si değerlendirilmektedir. Bu enerji kaynağının tamamı ekonomiye kazandırılması amaçlanmaktadır (TİM, 2017).

Ülkemiz dünya üzerindeki coğrafi yeri itibariyle stratejik ve jeopolitik bir öneme sahiptir. Son yüzyıla bakıldığında dünya üzerinde değişen enerji politikaları nedeniyle Türkiye’nin giderek öneminin arttığı müşahede edilmektedir. Türkiye; Asya, Ortadoğu, Avrupa, Rusya, Balkan Ülkeleri, NATO ülkeleri, Hazar Bölgesi, Kafkaslar vb. zengin ve önemli konumda yer alarak dünya üzerinde hem askeri, siyasi hem de ekonomik anlamda önemli bir yerin ortasında bulunmaktadır. Ülkemizin sahip olduğu stratejik konumu faal kullanarak bölgesinde enerji projelerinde önemli rol üstleneceği ve ulusal, uluslararası enerji arz güvenliğini korumada, bölgesel alanda istikrarın sağlanmasında katkıda bulunması

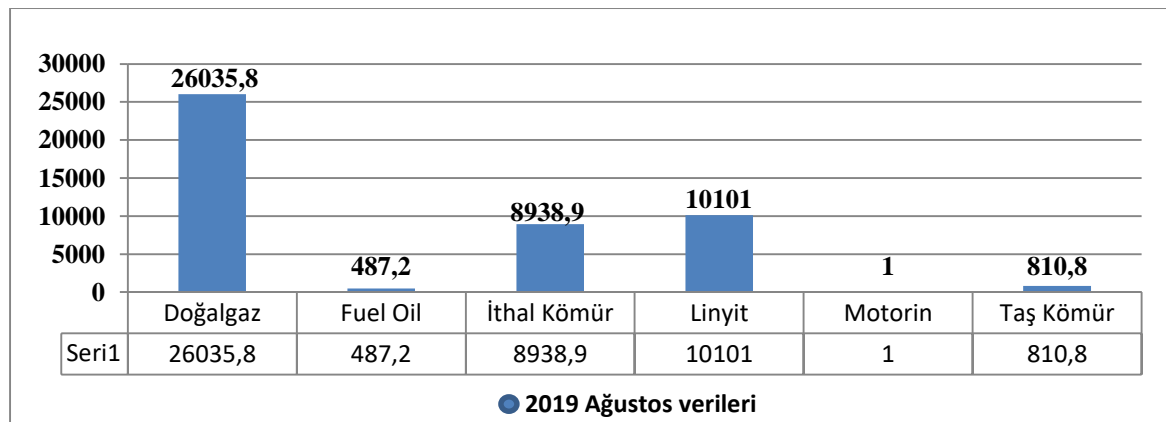
kaçınılmaz olacaktır. Bu anlamda Türkiye’yi stratejik anlamda enerji koridoru sahası açarak bu anlamda enerji ithalatının önüne de geçilmiş olacaktır (E.T.B.K, 2017: 60).

Günümüz Türkiye’si, Ekonomi İşbirliği ve Kalkınma Örgütü ülkeleri arasında yüksek enerji ithalat oranına sahip ülkeler arasında yerini almaktadır. Türkiye gelişen ekonomisi ve teknolojik anlamda sahip olduğu altyapı, AR-GE vb. alanlarda ilerleme kaydetmekte ve son dönemlerin önemli enerji tüketen ülkeleri arasında yerini almaktadır.



Şekil 2.5. Yenilenebilir enerji kaynakların kurulum gücü (MW) (TEİAŞ, 2018).

2018 Aralık sonu itibariyle Türkiye elektrik iletim anonim şirketi verilerine göre Türkiye’nin yaklaşık 88,550 MW kurulu potansiyel gücü bulunmaktadır. Kurulu gücün 28,282 MW’ı hidroelektrik santraller (lisanslı ve lisanssız), 6942,3 MW rüzgâr enerji santralleri, 81,7 MW güne santralleri, 1282,5 MW ise jeotermal enerji santrallerinden oluşmaktadır.



Şekil 2.6. Birincil (Fosil) enerji kaynakların kurulum gücü (MW) (TEİAŞ, 2018).

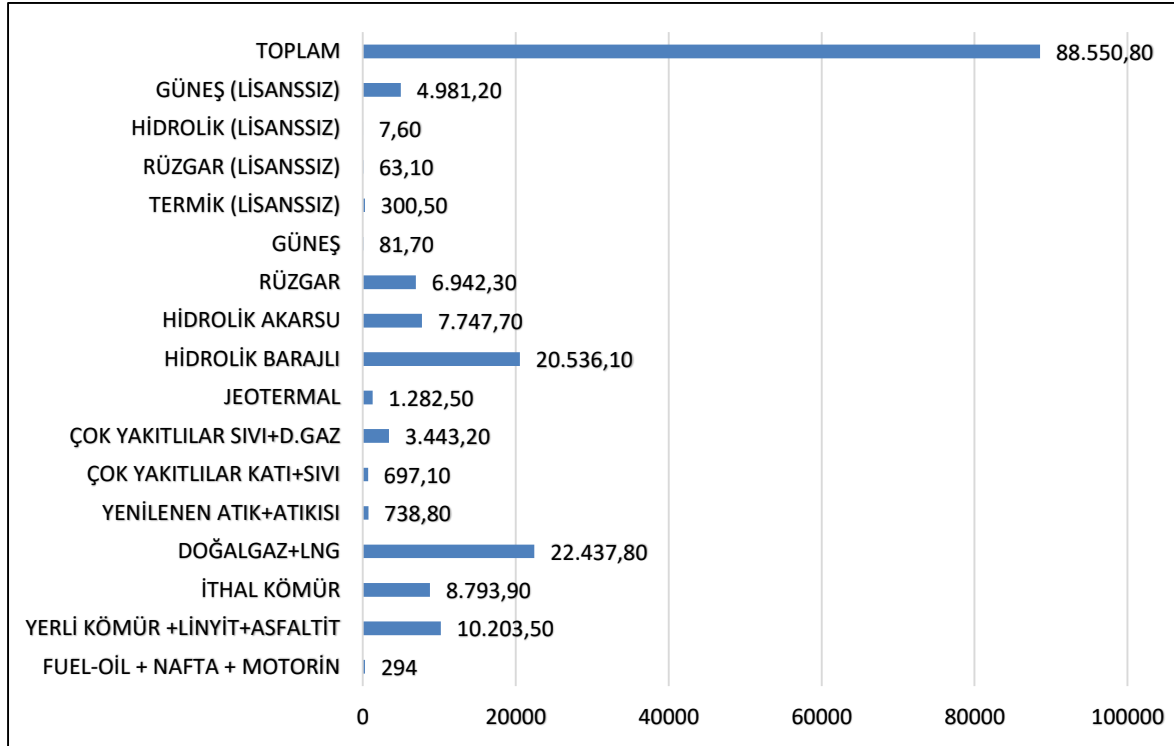
Şekil 2.5. ve Şekil 2.6.'da görülen veriler kapsamında Türkiye'nin birincil yani fosil kaynaklarının kurulum gücü verilmiştir. Bu birincil (fosil) kaynaklarında ve yenilenebilir enerji kaynaklarındaki kurulu güç farkının giderek azaldığı görülmektedir. Şayet ülkemizde milli teknoloji kullanılmıyor, enerji talebi alternatif enerji kaynaklarından karşılanamıyor, ekseriyette ithal kaynaklı enerji türlerine dayalı bir politika izleniliyorsa enerji, milli ekonomi ve sosyolojik gelişmeye katkı sunmaktan öte milli bir soruna dönüşecektir (TMMOB, 2018).

Türkiye'de doğalgaz, petrol, linyit, kömür, nafta, asfaltit, motorin gibi fosil kaynak rezervleri ile biyokütle, jeotermal, güneş, hidrojen, rüzgâr, hidrolik enerji, gibi alternatif enerji kaynakları bulunmaktadır (Atılğan, İ., 2000). Bu enerji kaynakların çoğunlukta enerji üretiminde kullanılmaya başlanması, konvansiyonel yakıtların giderek tükenmeye başlanması ve bu fosil kaynakların doğaya vermiş oldukları zarardan ötürü alternatif enerji kaynaklarındaki çalışmalar hız kazanmıştır. Bu da ülkemizi farklı kaynaklar bulmaya itmektedir.

Enerji üretimin önemli bir faktör olmasıyla beraber tüketimi de diğer ülkeler arasındaki teknolojik gelişmişlik ve kalkınma refah seviyesi bakımından doğru orantılı olması, ülkemizi alternatif (yenilenebilir) enerji arayışlarına sokmaktadır (Koç, E., Kaplan, E., 2008).

Şekil 2.7.'de görüldüğü gibi 2018 yılı Aralık ayı sonu itibarıyla termik santrallerden ürettiğimiz elektrik enerjisinin toplam elektrik enerjisi üretimi içindeki oranı %67,7'dir. Bu üretim içerisinde ilk sırayı 22.437,8 MW payı ile doğalgaz + LNG, barajlardan elde ettiğimiz elektrik üretimi 20.536,1 MW, taş kömür + Linyit + asfaltit 10.203,8 MW, ithal kömür 8.793,8 MW, akarsulardan elde edilen elektrik üretimi 7.747,7 MW olarak gerçekleştirilmiştir. Bunları sırasıyla rüzgar enerjisi 6942,3 MW, güneş (lisanssız) 4.981,2 MW, çok yakıtlılar doğalgaz + sıvı 3.443,3 MW, yenilenen atık ısı 738,8 MW, çok Yakıtlılar katı + sıvı ise 697,1 MW 2018 yılı aralık sonu itibarıyla kurulu güç olarak elektrik üretilmiştir.

Ayrıca kurulu gücün kaynaklara göre oranları yenilenebilir enerji kaynaklarında %47 iken fosil kaynaklarında bu oran %53 oranında gerçekleşmiştir.



Şekil 2.7. 2018 yılsonu elektrik üretimin kaynaklara göre güç dağılımı (TMMOB, 2018).

Sonuç olarak; ülkemizin nüfusu giderek artmakta ve teknolojik, sosyo-ekonomik yatırımların önünü alamayacak şekilde gelişmektedir. Fakat bu gelişmeler sonucunda ülkemizin enerji üretimi azami ölçüde sınırlıdır. Bundan dolayı enerjideki açığını dış ülkelere karşılamak zorunda kalmıştır. Ülkemizde milli enerji üretimi 1980 yılında %53 iken bu oran günümüze yaklaştığında %12'lere kadar gerilemiştir. Dolayısıyla, Türkiye'de alternatif enerji kaynakları olan rüzgâr, hidroelektrik, güneş, dalga, jeotermal vb. enerjilerin daha çok değerlendirilerek, milli enerji oranını en üst seviyeye çıkartılması gerekmektedir (Yılmaz, Z., 2013).

Ülkemizin enerji sorunu yukarıda da belirtildiği üzere dışa bağımlılık sorunudur. Şayet yenilebilir enerji kaynaklarından yeterli bir miktarda yararlanılması ve değerlendirilmesi, gerek ekolojik dengeye katkı sağlayacak gerekse de enerji ithalatının azaltılmasına katkı sağlayacaktır (Topçu., C., Türtük., Y.D., (2002).

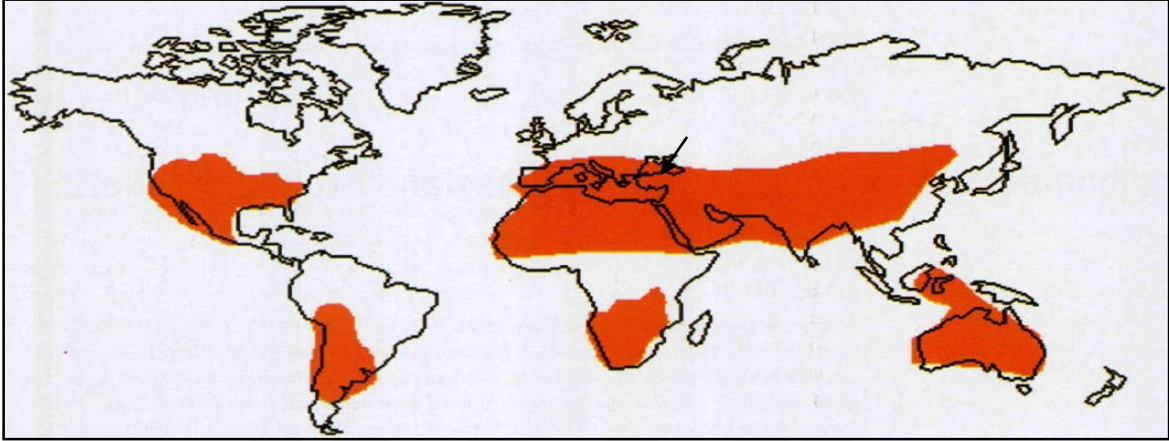
3. GÜNEŞ ENERJİSİ VE ADIYAMAN İLİNİN GÜNEŞ ENERJİSİ YAPISI

Alternatif enerji kaynakları arasında yer alan güneş enerjisini verimli şekilde kullanan toplumlar, teknoloji ve sosyo-ekonomik anlamda daha da gelişmektedir. Günümüzde hem Dünyada hem de Türkiye’de sıkça kullanılan fosil tabanlı konvansiyonel enerji kaynaklarının (kömür, petrol, doğalgaz vb.) hem az olması hem de insan sağlığına zarar vermesi ve çevre kirliliği oluşturması nedeniyle alternatif enerji (rüzgâr, güneş, jeotermal, hidroelektrik vb.) kullanımının kaçınılmaz olduğunu ortaya çıkarmaktadır. Alternatif enerji kaynakları, minimum sera gazı salınımıyla canlıların daha sağlıklı ve uzun yaşamasını sağlamaktadır. Ülkemiz gelişmekte olduğu teknolojiyle beraber artan nüfus sayısına istinaden artan enerji ihtiyacını tedarik etmek ve enerjide dış alımın (ithalat) azaltılması için alternatif enerji kaynaklarını en iyi şekilde kullanılması gerekmektedir (Varınca, K. B., ve Gönüllü, M. T., 2006). Ülkemizin enerji ihtiyacını karşılaması ve dışa bağımlılığın azaltılması için güneş enerjisine yatırım yapmasının en iyi yol olacağı ileri sürülmektedir (Behçet, R. ve diğerleri, 2013). Türkiye, dünya üzerindeki konumunun da vermiş olduğu avantajı dikkate alındığında güneş enerjisi potansiyeline sahip bir ülkedir. Ülkemizin, güneş enerji potansiyeli meteorolojik gelişmelere dayalı olarak değişiklik gösterebilmektedir. 2018 Güneş Enerji Potansiyeli Atlası (GEPA) verilerine göre yıllık güneşlenme süresi 2741 saat, günlük ise toplamda 7,5 saati bulabilmektedir. Toplamda metre kare alana düşen enerji miktarı ise 4,2 kWh/m² ‘dir. Türkiye’de bölgesel, mevsimsel ve aylara göre güneş enerji miktarı değişiklik gösterebilmektedir. Türkiye’nin yedi coğrafi bölgesine ait yıllık toplam güneş enerji potansiyeli Çizelge 3.1.’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Türkiye'nin yıllık toplam güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere dağılımı (GEPA, 2018).

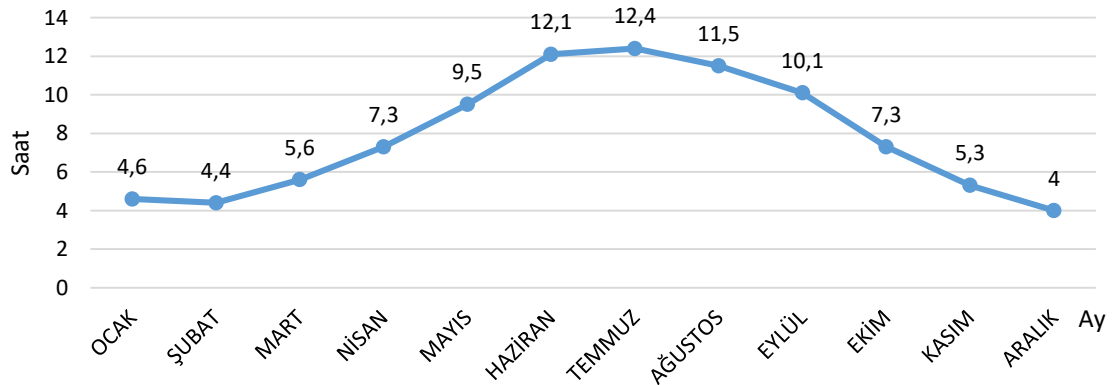
Bölgeler	Toplam Güneş Enerji (kWh/m ² -yıl)	Güneşlenme Süresi (Saat/Yıl)
Güney Doğu Anadolu Bölgesi	1460	2993
Akdeniz Bölgesi	1390	2956
Doğu Anadolu Bölgesi	1365	2664
İç Anadolu Bölgesi	1314	2628
Ege Bölgesi	1304	2738
Marmara Bölgesi	1168	2409
Karadeniz Bölgesi	1120	1971

Türkiye, coğrafi konumunun vermiş olduğu avantaj sebebiyle 45° derece kuzey enlemlerinde yer alan ve orta kuşak adı da verilen güneş kuşağında bulunan yüksek seviyede güneş enerjisi potansiyeline sahip bir ülkedir. Ülkemizin bu güneş kuşağında yer almasının nedeni Harita 3.1.'de ok işaretiyle gösterilen sıcak kuşak dediğimiz bölge üzerinde yer almasından kaynaklanmaktadır (Altıntop, N., ve Erdemir, D., 2013).



Harita 3.1. Dünya haritası üzerinde yer alan fazla güneş ışınımı alan yerler (Altıntop, N., ve Erdemir, D., 2013).

Adıyaman ili, birçok ilin güneş enerji potansiyeline göre daha avantajlı durumdadır. Bu durum gerek coğrafi konum gerekse güneşlenme süreleri açısından değişiklik gösterebilmektedir. Türkiye’de bölgesel anlamda bakıldığında ülkemizin yıllık toplam güneşlenme süresi ve yıllık metre kareye düşen güneş enerjisi potansiyelinin en yüksek olduğu bölgenin Güneydoğu Anadolu Bölgesi olduğu, aşağıdaki Şekil 3.1.’de anlaşılmaktadır (Oral, F., Behçet, R., ve Aykut., K., 2017).



Şekil 3.1. Adıyaman ili ortalama güneşlenme süreleri (EİE, 2018).

Şekil 3.1.'de gösterilen aylık olarak güneşlenme sürelerine bakıldığında en çok ayın Temmuz-Ağustos, en az güneşlenme sürelerinin ise Aralık-Şubat aylarında; ortalama günlük güneşlenme süresi 7,84 saat, yıllık güneşlenme süresinin ise 94,1 saat olarak gerçekleştiği görülmektedir.

3.1. Türkiye ve Dünyada Güneş Enerjisinin Tarihsel Gelişimi

İnsanların tarih öncesinden bu yana güneş enerjisi kaynağından teknolojik olarak kullanması eskilere dayanmaktadır (Kalogirou, 2004, s. 235, 238). Çeşitli kaynaklarda yer alan bilgilere göre ilk kez Yunan bilim adamı Sokrat'ın Milattan önce 400'lü yıllarda evlerin yaz aylarında güney yönüne bakan tarafına pencere konularak güneş ışığını içeri alınmasını söylemiştir (Çeçen, M., 2018). Milattan önce 215 yıllarında dünyada ilk uygulamalardan birisi olarak Yunanlı fizik bilim adamı Arşimet'in, 30-40 metre uzaklıktan güneş ışınlarını iç bükey aynalar yardımıyla odaklayarak Romalıların gemilerini yakması ve Syracuse savunmasını başarıya ulaşmasında önemli biri olarak bilinmektedir (Kapluhan, E., 2014). 1601-1680 yılları arasında yaşayan Alman bilim adamı Athanasius Kircher, Arşimet'in iç bükey aynalar yardımı yöntemiyle güneş ışınlarını odaklaması sonucunda odun yığınlarını yakması ve bunu deneysel olarak kanıtlaması, bu enerji kaynağının kullanımı için bir başlangıç olmuştur (Ültanır, Ö., M., 1998). İlk kez 1725 yılında Fransız mühendis olan Belidor tarafından güneş enerjisi ile çalışan su pompası (hidrofor) geliştirilerek icat edilmiştir (Dağlı, E., 2018). 1774 yıllarında İngiliz kimyager olan Joseph Priestley, HgO₂ (Civa Oksit) üzerine ışınlandığı güneş ışınlarıyla oksijeni tespit etmiştir (Ültanır, Ö.M., 1998). İsviçreli kimyager olan Horace Bénédict de Saussure 1740-1799 yılları arasında ısı kutusu denilen ilk güneş pişiricisini ortaya koymuştur.

Dökme demirin çeliğe dönüştürülmesinde ünlü olan İngiliz bilim adamı, mucit Henry Bessemer, 1813-1893 yılları arasında geliştirdiği güneş fırınıyla, metal eritme konusunda çalışmalar yapmıştır.

Fransız bilim adamı olan Mohuchok, çalışmalar sonucunda yoğunlaştırılmış (odaklanarak yapılan) güneş ışınları yardımıyla 1860 yıllarında küçük bir buhar makinası yapmış, güneş ocakları ve güneş pompaları üzerinde çalışarak deneysel bulgulara ulaşmıştır. Buhar makinesini bulan Mohuchok, yapmış olduğu buhar makinesinde iç bükey (parabolik) aynalardan istifade etmiştir (İnternet: 3). İsveç doğumlu, Amerikan deniz mühendisi olan John Ericson, 1870 yıllarında güneşli sıcak hava çevrimli motor makinasını yapmıştır (Çeçen, M., 2018).

Günümüze yaklaşıldığında artan ve buna bağlı olarak gelişen güneş enerjisi teknolojisi, 20 yüzyılda insanoğlunun hayatına teknolojik gelişmeler giren fosil yakıtlarla (petrol) bir anlamda güneş enerjisine olan ilgisi azalmıştır. 1930 yıllarından sonra güneş enerjisine ilgi artmışsa da fazla çalışma ve gelişme alanı bulamamıştır. 1960 ve 1974 yıllarında ortaya çıkan petrol krizi, alternatif enerji kaynaklarına yeniden ilgiyi arttırmıştır.

1970’li yıllardan sonra güneş enerjisi teknolojisinde meydana gelen gelişmeler neticesinde Türkiye’de güneş enerjisi sanayi kolu olarak ortaya çıkmış ve kullanım alanları artarak kamu-özel sektörler için önemli hale gelmiştir. Ayrıca 1973 yılları sonunda Enerji bakanlığının bünyesinde “Güneş Enerjisi Koordinasyon Kurulu” oluşturulmuş ve Üniversite öğretim üyeleri bir arada toplanarak güneş enerjisinin kullanımıyla ilgili çalışmalarını hızlandırmışlardır. Bu çalışmalar 1975 yıllarına kadar sürmüştür. 1975 yılından sonra koordinasyon kurulunun üstlendiği görevi MTA (Maden Tetkik Arama) üstlenmiştir. Ardından Türkiye’de yenilenebilir güneş enerjisine yönelik ilk yerli kongre 1975 yılında İzmir’de gerçekleşmiştir. Ayrıca Orta Doğu Teknik Üniversitesinin yapmış olduğu pasif güneş enerjisi uygulaması 1975 yılında tesis edilerek gündeme gelmiştir. Ege Üniversitesi bünyesinde 1978 yıllarında Türkiye’nin ilk Güneş Enerjisi Enstitüsü kurulmuştur. Bu enstitü halen işlevine devam etmektedir (Dağlı, E., 2018).

Türkiye’de güneş enerjisini üretim-tüketim dengesi 2004’ten bu yana düşmektedir. Bu denge uzun zaman böyle devam etmiştir. 2011 yılına gelindiğinde Enerji bakanlığına bağlı olarak kurulan yenilenebilir enerji kaynakları genel müdürlüğü kapsamında elektrik üretim santrallerinin kurulmasının yapılması ve bu enerji santrallerine verilen devlet teşvikinin (alım garantisi) verilmesiyle beraber canlanma görülmüştür (Altıntop, N., ve Erdemir, D., 2013).

3.2. Güneş Enerjisi ve Teknolojik Yapılanması

Güneş enerjisi, insan hayatında teknolojik ve kullanım bakımından önemli bir yere sahiptir. (Gürbüz, D., 2018). Güneş enerjisinin gelişen teknolojiyle beraber kullanımının artmasına yönelik çalışmalar, Türkiye’de 1970 yıllarına denk gelmiş ve bu tarihten itibaren de hız kazanmıştır. Ayrıca güneş enerjisi, alternatif kaynaklar arasında en önemlisi olarak dikkat çeken yeşil enerji kaynağıdır (Uçar, T., M., 2017). Bu enerji kaynağı, diğer alternatif kaynakların da temel kaynağını oluşturur. Bu sebeple güneş enerjisi gerek elektrik üretiminde gerekse de diğer enerji kaynakları arasında önemli bir yer almaktadır. Öneminde istinaden bu açıdan bakıldığında uzayda da büyük yıldızlardan bir tanesini oluşturmakta ve

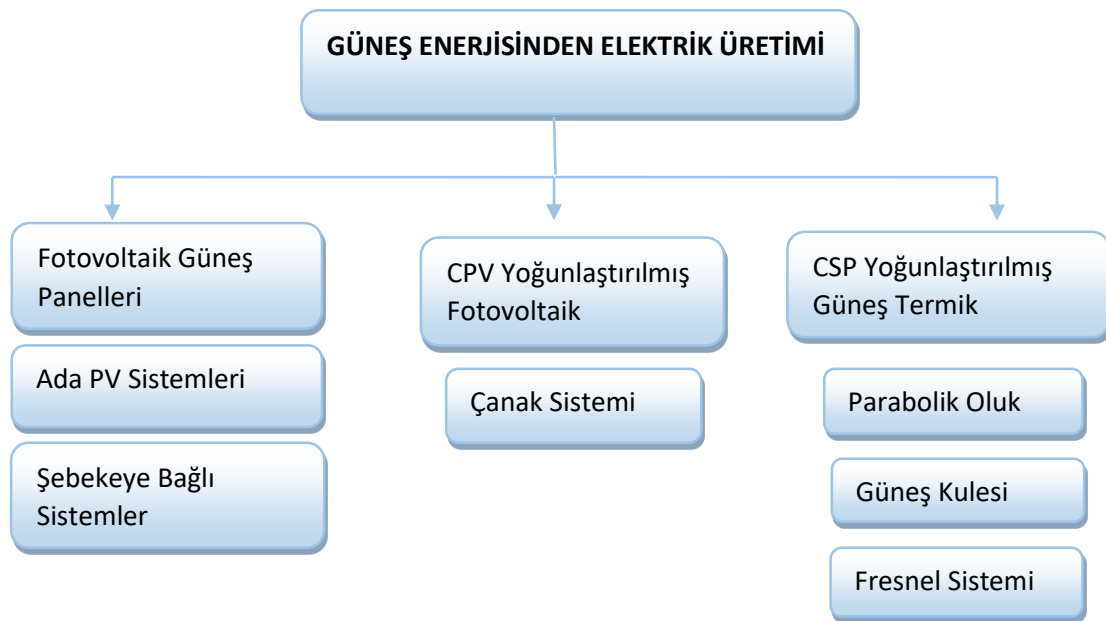
dünya ile güneş arasındaki mesafe 150 milyon km'ye kadar ulaşabilmektedir (Özmen, E., 2018). Dünyaya bir senede güneşten gelen enerji miktarı, güneşten yeryüzüne ulaşarak tüketilen enerji miktarının 1/20 oranındadır (Uçar, T., M., 2017).

Güneş enerjisi, ana kaynağını güneşteki birleşme, kaynaşma (füzyon) tepkimelerinden almaktadır (Anadolu Üniversitesi, 2012:8). Bu tepkime, iki radyoaktif “4 Hidrojen atomunun ve 1 Helyum gazına dönüşmesi” (Varınca, B., K., ve Varank, G., 2005) atom çekirdeklerinin kaynaşarak daha ağır atom çekirdeklerini meydana getirmesidir (Çukurçayır, A., M., ve Sağır, H., 2008).

Yukarıda anlatılanların ışığında Türkiye’de güneş enerjisi teknolojisinde 1970’li yıllardan itibaren ilerlemenin olması ve maliyet oranının düşmesi, doğaya zarar vermemesi, sera gazı salınımı yapmaması, kısaca çevre dostu olması gibi nedenlerden ötürü önemi giderek artmaktadır. Gelişen bu teknolojiyle beraber Güneş enerjisi teknolojisinin kullanılması ve uygulama alanları gelişerek gereken teknolojik alt yapının sağlanması ve enerjinin depolanması sağlanmaktadır.

Bu amaçla depolanan enerji, ısı, elektriksel, mekaniksel, kimyasal vb. çeşitli teknolojilerle yapılmaktadır (Varınca, B., K., ve Varank, G., 2005). Bu teknoloji yönetsel, teknolojik ve malzeme bakımından farklılıklar gösterebilmekte ve bunlar iki ana gruba ayrılmaktadır:

1. Fotovoltaik (Elektrik Enerjisi Üretimi) Güneş Enerji Teknolojileri
2. Isıl enerji teknolojiler



Şekil 3.2. Güneş enerjisinden elektrik üretimi için uygulanan yöntemler (YEGM, 2014).

3.2.1. Fotovoltaik güneş enerji teknolojileri

Fotovoltaik (elektriksel) teknolojiler, diğer ismiyle güneş hücreleri, fotovoltaik etki gösteren yarı iletken malzemeleri (kadmiyum tellür, amorf silikon, polikristal silikon, monokristal silikon ve bakır indiyum galyum selenit) kullanılarak güneş enerjisini (doğru akım, DC) elektrik enerjisine dönüştürmek için kullanılan teknolojidir. Bu teknoloji, günümüzde güneş enerjisinden elektrik üretmek için ülkemizde ve dünyada çok sık kullanılan güneş enerjisi teknolojisidir. Güneş ışınlarıyla beslenen güneş panelleri, stabil sıcaklığa yakın çalışarak enerji üretimi yapılmasını sağlar (Nkuriyngoma, O., 2018). Ayrıca fotovoltaik (PV) sistemlerin yararlarını şu şekilde sıralayabiliriz:

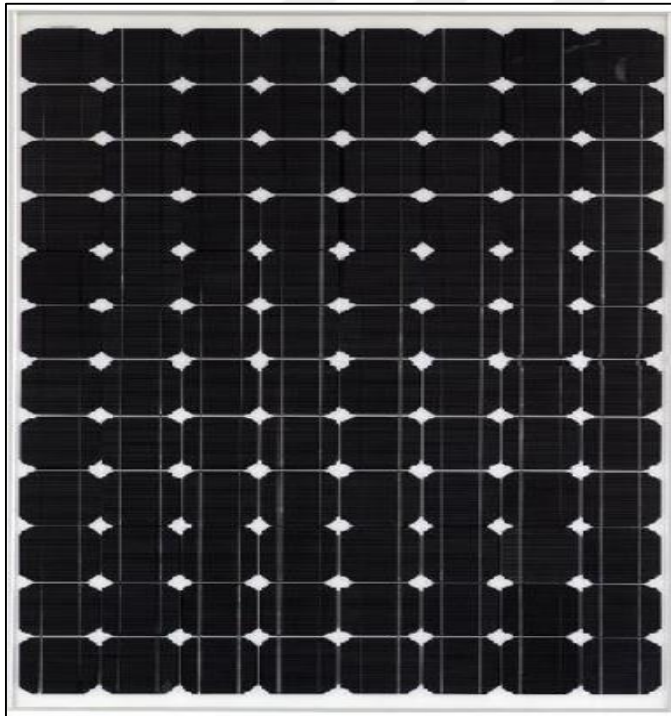
Herhangi bir yakıt tüketmeyerek var olan güneş ışınımını elektrik enerjisine dönüştürür. Elektrik enerjisi üretimi esnasında çevreye herhangi bir olumsuzluk verebilecek atık vb. şeyler oluşturmaz. Sistemin ömrü boyunca fazla bakım gerektirmemesi ve sistemin ömrünün yaklaşık 25 yıl sürmesi, sistemin düzgün ve sistemli bir şekilde kurulması elektrik çarpma riskini düşürmesi vb. faydaları bulunmaktadır (Hankins, 2010:6).

Bu elektriksel fotovoltaik panellerin çeşitli şekilde olanları mevcut olup, alanları yaklaşık 100 cm², kalınlıkları ise 0,2-0,4 mm arasında değişebilmektedir. Fotovoltaik enerji üretiminde kullanılan maddelerden en aktifleri kadmiyum tellür (CdTe), galyum arsenik (GaAs), silisyum vb. yarı iletken maddelerdir. Bu elektriksel (fotovoltaik) maddeler, elektrik ihtiyacının olduğu yerlerde kullanılır. Bu paneldeki modüller, uygulamada evirici (doğru akımı alternatif akıma dönüştüren devre elemanı), akü şarj denetimi, akü vb. çeşitli destek devreleriyle beraber kullanarak elektriksel (fotovoltaik) sistemi oluşturmaktadırlar. Bu sistemin iki şekilde uygulama alanları bulunmaktadır. Bunlar; Of grid (şebekeden bağımsız olanlar), On grid (şebekeye bağlı olanlar) şeklindedir (Çaçan, F., 2018).

- Şebekeden bağımsız olanlar (of grid): Elektriksel şebekenin bulunmadığı yerlerde yeterli sayıda güneş panelleri kullanılarak oluşturulan sistemlerdir (Çaçan, F., 2018).
- Şebekeye bağımlı olanlar (on grid): Elektriksel şebekenin ve yeterli sayıda güneş panellerinin bulunduğu yerlerde bulunan yüksek ya da düşük güçte santrallerinin oluşturduğu şebeke sistemleridir (Çaçan, F., 2018).

Fotovoltaik (elektriksel) teknolojiler güneş panellerinin yapıldığı malzemeye göre sınıflandırılmaktadır. Bunlar arasında en çok kullanılanlar ise, monokristal (tekli) silikon, polikristal (çoklu) silikon ve ince film teknolojileridir (Nkuriyngoma, O., 2018).

Mono (tekli) kristal silikon:1955 yılında ilk üretilen PV teknolojisi monokristaldir. Bu panellerin 25 yıl ömürleri olabilmektedir (Nkuriyngoma, O., 2018). Bu teknolojilerde birinci nesil teknolojisi de adı verilmektedir. Bu güneş panellerinde kristal yapıda silisyum (Si) kullanılmaktadır (EPIA ve GI, 2011a). Bu güneş panelleri teknolojik olarak incelendiğinde verimlilik oranı %15 ile %24 arasında olduğu görülmektedir. Verimliliği en yüksek kapasitede olan güneş pilleri arasında yer almaktadır. Fakat verimliliği zamanla %0,5 azalabilmektedir. Monokristal yapıda olan panellerin aynı elektrik enerjisini ürettiği polikristal yapıda olan panellerden yüzey alanı %1 ile %2 arasında değişkenlik göstermektedir. Ayrıca polikristal panellere göre daha verimli ve daha pahalıdır. Monokristal yapıda olan bu güneş panelleri, üretiminin daha uzun sürmesinin nedenlerinden bir tanesi kullanılan teknoloji ile ilgilidir (Sadıkoğlu, F., 2018).



Şekil 3.3. Monokristal yapıdaki güneş paneli (Kocaaslan, M., 2018).

Poli (çoklu) kristal silikon: Polikristal güneş pillerinin üretkenlik ve kalite değerleri mono kristal pillere göre daha düşüktür. Çünkü kullanılan panel hücreleri daha az üretkenlik derecesine sahiptir. Bu olumsuz özelliklerine rağmen daha sık tercih edilen piller arasında yer almakta ve maliyet üretimi olarak diğer panellere göre avantaja sahiptir. Ayrıca bu

paneller kırılğan bir yapıya sahip olmakla beraber, montaj ve kurulum sırasında dikkat edilmesi gereken özelliklere sahiptir (Dağlı, E., 2018). Bu polikristal panel pillerinde üretkenlik değerleri %14 ile %17 arasında değişebilmektedir (Girgin, 2011). Diğer bir ifadeyle monokristal panellere göre maliyetleri ve üretkenlik değerleri daha az olabilmektedir (Oktik, 2001).



Şekil 3.4. Polikristal yapıdaki güneş paneli (Kocaaslan, M., 2018).

İnce Film Teknolojileri: İnce film terimi, bu tür panellerde daha ince elektriksel (fotovoltaik) malzeme kullanılması anlamına gelmektedir (Dağlı, E., 2018). Bu ince film panellerinin verimlilik değerleri %7 ile %14 arasında değişmektedir (Sadıkoğlu, F., 2018). Kristal silikon pillerine göre en büyük avantajları, üretimin ardı sıra (seri) olması, maliyetinin düşük ve daha az enerjiyle üretilebilmeleridir. İnce film panel hücrelerinde elektriksel (fotovoltaik) malzeme cam, plastik ve metal gibi ucuz malzemelerle örtülmüştür. Işığı emme (absorbe etme) özelliği oldukça iyidir. Bu panel hücreler için ardışık üretimlerinde kullanılan en sık üç fotovoltaik malzeme olarak; Kadmiyum Tellür (Cd-Te), Amorf Silisyum (a-Si) ve Bakır İndiyum Diselenid (CIS) bulunmaktadır. (Sayın ve Koç, 2011: 93).



Şekil 3.5. İnce film yapıdaki güneş paneli (Kocaaslan, M., 2018).

Üçüncü Nesil Teknolojileri: Üçüncü kuşak teknolojileri olarak isimlendirilen bu teknolojilerin, avantaj ve dezavantajları vardır. Üretkenliği %20 ile %30 arasında değişen bu teknolojilerin, üretim maliyetinin pahalı olması kullanımına az da olsa engel teşkil etmektedir (Dağlı, E., 2018).

3.2.2. Isıl güneş teknolojisi

Bu teknolojiye, güneş enerjisinden ısı depolanmakta ve bu ısının ya direkt ya da elektrik enerjisine dönüştürülerek kullanılması amaçlanmaktadır. Maliyeti düşük ve kolay kullanılabilir olduğundan daha çok tercih edilir (Ç.K.A, 2010). Isıl güneş teknolojileri kendi aralarında 2'ye ayrılmaktadır. Bunlar;

1. Güneş kolektörleri
2. Yoğunlaştırıcı sistemler

Vakum-tüp güneş kolektörleri, düzlemsel güneş kolektörleri, su arıtma sistemleri, ürün kurutma sistemleri, sera sistemleri, güneş bacaları, güneş ocakları, güneş havuzları ve güneş mimarisi düşük sıcaklık sistemlerindedir (YEGM, 2019). Günümüzde bu teknolojiyi çeşitli şekilde kullanmaktadırlar. Bunlar; güneş kolektörleri, güneş ocakları, güneş enerjili damıtma

sistemleri, parabolik oluklu sistemler, fresnel oluk sistemleri, noktasal yoğunlaştırıcı sistemleri, güneş güç santralleri, parabolik çanak sistemleri, güneş bacalı güç sistemleri vb. türleri bulunmaktadır.

Güneş kolektörleri

Güneş kolektörü, güneş ışınlarının emilimi (absorbe) yoluyla toplayarak ısı enerjisiye dönüştüren ve bir akışkana aktarım için planlanmış sistemlerdir. Kullanılan akışkan, yapısına ve metoda bağlı olarak çeşitli türleri vardır. Güneş kolektörünün görevi, güneş ışınımını ikincil bir devreye faydalı ısı enerjisi olarak aktarmaktır (Anadolu üniversitesi, 2012:8). Bu sistemler emilimin yaptığı güneş ışınımını yaklaşık %90'ını enerjiye çevirmektedir. Bu enerjiyi seraları ısıtılmasında, yüzme havuzların ısıtılmasında, evlerde sıcak suyun ısıtılmasında kullanılmaktadır. Bu kolektörlerin ışık geçirgenliği %75 ile %90 arasında değişebilmektedir. Bu da ısı enerjinin üretkenlik değerlerini etkilemektedir. Üretkenlik değerleri; sistemin üzerini örten camın kalınlığına, kolektör sisteminin konumuna, güneş ışınlarının geliş açısına, kullanılan absorbanın (emilim yüzeyi) özelliğine bağlı olarak değişmektedir (Ceylan ve Gürel, 2017).

Yoğunlaştırıcı sistemler (CSP)

Bu sistemler, alternatif enerji kaynağı ya da elektrik enerjisi olarak kullanılmaktadır. Aynalar ve bu aynalara bağlı güneş izleme sistemleri aracılığıyla geniş bir bölgeye düşen güneş ışınlarını oranla küçük bir alana yansıtma temeline dayanır. CSP teknolojisi 2007-2010 yılları arasında durgunluğa girmiş ve ardından yüksek kapasitede eklenen 740 megawattlık bir artışla tekrar canlılığını yakalamıştır. Yıllarca süren resesyona (durgunluk) ardından, 2007-2010 yılları arasında eklenen 740 MW'lık kapasite artışı ile yeniden canlanmıştır. Söz konusu kapasite artışına yönelik kurulumların yarısından fazlası 2010 yılı içinde gerçekleştirilmiştir (Kaplukan, E., 2014).

3.3. Dünya Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Uygulamaları

Alternatif enerji kaynakları arasında diğer enerji kaynaklarına nazaran önem arz eden güneş enerjisi, küresel ısınmaya neden olmayan enerji kaynakları arasında yer almaktadır (Kaplukan, E., 2014). Güneş enerjisi, dünya üzerinde en büyük ve tükenmeyen enerji kaynakları arasındadır (Nkuriyngoma, O., 2018). Bu enerji, güneşin çekirdeğinde bulunan birleme tepkimesi olarak adlandırılan H_2 gazının He gazına dönüşmesi olayı sonucunda ortaya çıkan ışıyım enerjidir (Koç, E., Kaya, K., 2015).

Dünyada devamlı olarak artış gösteren nüfus ve bununla beraber artan enerji ihtiyacını temin etmek için var olan kaynakların yetersiz kalması neticesinde bu ihtiyacı karşılamak için yenilenebilir enerji kaynakları arasında güneş yer almaktadır. Güneş enerjisini teknolojik açıdan kullanım alanlarını ve çevresel açıdan dikkate alınması gerekliliği, karbon kaynaklı enerjilerin tüketimi sonucunda doğada geri dönülmesi imkânsız zararlar ortaya çıkmasını engellemek ve insan sağlığını korumak amacıyla alternatif enerji (güneş) kaynaklarına gereksinim vardır. Ekolojik doğanın zarar görmesinin önüne geçmek için, meydana gelen zararın minimum seviyede tutulması, dünya genelinde asit yağmurların yağmasının önüne geçilmesi, buzulların erimesine engel olunması, karbon salınımının azaltılması vb. nedenleri bertaraf edilmesi gerekmektedir.

Dünya genelinde başlıca yenilenebilir enerji kaynakları arasında güneş, hidrojen, biyokütle, rüzgâr, hidrolik, dalga, jeotermal vb. kaynaklar bulunmaktadır. Dünya, elektrik enerjisi üretiminde alternatif enerji kullanımı açısından doğaya zarar vermemesi ve kendi tabii usulleriyle tükenmeyen enerji üretilmesi bakımından önemli bir yere sahiptir. Bu tükenmeyen kaynaklar arasında güneş enerjisinin önemi yadsınamaz. Alternatif kaynaklar arasındaki Dünya genelindeki güneş enerjisi kullanım durumuna bakıldığında Amerika Birleşik Devletleri olmak üzere Schengen ülkeleri ve Çin ilk sıralarda yer almaktadır. Bu güneş enerjisi teknolojisini kullanan dünya ülkelerine bakıldığında bazı ülkeler güneş ışınları potansiyeli bakımından öne çıkarken, bazıları ise sahip oldukları teknoloji kullanımı ve birikimiyle öne çıkmaktadırlar (Ali, K., ve diğerleri, 2018).

Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı (IRENA) Yenilenebilir enerji Kapasitesi İstatistikleri 2019 verilerine göre, dünyada 2018'de yenilenebilir enerjide kurulu güç bir önceki yıla göre %7,9 artarak 2378 MW'a kadar yükseldi. 2018 yılının sonlarına doğru

toplamda 100 GW güneş (PV) kurularak yenilenebilir enerjinin %55'ini oluşturdu (World Energy Council, 2019).

Yenilenebilir enerji kaynağı arasında önemli bir yere sahip olan güneşin aşağıdaki Şekil 3.6.'ta güneş enerjisi kurulu güç sıralaması verilmiştir. Buna göre Türkiye'nin önünde olan dünya ülkeleri sırasıyla şunlardır. Çin 131 GW, Amerika 51 GW, Japonya 49 GW, Almanya 45,5 GW, İtalya 19,7 GW, Hindistan 18,3 GW, Birleşik Krallık (İngiltere) 12,7 GW, Fransa 8 GW ve Türkiye ise 5,095 GW olarak güneş enerjisi kurulu gücü bulunmaktadır.

Sürdürülebilir enerji alanındaki çalışmalar, son dönemde dünya genelinde artan nüfus oranı ve gelişen teknolojiyle beraber çok önemli yatırımlar yapılmıştır. Bu yatırımların arasında güneş enerjisi gelmektedir. Güneş enerjisi kurulu teknolojisinde gelişmiş bu ülkelerin başında Çin başta olmak üzere Amerika, Almanya ve diğer ülkeler gelmektedir. Türkiye güneş enerji kurulu gücü sıralamasında sayılı ülkeler arasında yerini almaktadır. 2018 yılı sonunda kurulu gücü 5,095 GW'a yükselterek enerji üretimi içerisindeki %2,5 kadar artırmıştır (E.T.K.B, 2019).

Dünya genelinde bakıldığında yenilenebilir enerji kaynakları arasında %57,5 hidroelektrik, %23,4 rüzgâr enerjisi, %12,5 ile güneş enerjisi geri kalan %6,6 ise diğer enerji kaynaklarıdır (Uçar, T., M., 2017).

Güneş enerjisinin dünya üzerinde birçok uygulama alanları vardır. Bunlardan en çok fotovoltaik (güneş pilleri), su ısıtıcıları, maliyeti düşük olan solar fırınlar vb. alanları mevcuttur. Çin, Amerika, Japonya gibi dünyanın ileri gelen ülkeleri güneş enerjisi alanında ileri gitmişlerdir. Güneş enerjisi teknolojisinde gelişen ülkelere bakıldığında endüstriyel sanayide, konutlarda, işyerlerinde, iletişim araçlarında, elektrik enerjisi üretiminde, askeri alanlarda ve özel amaçlarda kullanılmaktadırlar (Akkaya, S., 2007).

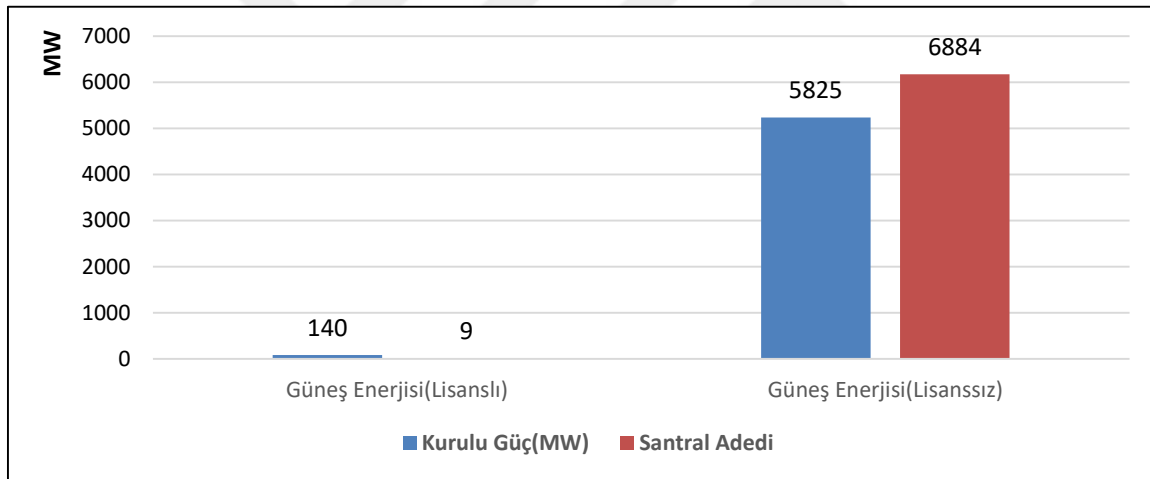
3.4. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Uygulamaları

Ülkemizin konumu itibarıyla güneş enerji potansiyeli, bölgelere göre dağılımı açısından güneş enerjisi teknolojileri uygulamalarına uygun bir ülkedir. Ülkemizin dünyadaki konumuna bakıldığında sıcak kuşakta yer aldığı görülmektedir. Bu da ülkemizin güneş enerjisi kapasitesi bakımından diğer ülkelere göre avantajlı olduğu anlamına gelmektedir (Tunçbilek, F., Ö., 2015). Ülkemiz alternatif enerji kaynağı olan güneş enerjisi açısından iyi bir potansiyele sahiptir. Yapılan ölçümlere göre ülkemizin %60'ından fazlası yılın 10 ayı, diğer %35-40'ı ise 12 ay boyunca güneşten yararlandığı görülmüştür (Buldum, Külekçi 2008).

Günümüzde güneş enerjisi sistemlerinden çok çeşitli alanlarda kullanılması ve değişik biçimlerde faydalanılmasıyla birlikte elektrik enerjisi üretiminde farklı teknolojiler kullanılmaktadır. Bu teknolojilerin başında güneş kolektörleri ve yoğunlaştırıcı ısı güneş teknolojileri (CSP) gelmektedir.

Güneş kolektörlerinin kullanım alanlarına bakıldığında kullanım şekli sıcak (termal) su ısıtma şeklindedir. Günümüzde hala kullanımı olan bu kolektörlerin 2018 yılındaki toplam alanı 20.200.000 m² olarak Enerji Bakanlığının verilerine yansımıştır (Varınca, K. B., ve Gönüllü, M. T., 2006). Ekseriyette ülkemizin Güneydoğu Anadolu Bölgesi, Ege Bölgesi ve Akdeniz Bölgesinde kullanılan bu sistemler, yılda yaklaşık 876.720 TEP (Ton Eşdeğer Petrol) enerji üretimi gerçekleştirmektedir (ETKB, 2019).

2019 Aralık yılındaki güneş enerjisi santral sayısı 6.884 adet olup bu santrallerin lisanssız santral sayısı 6.875 adet, kurulu gücü 5.825 MW; lisanslı santral 9 adet, kurulu gücü ise 170 MW olmak üzere toplamda güneş enerjisi kurulu gücümüz 5995 MW'a kadar ulaşmıştır.



Şekil 3.6. Türkiye’de güneş enerjisi kurulu gücü ve santral sayısı (ETBK, 2019).

Türkiye’de güneş panelleri (fotovoltaik piller) uygulaması ise; elektrik şebekesinin olduğu yerlerde ya da şebekenin olmadığı yerleşim yerlerinden uzak yerlerde ve maliyeti düşük olduğundan kullanılmaktadır. Bu nedenle istenilen güçte kurulmaları takdirde küçük köy yerleşkelerinde, otoyol ışıklandırılmasında, trafik lambalarında, şebekenin ulaşmadığı yerleşkelerinin tarla, bağ, bahçe vb. sulama pompalarının çalıştırılmasında uygulama alanları bulunmaktadır (Varınca, K. B., ve Gönüllü, M. T., 2006).

3.5. Güneş Enerjisi Avantaj ve Dezavantajları

Enerji kaynaklarının hemen hemen hepsi gerek iletim yoluyla gerek kullanım amaçlı olsun habitat alanlarını ve doğayı etkilemektedir. Özellikle de karbon kaynaklı enerji kaynaklarının kullanımı su, hava, toprak ve daha ötesi ekosistemi tehdit eder hale getirmiştir. Bu amaçla tez konusunda ele alınan alternatif enerji kaynakları arasında önemli bir yere sahip olan güneş enerjisinin olumlu ve olumsuz yönlerine aşağıda yer verilmiştir.

3.5.1. Güneş enerjisinin avantajları

Güneş enerjisinin doğada sürekli bulunması, sürdürülebilir olması, alternatif enerji kaynağı olması, üretim sisteminin kurulum kolaylığı (Ataman, R., A., 2007).

Bu alternatif enerjinin kolay işletilmesi, modüler olması, herhangi bir yakıt sorununun bulunmaması (Ataman, R., A., 2007).

Güneş enerjisi, yerine (ikamesi) kullanılabilen diğer karbon kaynaklı (fossil) yakıtların sera etkisi oluşturmaya gaz emisyonlarının ve diğer zararlı (kimyasal) atıklara engel olarak doğanın korunmasına yardımcı olur (Karataş, S., 2009).

Güneş enerjisi sistemlerinde doğayı kirleten SO₂ (kükürt dioksit), kimyasal atıklar, duman, zararlı ışın (radyasyon) vb. olumsuz şeyler bulunmamaktadır (Urgun, N., 2015).

Güneş enerjisi santrallerinin bulunduğu yerin istihdamına yani işsizliğe çözüm olması ve sosyo-ekonomik yönden o bölgenin kalkınmasına katkı vermesi (Urgun, N., 2015).

Güneş enerjisi sistemleri malzeme yapısı sağlam olduğundan, hava koşullarına karşı koyabilmektedir (Karalı, Ş., 2017).

Güneş sistemi santralleri tarafından üretilen elektrik ile enerji ihtiyaçlarımızın karşılanacağı ve elektrik maliyetinin düşmesi söz konusu olacaktır (Gürbüz, D., 2018).

Güneş enerjisi, elektrik şebekesinin ulaşmadığı yerlerde elektrik enerjisi üretip su kaynaklarının bulunduğu yerlerde su arıtım sistemi kurarak su kirliliğini önlemek (Gürbüz, D., 2018).

Güneş enerjisi sistemleri su ve toprağın kalitesine katkı sağlar (Çeçen, M., 2018).

Enerji ithalatının azaltılması ve yurt içi ve yurt dışı gayri safi milli hasılaya katkısı, enerji arz güvenliğinin sağlanması ve enerji kaynaklarının çeşitlendirilerek artırılması, kırsal yerleşkelerde elektrik iletim hattının hızlandırılması gibi avantajları vardır (Çeçen, M., 2018).

Güneş enerjisine ekonomik yönden bakıldığında pasif yöntemle binaların ısıtılmasında, tarım ürünlerinin kurutulmasında ve seraların ısıtılmasında, küçük hidrolik pompalarının çalıştırılmasında, güvenlik sistemlerinde faydalanılmaktadır (Yılmaz, S., S., 2018).

Sera gazlarının yaklaşık %20 oranında azaltılmasında, toplam enerji tüketiminin azaltılarak alternatif enerji oranının artırılmasında katkısı vardır (EPIA, 2009, s. 1).

3.5.2. Güneş enerjisinin deavantajları

Güneş enerjisi kaynağı her ne kadar sınırsız da olsa doğal halinde yoğunluğunun az olması, normal kullanım şartların da yoğunlaştırıcı sistemlerine gereksinim duyabilmektedir (Ataman, R., A., 2007).

Güneş santrallerinin kurulduğu alanın elektrik şebekesine uzaklığı bazı uygulamaları zorlaştırmaktadır (Ataman, R., A., 2007).

Kurulum maliyeti yüksektir.

Güneş enerjisi depolama ünitelerinin fazla yer kaplamaları ve merkezi ısıtmalar için kullanılan büyük ölçekteki sistemler, doğal değişmelere neden olabilirler (Karataş, S., 2009).

Güneş enerjili sistemlerde ısı enerjilerinin soğutulmasında kullanılan dielektrik sıvılara ihtiyaç vardır. Bu sıvılar 2-4 yıl arayla değişimi yapılmalıdır. Bu soğutma sıvılarının bir kısmı su karakter olmakla beraber inhibitör (kimyasal maddelerin etkinliği azaltan madde) ve antifriz madde bulunmaktadır. Bu sıvıların içeriğinde nitrat, kromat ve sülfat bileşikleri bulunma olasılığı vardır (Karataş, S., 2009).

Havanın durumuna bağlı olarak verimin kalitesinde dalgalanmalar olabilir (Urgun, N., 2015).

Büyük güneş aynalarının güneş ışınlarını yüksek ısıyla güneş kulelerine yansıtması nedeniyle habitat ve doğal çevre zarar görmektedir (Karalı, Ş., 2017).

Güneş panellerinin üzerine gelen bir toz bile güneş ışığın hücrelerinin bir kısmını kapatacağı için üretkenliğini önemli ölçüde etkileyecektir (Gürbüz, D., 2018).

Güneş enerjisinin kullanımını diğer gaz, sıvı, katı vb. yakacıklara göre daha zor ve maliyetlidir (Evli, S., 2018).

Bazı alanlarda görüntü kirliliği oluşturmaktadır. Enerji depolamaya ihtiyaçlarına gereksinim duyarlar (Evli, S., 2018).

Tarım arazisine kurulan ve tarım arazisi değeri taşıyan alanlara güneş santralleri kurulması tarım arazilerinin verimsiz olmasına ve toprağın azalmasına neden olmaktadır (Çeçen, M., 2018).

Güneş panellerinin zaman korozyona uğraması sonucunda ortaya çıkan zararlı maddeler toprağı kirletmekte ve sucul ekosisteme zarar vermektedir (Çeçen, M., 2018).

Güneş enerjisi santrallerinin kurulumu esnasında zemine sıkılaştırma uygulanarak su kanallarının bozulmakta, su akımının yönü değişmekte ve toprağın yapısı değişerek erozyona sebebiyet verilmektedir (Çeçen, M., 2018).

Fotovoltaik sistemlerin üretilmesi aşamasında oluşan kimyasal maddeler, suya karışarak su kirliliğine sebep olmaktadır (Çeçen, M., 2018).

3.6. Güneş Enerjisi Yasal Mevzuatı ve Yatırım Teşvikleri

Yenilenebilir enerji kanunu (YEK) yatırımlarının geliştirerek çoğaltılması ve ekonomiye kazandırılması, ekolojinin koruma altına alınması, geri dönüşümlerin (atık) değerlendirilmesi, çeşitli enerji kaynaklarının arttırılması ve ithalata bağlı enerji miktarının azaltılması ve enerji kaynaklarına yönelmek maksadıyla Türkiye’de çeşitli teşvik mekanizmaları geliştirilmiştir (Çeçen, M., 2018).

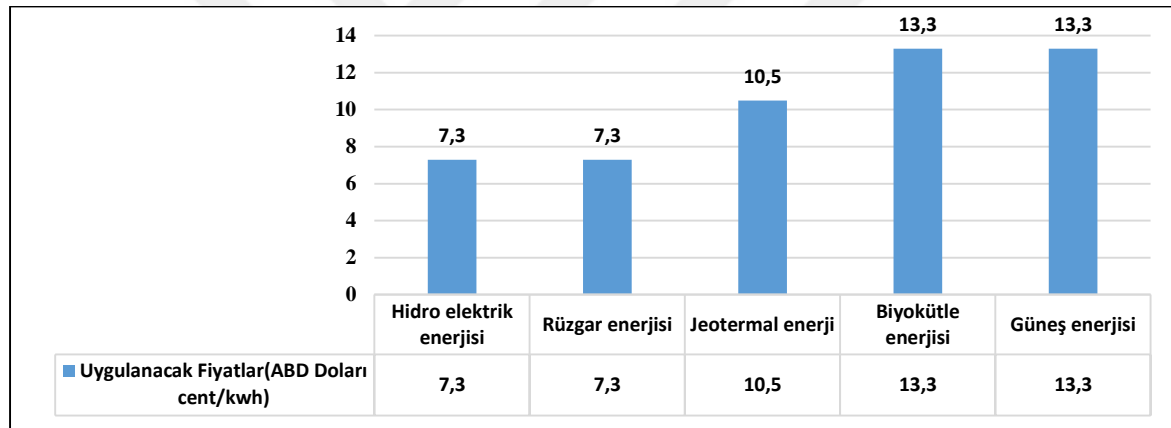
Türkiye’de alternatif enerji kaynaklarına teşvik edici uygulamalar 5 Mayıs 2005 yılında başlamış ve yapılan yeni yasal düzenlemelerle hız kazanmıştır. Ülkemiz gelişmiş ülkeler ile karşılaştırıldığında alternatif enerji kaynaklarına yönelik teşviklerde ve yasal düzenlemelerde geri kalmış görünmektedir (Evli, S., 2018:63).

Türkiye’de güneş enerjisi mevzuatı alternatif enerji kaynaklarıyla birlikte ele alınmıştır. Yasal mevzuat içeriğinde güneş enerjisiyle ilgili birtakım düzenlemeler bulunmaktadır. Bunlardan bazıları; “5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun”, “6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu”, “Rüzgâr ve Güneş Enerjisine Dayalı Üretim Tesisi Kurmak Üzere Yapılan Ön lisans Başvurularına İlişkin Yarışma Yönetmeliği”, “Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik”, “Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği”, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) ve Enerji Piyasası Denetleme Kurulu (EPDK) kararları yasal mevzuatı oluşturan önemli düzenlemelerdir (Çeçen, M., 2018).

Türkiye’de, YEK (yenilenebilir enerji kaynakları) yönelik teşvik ve destek mekanizması uygulamaları 10.05.2005 tarih ve 5346 sayılı ile “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanuna” göre belirlenmiştir.

Ülkemizde mevzuat gereği uygulanan sabit fiyat garantisi, gümrük ve katma değer vergi (KDV) muafiyeti, Enerji satın alma garantisi, sigorta primi payı desteği, yatırım yeri tahsis, gelir vergisi stopaj desteği vb. teşvikler kamu tarafından verilmektedir (Uçar, S., 2018). 5346 sayılı yasal mevzuat gereği verilen kanunun temel amacı; alternatif enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretiminin yaygınlaştırılması, bu enerji kaynaklarının güvenli ve kaliteli bir şekilde milli ekonomiye kazandırılması, kaynak türlerinin artırılması, atmosferik zararlı gazların azaltılması, faydalı atıkların değerlendirilmesi, doğanın korunması ve geliştirilmesidir (5346 sayılı Kanun, 2005).

5346 sayılı kanun kapsamında yenilenebilir enerji politikalarına yönelik teşvik kapsamında yer alan enerji üretim sahipleri, ürettikleri enerjinin gerekli iletim ve dağıtım hattına göndermeleri durumunda aşağıda verilen güneş enerjisi alım fiyat garantisi 31.12.2020 tarihine kadar sürecektir.



Şekil 3.7. Yenilenebilir enerji kaynaklarında uygulanan alım fiyatları (Yenilenebilir enerji kanunlarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımına ilişkin kanun, 2005: Madde 15).

Ayrıca güneş enerji santralleri lisans sahibi kişilerin 5346 sayılı kanun kapsamında alternatif enerji kaynaklarına yasal süre içerisinde işletmeye giren santrallerde kullanılan elektronik ve mekanik aksamaların yurtiçinde üretilmesi halinde santralin işletmeye başlamasından 5 yıl boyunca aşağıda Çizelge 3.2.'de belirtilen fiyatlara ilave edilerek gerekli teşviklerden yararlanması söz konusu olacaktır.

Çizelge 3.2. Güneş santrallerinin kurulumunda teşvik kapsamında yer alan malzemeler (Yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımına ilişkin kanun, 2010: Madde 9).

TESİS TİPİ	YURTIÇİNDE İMALATI YAPILAN MALZEMELER	YERLİ KATKI İLAVESİ (ABD doları CENT/kWh)
Fotovoltaik Güneş Enerjisine Dayalı Üretim Tesisi	PV panel entegrasyonu ve güneş yapısal mekaniği imalatı	0,8
	PV modülleri	1,3
	PV modülünü oluşturan hücreler	3,5
	İnvertör	0,6
	PV modülü üzerine güneş ışınını odaklayan malzeme	0,5
Yoğunlaştırılmış Güneş Enerjisine Dayalı Üretim Tesisi	Radyasyon toplama tüpü	2,4
	Radyasyon toplama tüpü	0,6
	Güneş takip sistemi	0,6
	Isı enerjisi depolama sisteminin mekanik aksamı	1,3
	Kulede güneş ışınını toplayarak buhar üretim sisteminin mekanik aksamı	2,4
	Stirling motoru	1,3
	Panel entegrasyonu ve güneş paneli yapısal mekaniği	0,6

Yasal mevzuata uygun bir şekilde verilen teşvikler sadece karbon kaynaklı yakıtların doğaya vermiş olduğu zararları minimize etmek değil, bunun ötesinde ekonomik ve siyasi nedenleri de bulunmaktadır. Bu nedenlerden bazıları; küresel ısınmayla mücadele, enerji arz güvenliğinin sağlanması, rekabet ortamından yararlanma vb. vardır.

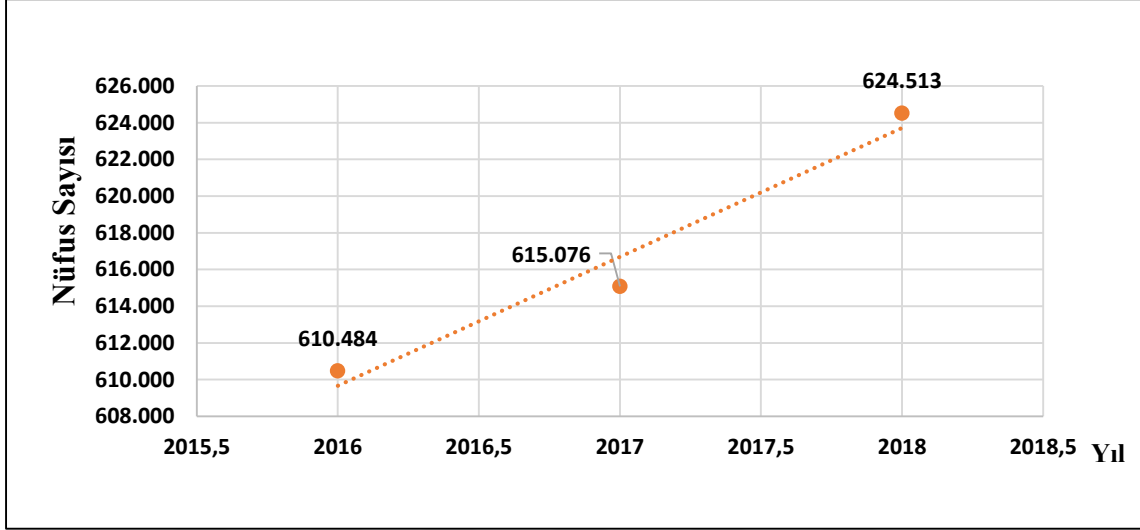
Türkiye, güneş enerjisinden elektrik üretiminde, tarife garantisi (feed-in tarif) teşvik sistemini seçmiştir (İraz, R., ve diğerleri, 2010). Bu tarife, devlet, enerji ile ilgili yetkilileri, alternatif enerji kaynaklarından elde edilen elektriği, piyasa fiyatı üzerinden 20-25 yıl boyunca almayı zorunlu kılmaktadır (EPIA; 2009, s.18).

Ayrıca, lisanssız elektrik üretim santral ve tesisleri için üst sınır 1 MW iken bu sınır 12.05.2019 itibarıyla 5 MW çıkarılmıştır (EPDK., 2019).

3.7. Adıyaman İli Güneş Enerjisi Potansiyeli, Yatırımlar ve Hedefler

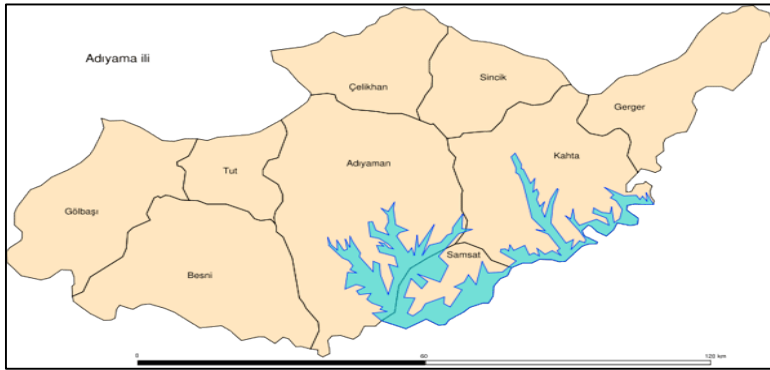
Adıyaman ili, coğrafi konum itibarıyla güneydoğu Anadolu bölgesinin orta Fırat bölümünde yer almaktadır. Konumu itibarıyla Doğu Anadolu bölgesiyle iklimsel bir geçiş vazifesi görmektedir. Bölgenin batı kesimleri Akdeniz ikliminin etkisi altındadır. Bundan dolayı bitki örtüsü kompleks yapıya sahip olmakla beraber bu komşu bölgelerin iklimsel karakteristik özelliklerini yansıtmaktadırlar (Kallioğlu, A., M., 2017).

Deniz seviyesinden yüksekliği 669 m olup yüksekliği yer yer 1000 m bulmaktadır. Toplam alanı 7614 m²'dir. Toplam nüfusu Şekil 3.8'de belirtilmiştir.



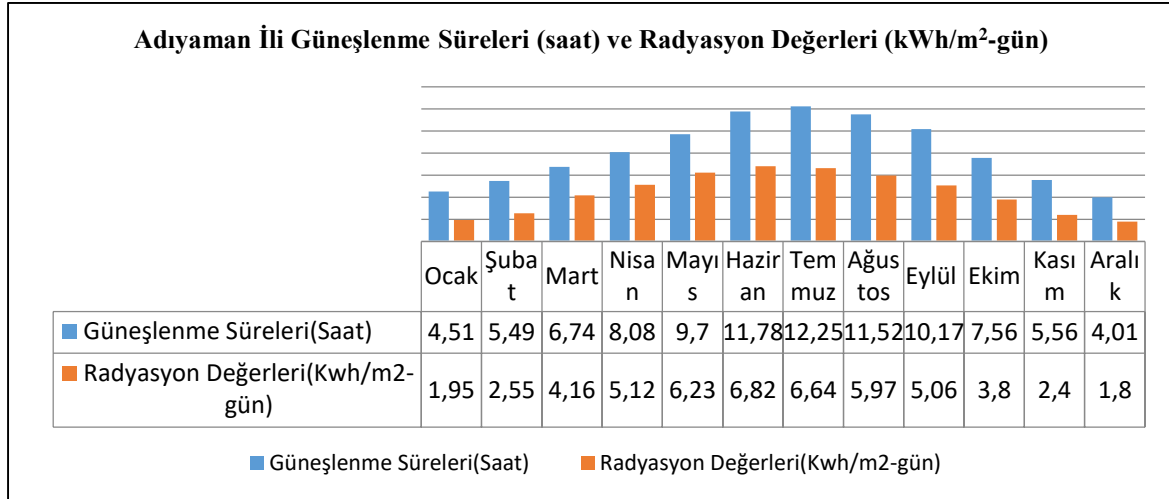
Şekil 3.8. Adiyaman ili toplam nüfusu (TÜİK, 2019).

Adiyaman'ın iklimi birbirinden farklı özellikler göstermektedir. Kuzeyinde yer alan Çelikhan ve Gerger ilçelerinde Doğu Anadolu iklimi görülürken Batı tarafında yer alan Besni ve Gölbaşı ilçelerinde Akdeniz iklimi görülmektedir. Genel olarak yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk ve yağışlı olmaktadır.



Harita 3.2. Adiyaman ili haritası (Adiyaman valiliği, 2019).

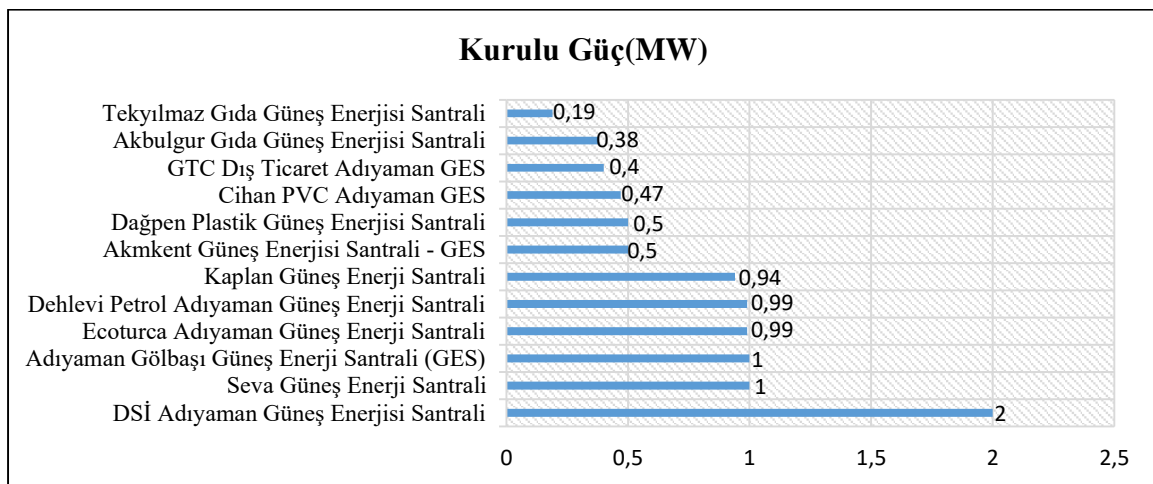
Atatürk barajının yapımının tamamlanmış olmasıyla beraber iklimsel bir yumuşama yaşayan Adiyaman, nem oranı da artmıştır. Adiyaman ilinin hakim rüzgar yönü kuzey batı, kuzey yönlüdür. Adiyaman ilinin artan nem oranına istinaden sıcaklık değerlerine bakıldığında yaz aylarında yıllık ortalama sıcaklık 17,3°C, yıllık ortalama en yüksek sıcaklık 23°C, yıllık güneşlenme süresi ise 97,3 saattir (MGM, 2019).



Şekil 3.9. Adıyaman ili güneşlenme süreleri ve radyasyon ışınım değerleri (ETKB, 2019).

Adıyaman güneşlenme süreleri dikkate alındığında var olan enerji potansiyeli de kavranmış olunacaktır. Adıyaman ilinin güneş ışınım (radyasyon) değerleri ve güneşlenme süreleri Şekil 3.9' da gösterilmiştir. Bölgesel olarak bakıldığında Güneydoğu Anadolu'nun toplam güneşlenme süresi 2993 saat olarak ölçülmüştür.

Şekil 3.10'da verilen veriler ışığında Adıyaman ilinin güneşlenme süreleri yaz aylarında en yüksek seviye olurken kış aylarında bu değer azalmıştır. Aynı şekilde radyasyon ışınım değerleri de buna paralellik göstermiştir. Adıyaman'ın güneş enerjisi yıllık potansiyelinin bölgesel olarak Şanlıurfa'dan sonra gelmesi hem yatırım faaliyetlerin hem de kullanım alanlarının da genişlemesine neden olmuştur. Bu kullanım alanları genellikle termal su, sera ısıtma ve elektrik enerjisi üretimi şeklinde olup faaliyet yerleri de Şekil 3.11'de verilmiştir.



Şekil 3.10. Adıyaman ilinde aktif olarak faaliyet gösteren GES firmaları (Enerji Atlası, 2019).

Adıyaman bulunan aktif faaliyet gösteren firmaların sayısı 28 adet olup güneş enerjisi kurulu gücü 248 MW 'tır. Bu santraller yıllık 675 GW elektrik enerjisi üretmektedirler (Enerji Atlası, 2019). Adıyaman enerji profili şu şekilde gösterilebilir.

Çizelge 3.3. Adıyaman enerji santrali profili (Enerji Atlası, 2019).

Aktif Santral Sayısı	28
Kurulu Güç	248
Kurulu Güce Oranı	0,31%
Yıllık Elektrik Üretimi	675
Türkiye Tüketimine Oranı	0,26%
Lisans Durumu	16 lisanslı, 12 lisanssız

Bu faaliyetlerin yanı sıra Adıyaman ilinin tarımsal sulama projesiyle güneş enerjisine ilgi artmıştır. Özellikle güneş santrallerinden üretilen elektrik enerjisiyle beraber enerji maliyeti düşürebilmek için bazı hedef projelere imza atılmıştır. Bu projelerden en önemlilerden bir tanesi de Adıyaman Üniversitesi tarafından yapılan ve Koordinatörlüğünü Doç. Dr. Abdulcelil Buğutekin'in gerçekleştirdiği "Güneşin Göz Yaşları" projesidir. Bu proje, güneş enerjisine ilgiyi daha da arttırarak gelecek projeler ve nesiller adına önemli olmuştur.

Bölgesel var olan enerji kaynaklarını değerlendirme açısından Adıyaman ili zengin petrol kaynaklarına sahip olmakla beraber güneş enerjisi gücüne de sahiptir. Güneydoğu Anadolu sulama projesi (GAP)'nin kurulmasıyla adeta tarımsal merkez haline gelen Adıyaman ilinin tarımsal sulama imkânlarından yararlanmak ve mali kayıpları en aza indirmek için güneş santrallerinin kurulması ve bu enerji potansiyelin daha verimli kullanılmasıyla gerçekleşeceği aşikârdır. Adıyaman ilinde kurulan ve/veya kurulacak olan güneş enerji tesisleriyle, Türkiye'nin enerji ithalatının önüne geçilmesi ve yeni istihdam alanları oluşturularak hem bölgenin hem de ülkemizin ekonomisine katkı sağlanacaktır (Behçet, R., ve diğerleri, 2013).

4. ADIYAMAN İLİ DEVLET SU İŞLERİ (DSİ) TARAFINDAN GÜNEŞ ESASINA DAYALI OLARAK KURULAN SANTRALİN (GES) MALİYET ANALİZİ

2 MW gücündeki güneş enerjisi santralının ekonomik analizi yapılırken tüm gelir ve giderler göz önünde bulundurulmuştur. Santraldeki tüm ekonomik analizler Dolar (\$) bazında yapılmıştır. Çizelge 4.1 de verilen Güneş enerjili elektrik üretim santralının proje içeriği hesaplanırken maliyete dâhil olan ekipmanlar şu şekilde sıralanmıştır:

- 8000 adet 250 Watt solar polikristal panel
- Konstrüksiyon malzemeleri
- 2x50 kW adet evirici
- Uzaktan izleme sistemi
- Solar AC ve DC kablo
- Paratoner
- Arazi çevresi için hafriyat, tel çit vb.
- Çift yönlü elektrik sayacı (üç fazlı)

Çizelge 4.1. Güneş enerjili elektrik üretim santrali proje içeriği

PROJE İÇERİĞİ	
PV solar polikristal siklon 250 Watt	8000 adet
SMA Sunny Tripower 50 kW evirici	2x50=100 adet
Scada sistemi (kontrol izleme)	8 adet
Konstrüksiyon montaj yapısı	2 set
DC kablolama	42.000 m
Toplama panosu	2 adet
Tel örgü ve çit işlemleri	2250 m ²
Çevre ve toprak işleri	3000 m ³
Paratoner (yıldırımsavar)	10 adet
Video kamera sistemi	1 set
Trafo	2 set
Aydınlatma tesisatları	100 adet
Yangın söndürme sistemi	25 adet

4.1. Santrale İlişkin Genel Bilgiler

Proje konusu içerisinde yer alan güneş enerji santrali ve Adıyaman ilinin merkeze bağlı Doyran köyünde 50000 m²'lik marjinal (tarım niteliği bulunmayan) araziye kurulu olan bu santral, 1 MW+1 MW gücündeki on grid sistemden meydana gelmiştir. Sistem 8000 adet 250Wp gücünde güneş paneli ve 2x50 adet 30 kW AC gücünde evirici'den meydana gelmiştir. M40-d2 paftasında yer alan ve DSİ 20. Bölge Müdürlüğü tarafından kamulaştırılan

ve yaklaşık 39.000 m²'lik bölümünde 2 MW kurulu gücündeki santraldir. Bu santral, Türkiye'nin 1256. Adıyaman'ın 16. Büyük santrali arasında yer almaktadır. Adıyaman ili, Samsat ilçesinin sınırlarında yer alan bu santral, Atatürk Barajının yanında bulunan 2,8 hektar alanının sulama ihtiyacını ve elektrik giderlerini karşılayarak güneş enerjisinden elektrik üreten bir sistemdir (Anonim, 2015).

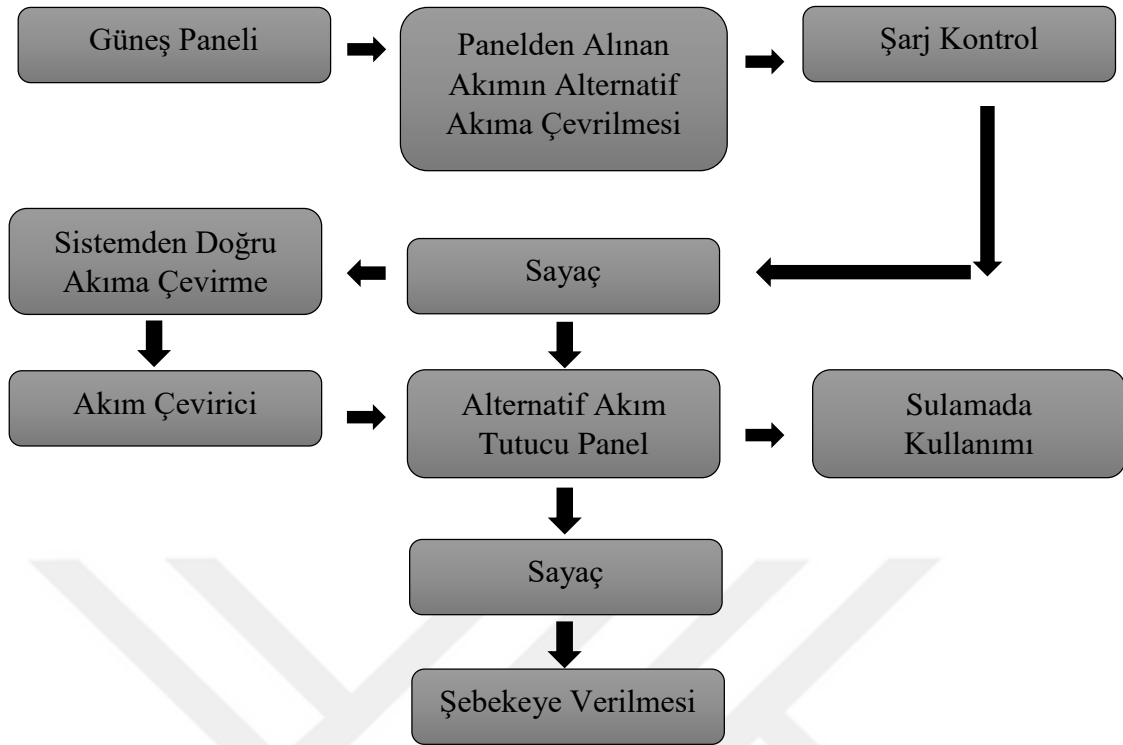


Şekil 4.1. Proje alanının yer krokisi (Anonim, 2015).

Şekil 4.1 de gösterilen proje alanının Adıyaman ilinde yer alan Çam Gazi barajı kamulaştırma kapsamında yer alan Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'ne ait alandır.

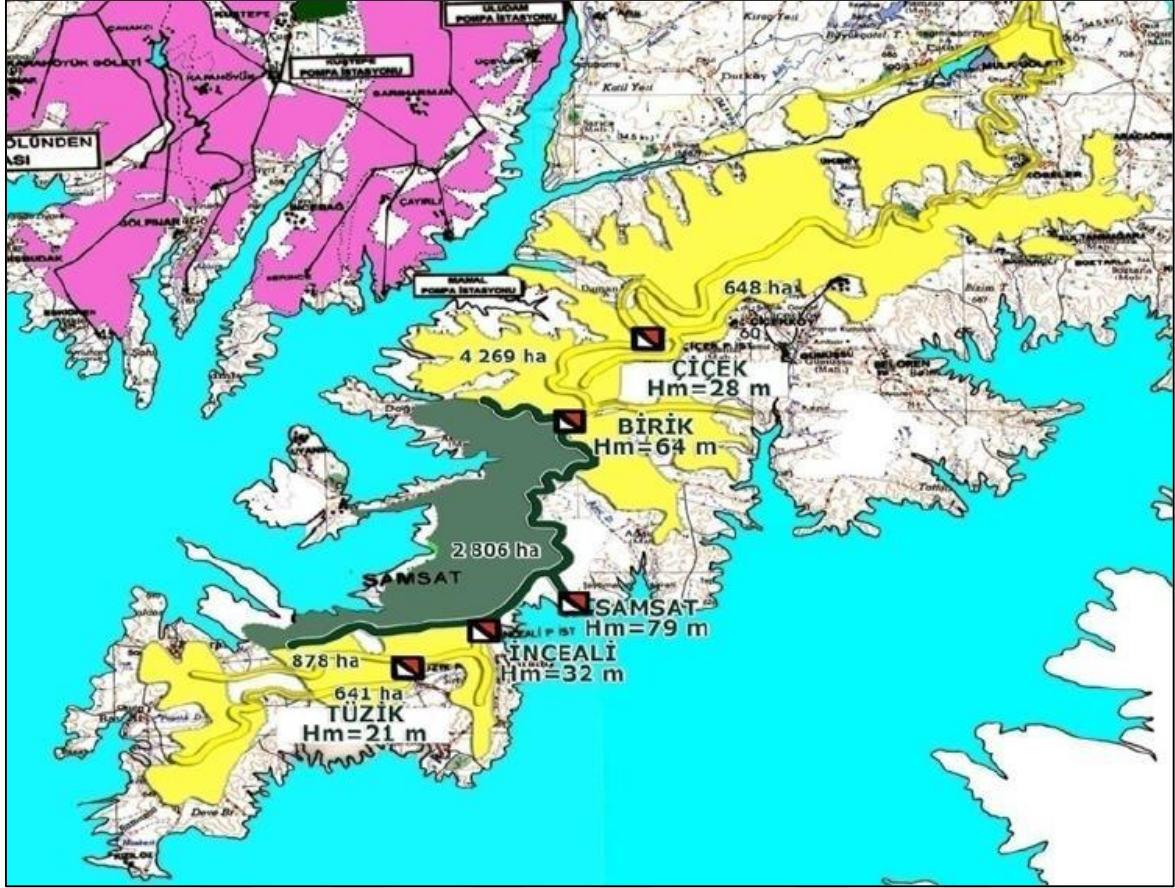


Resim 4.1. Adıyaman ili güneş enerji santrali genel görünümü (Fotoğraf: Aziz Artan, 2019).



Şekil 4.2. Güneş enerji santralinin iş akım şeması (Anonim, 2015).

Atatürk Baraj gölünün sağ tarafında Samsat ilçesi civarındaki arazilerin sulanması amacıyla Şekil 4.3'te gösterilen plan vaziyetinde 8337 hektar alanın sulanması amaçlanmıştır. Bugün itibariyle yeşil renk ile çizilen 2806 hektarlık alan bitirilerek tarım arazilerinin sulanmasına imkân tanınmıştır. Yapılan bu sulama Pompa istasyonunun basma yüksekliği 75 m, kanal uzunluğu 23994 m olup pompa gücü $2 * 2,5 = 5$ MW gücündedir. Tarımsal sulamadan yaralanan toplam çiftçi sayısı 350 civarındadır (Anonim, 2015).



Şekil 4.3. Adıyaman ili Samsat ilçesinin sulama vaziyet planı (Anonim, 2015).

Santralin üretim kapasitesi Çizelge 4.2.'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Adıyaman ili GES üretim kapasitesi (Anonim, 2015).

Konum	37°42'25" Kuzey	38°9'8" Doğu
Yükseklik		648 m
Kullanılan güneş radyasyonu veri tabanı		PV GIS-CMSAF
Sıcaklık ve düşük parlama nedeniyle tahmini kayıpları		% 11,5
PV sisteminin nominal güç		1,0 kW
Açısal yansıma etkileri nedeniyle tahmini kayıp		%2,6
Diğer kayıplar (kablolar, evirici vb.)		%5
Kombine PV sistem kayıpları		%18,1

MODÜL DÜZLEMİNDEN GİREN DC ENERJİ (%100)		
Gölgelenme %7	↓	Tozlanma %2
AC Kablo Kayıpları %0,5		Işınım %1,5
Uyumsuzluk %0,7		İnvertör %3
AC Kablo Kayıpları %0,5		Yansıma %2,5
Sıcaklık %4,6		DC Kablo Kayıpları %1
Spektrum %1		
ŞEBEKE ÇIKIŞINDA ÜRETİLEN AC ENERJİ (%76,2)		

Şekil 4.4. Fotovoltaik sistemin DC elektrik güç kayıpları (Eşref, 2013).

Çizelge 4.3. Güneş santrali üretim verileri (DSİ, 2019)

GÜNEŞ SANTRALİ ÜRETİM VERİLERİ (MW)								
AYLAR	2016		2017		2018		2019	
	PART 1	PART 2	PART 1	PART 2	PART 1	PART 2	PART 1	PART 2
OCAK			0,982260	0,103703	0,88802	0,8994	0,65531	0,68768
ŞUBAT			0,140632	0,146903	0,826400	0,93157	0,94697	0,100446
MART			0,138124	0,144413	0,139025	0,124623	0,122836	0,122133
NİSAN			0,167048	0,157234	0,155741	0,153728	0,142208	0,138961
MAYIS			0,175720	0,175910	0,146814	0,161425	0,177791	0,174427
HAZİRAN	0,174932	0,176406	0,193178	0,193253	0,159130	0,17119	0,180731	0,176354
TEMMUZ	0,196461	0,198237	0,198286	0,198653	0,179593	0,18288	0,192487	0,189361
AĞUSTOS	0,183113	0,182988	0,185866	0,186215	0,185933	0,187357	0,188345	0,184166
EYLÜL	0,187219	0,18851	0,169172	0,169358	0,163000	0,165295	0,184066	0,179783
EKİM	0,168911	0,169642	0,155990	0,155552	0,115528	0,122042	0,144805	0,140934
KASIM	0,134225	0,135033	0,105216	0,105078	0,818040	0,80517	0,12331	0,124994
ARALIK	0,7471	0,77202	0,104060	0,104427	0,537440	0,59625	0,66065	0,67073
TOPLAM	1,791961	1,822836	2,715552	1,840699	4,314664	4,50093	3,719509	2,889969

Çizelge 4.3'te santralin 2016-2019 yılları arasında enerji üretim verileri verilmiştir. Yıllara göre verilen verilerin ürettiği enerji miktarları Çizelge 4.3 incelendiğinde aynı olmadığı görülmektedir. Aynı şekilde, toplamda 2 MW olarak tasarlanan santralin Çizelge 4.3'te verilen verilerin üstünde bir kapasiteyle çalıştığı görülmektedir.

Güneş enerji santrali, 1+1 MW şeklinde iki ayrı üniteden meydana gelmiştir. Santralin maliyet bileşenleri ise;

Fotovoltaik sistemlerin toplam maliyeti, ilk yatırım, işletim ve bakım maliyetleri olmak üzere üç ana bileşenden oluşmaktadır. İlk yatırım maliyeti genel olarak; panel, montaj seti, arazi, konstrüksiyon, inşaat, kablolama, kurulum, trafo, işçilik ve nakliyat, sayaç, panolar, trafo kabinleri, tel örgü, evirici vb. donanım maliyetlerinden meydana gelmektedir. Santralin toplam ilk yatırım maliyetinin yaklaşık %60'ı fotovoltaik panellerinden meydana gelmektedir. İşletim ve bakım maliyetleri ise, sistemde arızalanan bazı fiziksel donanımların yenilenmesi, eviricilerin ortalama 10 yılda bir değiştirilmesi, yıllık sigorta bakım maliyeti ve panellerin temizlenmesi gibi bazı maliyet kalemlerinden meydana gelmektedir.

4.2. İlk Yatırım Maliyetleri

İlk yatırım maliyeti genel olarak, santrali işletmeye alınmadan önce enerji üretimine hazır duruma getirilmesidir. Fotovoltaik panel, montaj seti (konstrüksiyon), arazi, inşaat, kurulum, evirici ve diğer ekipman maliyetlerinden meydana gelen harcama kalemleridir (Kaya ve Koç, 2015, s. 64).

4.2.1. Fotovoltaik paneller

Fotovoltaik hücreler, güneş enerjisinden gelen ışınımı direkt elektrik enerjisine çevrilmesini sağlayan yarıiletken malzemeler olarak adlandırılmaktadır. Bu hücrelere güneş pilleri ismi de verilmektedir (Akbulut, A., 2018).

Adıyaman ili Doyran köyü yakınlarında yer alan santral, güneş enerjisinden elektrik üreten sistemin kurulumu için DSİ 20. bölge müdürlüğü tarafından ihalesi yapılan Güneş enerji santralının en büyük harcama kalemi arasında yer alan panelin modeli Axitec power AC-250p /156-60s 250W polikristal modeli kullanılmıştır. Santralin ilk yatırım maliyetinin yaklaşık %55-60'ını bu panel sistemi oluşturmaktadır.

Çizelge 4.4'te panelin DC elektriksel özellikleri verilmiştir. Standart şartlar altında AC-250p /156-60s 250W modülü şeklinde üretilen panelin hücre sayısı 60, maximum güç akımı (Imp) 7.98A, Maksimum güç gerilimi (Vmp) 31.45V, kısa devre akımı (Isc) 88.84A, Açık devre gerilimi (Voc) 37.75V, panelin normal çalışma hücre sıcaklığı 45°C olarak verilmiştir.

Çizelge 4.4. Panel DC Elektriksel Özellikleri

STC güç değerlendirmesi	250W
PTC güç değerlendirmesi	225,4W ¹
Birim alandaki STC gücü	153,7W/m ² (14,3W/ft ²)
Tepe verimliliği	15,37%
Güç toleransı	0%/+2%
Hücre sayısı	60
Nominal voltaj	Uygulanmaz
Imp	7,98A
Vmp	31,45V
Isc	88,84A
Voc	37,75V
NOCT	45°C
Sıcaklık Isc katsayısı	0,006%/K
Sıcaklık güç katsayısı	-0,44%/K
Sıcaklık gerilim katsayısı	-0,125V/K
Seri sigorta değerlendirilmesi	15A
Max. Sistem gerilimi	1000V

STC: Standart şartlar altında test koşulları anlamında kullanılmaktadır. Güneş panelinin normal şartlar altında ne kadar güç (P) üreteceğini gösterir. **PTC:** PVUSA test koşulları anlamına gelir. **Imp:** Maksimum güç akımı. **Vmp:** Maksimum güç gerilimi. **Isc:** Kısa devre akımı. **Voc:** Açık devre gerilimi. **NOCT:** Normal çalışma hücre sıcaklığı anlamına gelir.

2000 000 Wp olan sistemde kullanılacak PV modül sayısı (n);

$$n = 2000\ 000\text{W} / 250\ \text{Wp} = 8\ 000\ \text{adet PV panel sayımızı vermektedir.}$$

Güneş enerjisi santralinde panel maliyeti santralin büyüklüğüne göre değişebilmektedir.

Santralin arazisi hariç ilk yatırım maliyetinin güneş paneli maliyeti 0,40 \$/watt- 0,80\$/watt, işletim ve bakım maliyetlerinin ise yıllık 0,015 \$/watt olması öngörülmüştür.

Dolar kurunda hesaplanan yaklaşık maliyet:

$$\text{Güneş enerjisi panel maliyeti} = 2000\ 000\ \text{W} * 0,73\ \$/\text{watt} = 1\ 460\ 000\ \$$$

4.2.2. Güneş panellerinin I-V karakteristikleri

Normal bir güneş panelinin birbirine paralel ya da seri bağlanmış birden fazla panellerden oluşan sistemlerin özellikleri birbirine benzemektedirler.

Güneş panellerinin beş esas parametresi vardır. Bu parametreler ve sembolleri aşağıda listelenerek verilmiştir:

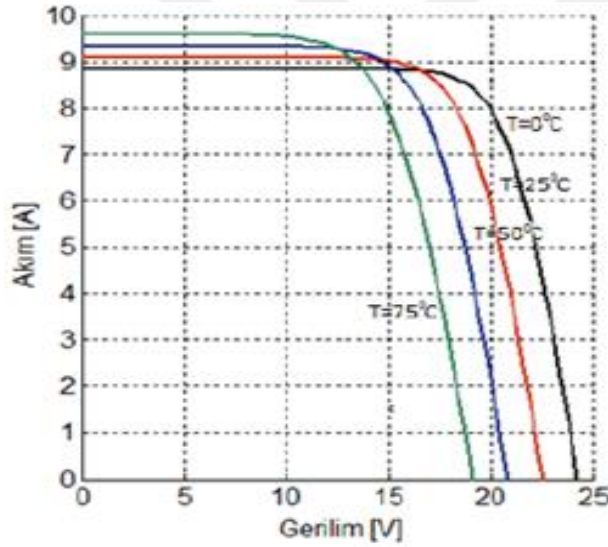
Voc : Açık devre gerilimi

I_{sc} : Kısa devre akımı
 P_{mpp} : Maksimum güç değeri
 V_{mpp} : Maksimum güç noktası gerilimi
 I_{mpp} : Maksimum güç noktası akımı

Güneş panelinin I-V karakteristiği sıcaklığa ve ışımaya bağlı olarak değişmektedir.

Sıcaklığın I-V Eğrisine Etkisi

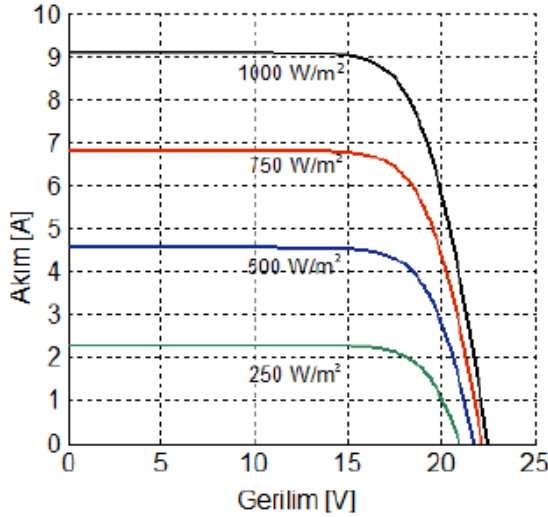
Güneş panelleri birden çok küçük hücrelerden oluşur. Bu hücreler ışımaya bağlı olarak sıcaklık ile değişmektedir. Sıcaklığı artan panelin açık devre gerilimi (V_{oc}) değeri azalır ve kısa devre akımı ise (I_{sc}) artar. Açık devre gerilimindeki azalma miktarı kısa devre akımındaki artış miktarından fazla olduğu için sıcaklık arttıkça panelden elde edilebilecek olan maksimum güç azalır.



Şekil 4.5. Değişik Sıcaklıklara Göre I-V Eğrileri (Kocaman, B., 2015).

Işınımın I-V Eğrisine Etkisi

Bir güneş panelinin I_{sc} ışınım ile doğru orantılıyken, V_{oc} ile artan ışımaya sadece az bir miktar artmaktadır.



Şekil 4.6. Değişik ışınım değerlerine göre I-V eğrileri (Kocaman, B., 2015).

4.2.3. Eviriciler ve Maliyeti

DSİ 20. bölge müdürlüğü tarafından Güneş enerjisi santrali projesi için Sunny Evirici Modeli STP Tripower 25000TL-30 gücünde 100 adet evirici'den meydana gelmiştir. Şebeke uyumlu AC elektriğin gerekli olduğu uygulamalarda, sisteme evirici eklenerek akümülatördeki DC gerilim, 220 V, 50 Hz.lik sinüs dalgasına dönüştürülür.

DSİ 20. bölge müdürlüğü tarafından Güneş enerjisi santrali projesi için Sunny Evirici Modeli STP Tripower 25000TL-30 gücünde 100 adet evirici'den meydana gelmiştir.



Resim 4.2. Evirici (Fotoğraf: Aziz Artan, 2019).

İnvertör gücü santralimiz için 30 kW gücünde olacak şekilde seri olarak tasarlanmıştır. İnvertör giriş gerilimi ise 1000 V DC, verimliliği % 98,5'dir. Çalışma aralığı ise - 25°C ile + 60°C tasarlanmıştır. Resim 4.2.'de verilen GES projesinde kullanılan İnvertör fotoğrafları verilmiştir. Bu projede kullanılan STP 25000TL-30 marka İnvertör'e ait teknik özellikler

çizelge 4.5.'te gösterilmiştir. Santralde kullanılan İvertör sisteminin kontrolü için kumanda sistemi (Scala odası) bölümü bulunmaktadır. Bu sistemlerde enerji depolama gereksinimi olmayıp yalnızca üretilen DC elektriğin, AC elektriğe çevrilerek şebekeye uyumlu hale getirmektir.

Çizelge 4.5 30 kW Gücünde İvertör'e Ait Teknik Özellikleri.

Özellikler	Değerler
Maksimum Verim	%98,5
Avrupa verimliliği	> %90
Maksimum DC gücü	25500W
AC anma gücü	25000W
AC güç frekansı	50 ile 60 Hz
Besleme aşamaları	3
Maksimum giriş gerilimi	1000V
Minimum giriş gerilimi	150V
Maksimum MPP gerilimi	800V
Minimum MPP gerilimi	390V
Maksimum MPP başına giriş akımı	33A
MPP giriş sayıları	2
Uzunluk	690 mm
Genişlik	665 mm
Yükseklik	265 mm
Ağırlık	61 kg
Koruma sınıfı	IP 65
Garanti	5 yıl
DC girişi	Sunclix Fiş
AC girişi	Yaylı klemens

Daha önce yukarıda belirtildiği üzere dolar kurları verilen değerler üzerinden hesap yapılmıştır.

1 adet evirici fiyatı KDV dahil 2877 \$

Kullanılan evirici sayısı 100 adet olduğundan;

$100 * 2877 \text{ TL} = 287700 \text{ $ eder.}$

4.2.4. Konstrüksiyon (Destek Yapıları) Maliyeti

Panellerin belli sabit açı ile yüzeye sabitlenmesi ve rüzgâr, kar vb. olumsuz şartlardan en az etkilenmesi koşuluyla kullanılan ve alüminyumdan yapılmış destek sistemleri kullanılmıştır. Konstrüksiyon destek sistemleri yerin topografik özelliklerine bağlı olarak betonarme yapılar kullanılarak yapılmıştır. Güneş enerji santralinde beton ayaklı kalıplar kullanılmıştır. Bu da beton zeminli konstrüksiyon maliyeti yerden çakmalı konstrüksiyon maliyetine göre %20-25 daha maliyeti olabilmektedir.



Resim 4.3. Konstrüksiyon destek yapıları (Fotoğraf: Aziz Artan, 2019).

Konstrüksiyon maliyeti hesaplaması

Santralde toplam 8000 adet panel bulunmaktadır. Bu 1 adet panelin bulunduğu konstrüksiyon ağırlığı 19 kg'dır.

Toplam 8 000 adet panel * 19 kg= 152 000 kg = 152 ton (toplam konstrüksiyon ağırlığı)

1 ton konstrüksiyon 1500 \$ + %18 KDV = 1769 \$

152 ton * 1769 \$ (1 ton konstrüksiyon) = 268 888 \$ eder.

Dolar fiyatları 06.04.2020 tarih T.C Merkez Bankası kur verileri (1 ABD doları 6,78 TL) dikkate alınarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.6. İlk yatırım maliyet hesabı

Kullanılan Elemanlar	Elemanların türü	Kullanılan adet sayısı ve adet fiyat çarpımı	Fiyat (\$)
PV paneller	AC 250P/156-60S	8 000 * 183 \$	1 464 000
Evirici	SMA Sunny Tripower 25000TL-30	100 adet * 2877 \$	287 700
DC kablo	MT M4C (4mm) s0ketli	42 000 m * 0,85 \$	35 700
AC kablo	MT M4C (4mm) s0ketli	7 500 m *0,85 \$	6375
Konstrüksiyon	Daldırma galvaniz sac	152 000 kg *1769 \$	268 888
		TOPLAM	2 062 663

Çizelge 4.7. GES maliyet dağılımı.

Maliyet Faktörü	GES Maliyet etkisi
Arsa	%2
Topraklama	%2
Konstrüksiyon	%14
Panel	%59
İnvertör	%13
DC kablo	%1
AC kablo	%4
Trafo+ köşk	%3
İşçilik+ çevre düzenlemesi	%3
TOPLAM	%100

Güneş enerji santrali maliyetinin %6 sına yakın; arazi tesviyesi, trafo ve iletim hattı maliyeti de eklendiğinde santralin yaklaşık maliyeti toplamda 2 700 000 \$ olmaktadır.

4.2.5. Proje, Arazi (Arsa) Bedeli, İnşaat, Kurulum Bedeli ve Diğer Ekipman Maliyetleri

Projede yer alan maliyet kalemlerinden olan arsa bedeli, inşaat yapı malzemeleri, kurulum ekipmanları, projede yer alan işçilik, nakliye, betonlama, pano kabinleri, topraklama sistemleri, uzaktan izleme sistemi (scala odası), çevre düzenlemesi, aydınlatma malzemeleri ve diğer hesabı yapılamayan ekipmanlar yer almaktadır. Bu ekipmanlar proje bedelinin %20-25 'ine karşılık gelmektedir.

Çizelge 4.8. Güneş enerji santrali maliyet kalemler

GES MALİYET KALEMLERİ	1 Watt Birim Fiyatı (\$)	2000 kW (2 MW) Maliyeti (\$)
Koruma ekipmanları	0,0215-0,032	43 000-64 000
Trafo	0,0215-0,032	43 000-64 000
Diğer (Uzaktan izleme sistemi + trafo kabini + tel örgü + betonlama+ panolar + çift yönlü sayaçlar)	0,065-0,09	130 000-180 000
İşçilik + Nakliye + Çevre düzenlenmesi	0,065-0,075	130 000-150 000
Arazi + proje bedeli	0,045-0,06	90 000-120 000
Topraklama sistemi	0,045-0,06	90 000-120 000
Paratoner (Yıldırımsavar)	10 adet	11 850-13 000
Aydınlatma Maliyeti	2 MW santral için	8500 -9500
	TOPLAM (\$)	546 350 - 720 500
	ORTALAMA (\$)	633 425

4.3. İşletme ve Bakım-Onarım Maliyetleri

İşletim ve bakım-onarım maliyetleri ise, santralde arızalanan bazı ekipmanların yenilenmesi, eviricilerin ortalama 10 yılda bir değiştirilmesi ve panellerin 3 ayda bir (toz, kir) durumunda temizlenmesi, 6 ayda bir tesisat bakım ve onarım maliyeti, yıllık, yıllık personel gideri, sigorta gideri ve diğer öngörülemeyen giderlerden oluşmaktadır.

Santralin yıllık işletim ve bakım-onarım maliyeti yaklaşık 0,0015 €/Watt olması ön görülmüştür.

Güneş enerji santrali 1000 kW+1000 kW=2000 kWp gücüyle kurulmuştur. Çizelge 4.3'te de verilen üretim verilerine bakıldığında bu değer yılda ortalama;

2000 kWp x1714,8=3 429 600 kWh/yıl elektrik enerjisi üretmektedir.

3 429 600 kWh/yıl x 0,0015 \$/Watt = 5144,4 \$ /yıl yıllık işletim ve bakım-onarım maliyeti vardır.

Çizelge 4.9. Güneş enerji santralinin işletme bakım-onarım maliyetleri

Personel giderleri (yıllık)	1 200 \$
İşletim ve Bakım-onarım maliyeti (yıllık)	5144 \$
Sigorta gideri (yıllık)	4 500 \$
Diğer giderler (yıllık)	3750 \$ (ön görülmeyen giderler)
TOPLAM (YILLIK) (\$)	14 594 \$

4.4. Yatırımın Geri Dönüşümü

Santralin elektrik üretim miktarı:

2000 kW'lık kurulu gücü olan santralden 2 MW * 1714 = 3,428 MW enerji üretimi gerçekleşir. Detaylı bilgi Çizelge 4.3'te bulunmaktadır.

$$Yatırımın Geri Ödeme Süresi (Yıl) = \frac{Toplam\ maliyet}{Yıllık\ Toplam\ Gelir} \quad (1)$$

Toplam Yatırım Maliyeti Dolar (yaklaşık)= 2 715 532 \$

Toplam Yıllık Gelir (yaklaşık)= Yıllık Üretim * Teşvik Fiyatı (Devlet tarafından)

Toplam Yıllık Gelir (yaklaşık) = 3428 000 kWh/yıl * 0.1222 \$ / kWh

Toplam Yıllık Gelir = 418.901 \$/ yıl

Yatırımın Geri Ödeme Süresi (yıl) = 2 715 532 \$ / 418 901 \$ / yıl

Yatırımın Geri Ödeme Süresi (yıl) = 6,4 yıl

Sonuç olarak; Adıyaman ili sınırlarında Doyran köyü yakınlarında yaklaşık 40.000m² metruk (kullanılmayan arazi) araziye DSİ tarafından finanse edilerek yapılmıştır. Santral, 2 MW gücünde olup lisanssız olarak tasarlanmış ve on grid olarak çalışmaktadır.

Güneş enerjisi işletmeye alınmadan önce maliyet harcamalarını 2'ye ayırmamız mümkündür. Bunlar; ilk yatırım maliyeti ve işletme, bakım-onarım maliyetleridir. İlk yatırım maliyet harcamaları PV panel, evirici, arsa, konstrüksiyon, DC kablo, AC kablo, makine vb. ekipmanlardan oluşmaktadır. Santralin maliyet harcamalarının yaklaşık %70'ini bu yatırım maliyetleri oluşturmaktadır. İşletme, bakım-onarım maliyetleri ise çalışan sayısı ve çalışanların sigorta primi, maaşları, genel harcamaları, sürekli bakım hizmetleri, üretime bağlı olarak çeşitli harcamalar, atık malzemelerin neden olduğu maliyet harcamalar ise işletme, bakım-onarım maliyetlerini oluşturmaktadır (Kaya & Koç, 2015, s. 64).

Aşağıda verilen bilgiler doğrultusunda güneş enerji santralinin genel maliyet hesabı yapılarak gerekli açıklamalar Çizelge 4.10.'da yapılmıştır.

Çizelge 4.10. GES genel maliyet hesabı

İLK YATIRIM MALİYETLERİ		
FOTOVOLTAİK GÜNEŞ PANELLERİ		
Kullanılan Panel Sayısı	8000 adet (250W)	
1 Adet Yaklaşık Panel Maliyeti	183 \$ (KDV dahil)	
Güneş Enerjisi Panel Maliyeti	8000 * 183	
TOPLAM (\$)	1 464 000	
EVİRİCİ		
Santralde Kullanılan İnvörtör Sayısı	2 *50 kW=100 adet	
1 Adet İnvörtör Maliyeti	2877 \$	
Santraldeki Toplam İnvörtör Maliyeti	2877 * 100	
TOPLAM (\$)	287 700	
KONSTRÜKSİYON		
1 Adet Panelin Bulunduğu Konstrüksiyon Ağırlığı	19 kg	
Toplam Panel Sayısı	8000 adet	
Toplam Konstrüksiyon Ağırlığı	8000 *19 kg=152 000 kg	
1 Ton (1000 kg) Konstrüksiyon Maliyeti	1769 \$	
Toplam Konstrüksiyon Maliyeti	152 ton (152000kg) * 1769	
TOPLAM (\$)	268 888	
DC KABLO		
Kullanılan DC Kablo Miktarı	42000 m	
Kullanılan DC Kablo Fiyatı	0,85 \$/m	
DC Kablo Maliyeti	42 000 m *0,85 \$/m	
TOPLAM (\$)	35 700	
AC KABLO		
Kullanılan DC Kablo boyu	7500 m	
Kullanılan DC Kablo Fiyatı	0,85 \$/m	
DC Kablo Maliyeti	7500 m *0,85 \$/m	
TOPLAM (\$)	6375	
TOPLAM MALİYET (\$)	2062 663	
PROJE VE ARAZİ (ARSA) BEDELİ, İNŞAAT, KURULUM BEDELİ VE DİĞER EKİPMAN MALİYETLERİ		
GÜNEŞ ENERJİSİ MALİYET KALEMLERİ	1 Watt Birim Fiyatı (\$)	2MW (2000 kW) Maliyeti (\$)
Koruma Ekipmanları	0,0215-0,032	43 000-64 000
Trafo	0,0215-0,032	43.000-64 000
Diğer (Uzaktan İzleme Sistemi + Trafo Kabini + Tel Örgü+ Betonlama+ Panolar + Çift Yönlü Sayaçlar)	0,065-0,09	130 000-180 000
İşçilik + Nakliye + Çevre Düzenlenmesi	0,065-0,075	130 000-150 000
Arazi + Proje Bedeli	0,045-0,06	90.000-120 000
Topraklama Sistemi	0,045-0,06	90 000-120 000
Paratoner (Yıldırımsavar)	10 adet	11 850-13 000
Aydınlatma Maliyeti	2MW santral için	11 850-13 000
TOPLAM ORTALAMA MALİYET (\$)		633 425
İŞLETME BAKIM-ONARIM MALİYETLERİ		
Personel giderleri (Maaş) (yıllık)	1 200	
İşletim ve Bakım-onarım maliyeti (yıllık)	4850	
Sigorta gideri (yıllık)	4 500	
Diğer giderler (yıllık)	3750 (ön görülmeyen giderler)	
TOPLAM (YILLIK) (\$)	14 594	
TOPLAM ORTALAMA MALİYET (\$)	<u>2710 682</u>	

Güneş enerji santralinde toplamda 8000 adet Axsitec AC-250/156-60S (250W) türünde olup panellerin hücre (gözenek) sayıları 60 adettir. Fotovoltaik panellerin uzunluğu 164 cm, genişliği 99,2 cm ve derinliği ise 4 cm'dir. Bu güneş panellerinde nominal (ideal olması gereken değer) gerilim uygulanmamaktadır.

Santralde kullanılan evirici sayısı ise $2 \times 50 = 100$ adettir. Bu evirici STP 25000TL-30 tipleri endüstriyel tasarımlar için kullanılmaktadır. Santralde kullanılan güneş panellerinden sonra en çok maliyeti olan cihazdır.

Santralde kullanılan konstrüksiyon yapılar sıcak daldırma galvaniz işlemi gerçekleştirilerek üretilmiştir. Bu galvaniz yapıların en önemli özelliği ekonomik olmasıdır. Diğer özellikleri ise güvenilir, çevre dostu (galvanizde kullanılan çinkonun %100 geri dönüşümü sağlanmaktadır) ve doğaya zarar vermeyecek olması maliyetinin düşük olması vb. özellikleri bulunmaktadır. Bu konstrüksiyon yapıları yerin özelliklerine (topografik) göre ve havanın olumsuz koşullarına bakılarak ve yerin altı kazılarak betonarme yapının (beton yapılı) doldurulmasıyla yapılmıştır. Gerek havanın olumsuz koşulları gerek daha sağlam olması için betonarme yapıları kullanılmıştır.

Santralin bir diğer maliyet kalemi ise AC ve DC kablolarıdır. Solar kablolar güneş santralleri için özel üretilen bir tür kablodur. Bu tür kablolar standarda uygun seçilmezse havanın aşırı ısınması veya soğuması sırasında ya da yangın esnasında zarar görebilir. Solar kabloların yaklaşık 25-30 yıl ömürleri vardır. +90 ve -40°C dayanıklı olan bu kablolar çevre dostu olması açısından önem arz etmektedir (Öztürk, İ., ve Aksoy, İ., 2015).

Güneş enerji santralinin ilk yatırım maliyet yukarıdaki tabloda hesaplanarak verilmiştir. İlk yatırım maliyeti yaklaşık 2062 663 \$ tutarında hesaplanmıştır.

Koruma ekipmanları (topraklama), 2 adet trafo odası, Uzaktan İzleme Sistemi, Trafo Kabini, Tel Örgü, destek yapıları ve diğer düzenlemeler için kullanılan betonarme, Panolar, Çift Yönlü Sayaçlar, işçilik, nakliye, arazi bedeli, aydınlatma lambaları ve direkleri vb. santralin diğer maliyetleri bulunmaktadır. Bu maliyetler ortalama 633 425 \$ tutarında olmakla beraber santralin yaklaşık %25 maliyeti oluşturmaktadır.

Santralin yıllık işletim ve bakım-onarım maliyeti yaklaşık 0,0015 €/Watt olması ön görülmüştür. Yıllık personel maaşları ve sigorta giderleri, aylık ve yıllık işletim, bakım-onarım ücretleri ve santralin ön görülmeyen giderleri toplamda 14 594 \$ tutarındadır.

Sonuç olarak;

Devlet Su İşleri Müdürlüğünün yapmış olduğu ihale sonucunda gerek teşvik gerek ihale kanununun vermiş olduğu avantajlarını da göz önünde bulundurulsa 1 MW+MW şeklinde

lisanssız tasarlanan ve on grid olarak yapılan güneş enerjisi santralının toplamda yaklaşık maliyeti 2 710 682 \$'a tamamlanmıştır.

Santralin yıllık geliri 2 501 068,8 TL olup aylık geliri ise 208 422,4 TL'dir. Santralin yaklaşık 6,9 yıl içerisinde kendi maliyetini amorti ederek 25-30 yıl boyunca gelir sağlanması beklenmektedir.

4.5. GES Sistemlerinin Çevresel Etkileri

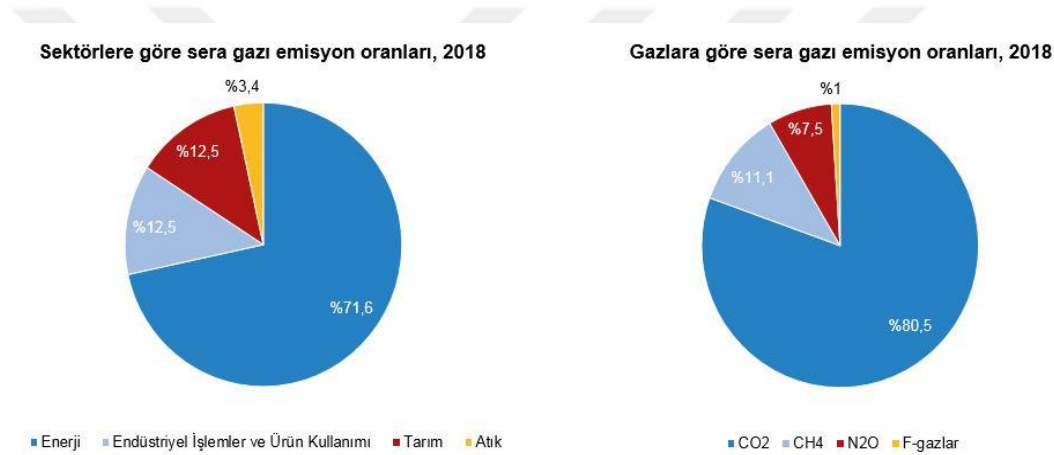
Küresel sistemde gelişen teknoloji ve bununla beraber gelişen alternatif enerji uygulamaları, konvansiyonel yakıtlara göre çevresel soruna ve beraberinde getirdiği sağlık ve sosyal boyuta çözümler sunmaktadır.

Çeşitli şekillerde enerjinin çıkarılmasında, üretilmesinde, çevriminde çevreye verilen zararları yanında hayatımızın her alanında vazgeçilmez pek çok yararları da bulunmaktadır. Fosil kaynaklı enerji kaynaklarının yakıt üretimi, dağıtımı ve kullanımı hayatımızın her alanında ihtiyacımızı karşılamakla beraber insan sağlığına ve çevreye olumsuz etkileri vardır. Bu olumsuz etkiler gelişen sanayi ve teknolojiyle birlikte daha çok fosil yakıtın tüketilmesine sebep olmakta ve ciddi anlamda hava kirliliği başta olmak üzere insan sağlığını ve çevreyi tehdit etmektedir. Fosil yakıtların yanmasıyla meydana gelen kirlilik, gerekli önlemlerin alınmaması durumunda atmosfere salınan CO₂, her yıl 20 milyar ton CO₂, 100 milyon ton kükürt bileşenleri salınmakta ve bu gazaların sera etkisi gösterdiği bilinmektedir (DPT, 1992:1). Kyoto protokolünde yer alan altı adet sera gazı bulunmaktadır. Bu gazlar çizelge 4.11 'te verilmiştir.

Çizelge 4.11. Küresel Isınmaya Etki Eden Sera Gazları

Simge	İsim	CO ₂ Eşdeğeri	Kaynak
CO ₂	Karbondioksit	1	Fosil kaynakların yakılması, enerji üretimi ve tüketimi
CH ₄	Metan	21	Petrol doğalgaz üretimi ve dağıtımı
N ₂ O	Diazotmonoksit	310	Fosil yakıtların yakılması Gübre, plastik üretimi
HFC ₅	Hidroklorokarbon	140-11700	Klima gazları, yarı iletken üretimi
PFC ₅	Perflorokarbon	6500-9200	Alüminyum eritme
SF ₆	Sülfür heksaflorit	23900	Elektrik üretim ve dağıtımı

Doğal dengenin bozulmasına sebep olan gazlar arasında, CO₂ (karbondioksit), CH₄ (metan), CO (karbon monoksit) vb. gazlar karbon bileşimli SO_x ve NO_x türlü azot türevli gazlarla yağmurla birleşerek H₂SO₄ (sülfürik asit), HNO₃ (nitrik asit) ve HCO₃ (karbonik asit) zararlı gazları oluşturur. Oluşan bu zararlı maddeler canlıların yaşam alanı olan hava, su, toprak gibi yaşam alanlarına zarar vererek kirlenmesine neden olurlar. Bu zararların azaltılması için yenilenebilir enerji kaynaklarını etkin bir şekilde kullanılması ve yenilenebilir enerji teknolojilerine yatırımın artırılması gerekmektedir. Aksi takdirde beslenmenin hammaddesini oluşturan tarım alanlarındaki toprak verimi azalacak ve toprağın besin-mineral dengesi değişime uğrayacaktır. Bununla beraber bazı bölgelerin aşırı soğuk ve sıcak olmasıyla doğal dengenin zarar göreceği tahmin edilmektedir.



Şekil 4.7. Sektör ve Gazlara Göre Emisyon Oranları (TÜİK, 2020).

Fosil kaynaklar olarak bilinen petrol, kömür, metan gazı vb. azalmasıyla birlikte yenilenebilir enerjiye ilgi gittikçe artmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları zamanla fosil kaynakların yerini alacak ve tercih edilebilecek enerji kaynakları arasında yerini alacaktır. Bu tercih edilecek kaynaklar arasında güneş enerjisi, hidroelektrik, rüzgâr enerjisi yer almaktadır. Yeşil enerji olarak adlandırılan bu enerji kaynakları bulunduğu yerde bölgenin doğal dengesinin değişimine, ekonomik değişimine ve bölgesel kalkınmasına olumlu katkıları olmaktadır.

Ülkemiz konumu itibarıyla güneş enerjisi konusunda önemli potansiyeli bulunmaktadır. Bölgesel olarak güneşli gün sayısının fazla ve uzun olması bu enerji kaynağının elektrik üretimi, ısıtma vb. amaçlarla kullanılmasına ve faydalanılmasına imkân sağlamaktadır. Güneş enerjisi yeşil ve doğa dostu bir kaynak olması nedeniyle diğer enerji kaynaklarına alternatif olmaktadır. GAP (Güney Doğu Anadolu Projesi) bölgesinde yer alan Adıyaman ili de bu kapsamda potansiyeli en fazla illerimiz arasında yerini almaktadır.

Adıyaman ilinde kurulumu gerçekleştirilen güneş enerji santralini kurulumundaki en büyük avantaj, güneş enerjisinin uzun ve gün sayısının fazla olmasıdır. Bu nedenle Adıyaman ilinde kurulan santralin yenilenebilir enerji kullanımında önemli bir yeri bulunmaktadır. Bu enerji santralinin çevresel etkilerini kavramak üretiminden, işletme, kurulum aşamalarına kadar geçen süreyi iyi anlamak gerekmektedir. İlk aşamada panellerin yerin yaklaşık 1 metre beton temel üzerine konstrüksiyonların monte aşamaları olmaktadır. Bu aşamalar sırasında ağaç, çalılık, makilerin temizlenmesi gerekmektedir. Bu temizlik panellerin gölgelenmesini engellemek amacıyla yapılmaktadır. Santralin çevresel etkilerini araştırmak ve daha iyi kayabilmek için maddeler halinde karşılaştırılmıştır.

4.6. Arazi Kullanım Etkileri

Güneş enerji santrallerinde kurulum yapılacak alanda mevcut arazi yapısının kullanım yapısının değişmesi gelir. Bu değişimin doğrudan veya dolaylı olarak diğer etkileri beraberinde getirmesidir. Enerji santrallerinin yapılacağı alanda arazinin kullanımındaki fiziksel ve kimyasal bazı değişikliklerin olması doğal hayatı dolaylı da olsa olumsuz etkilemektedir.

Santralde güneş enerji miktarı diğer santrallerle kıyaslandığında (Adıyaman örneğinde görüldüğü gibi) 2 MW güneş enerji santraline yaklaşık 39 bin m² alana ihtiyaç duyulduğu görülmektedir.

Çizelge 4.12. Enerji Üretim Sınıflarına Göre Arazi Kullanım Miktarları

Santral Türü	Arazi Kullanım (m ² /GWs)
Hidroelektrik Santral (Baraj Tipi)	2350
Isıl güneş santrali	370
Fotovoltaik Güneş Santrali	340
Doğalgaz santrali	320
Kömür Santrali (Yüzeysel madencilik)	240
Nükleer Santral	130

Fotovoltaik sistemlere son yıllarda artan hızlı ve teknolojik yatırımlar, alan kullanımını kurulu güç oranına karşı incelmeye faydalı olarak görülmektedir.

Güneş enerji santrallerinde dönemli olarak yapılan fiziki temizleme işlemleri arazi yapısını doğrudan etkilerken panel camlarının periyodik temizliğinde kullanılan kimyasalların toprağın ve suyun dolaylı da olsa kirlenmesine sebebiyet vermektedir.

Güneş enerji santralının kurulacak yerde zemin alanını olumsuz bir şekilde etkilen faktörlerden birisi de düzenleme (tesviye) ve sıkılaştırma işlemleridir. Yapılan düzenleme ve sıkılaştırma işi, toprağın yapısını bozmakta ve toprağın doğal yapısını değiştirmektedir. Bozulan bu doğal yapının sonucunda drenaj kanalları yapısı olumsuz etkilenmektedir. Bunun sonucunda aşırı sel ve yağmurun yağması ve incelen toprağın azalması sonucunda erozyon meydana gelebilmektedir.

4.7. Sucul Canlılara ve Toprağa Etkileri

Güneş enerji santrallerinin sucul canlılara ve toprağın yapısına etkilerinden birisi erozyonun arttırması ve nehirlerdeki katı maddelerin birikmesine sebep olarak suyun yükselmesine neden olmasıdır. Bitki örtüsünün tahrip edilmesine, yeraltı suyunun azalmasına sebebiyet vermektedir. Toprağın doğal kullanım alanlarının değişmesi bölgeye yakın yerlerde yapılan tarımsal faaliyetleri etkilemektedir. Toprağın zamanla azalması geçirgenlik değerlerin düşmesine sebep olmakta ve arazinin doğal yapısının bozulmasına neden olmaktadır.

4.8. Ekolojik Sisteme ve Biyolojik Çeşitliliğe Etkileri

Güneş enerji santrallerinin kurulum aşamasında toprağın doğal yapısının bozulması, bitki örtüsünün tahrip olması, panellerin periyodik fiziki ve kimyasal olarak temizlenmesi, yeraltı su kaynaklarının kirlenmesi, akarsuların sediment (katı madde miktarı) miktarının artması, toprağın zamanla su geçirgenliğinin azalması neden olmaktadır. Bu olumsuzluklar canlıları yerel ve küresel anlamda doğaya karşı korumasız bırakarak etki alanını daraltmaktadır.

4.9. Kazara Yapılan Hatadan ve Kimyasal Madde Salınımının Etkileri

Güneş enerji santrallerinin zararlı madde yayılımı söz konusu değildir. Fakat fotovoltaik panelde kullanılan CdTE ve CIS vb. modelleri çevresel açıdan tehlikeli olabilmektedir. Kurulum aşamasında herhangi bir kırılma ve yangın gibi önemli olayların çevresel problemlere neden olduğu bilinmektedir. Panellerin yapımında kullanılan bir diğer silisyum, bakır indiyum, GaAr (galyum arsenit) vb. malzemelerin kullanılması sonucu sucul canlılara

ve toprağın kirlenmesine neden olmaktadır bazı durumlarda da insan sağlığını tehdit etmektedir.

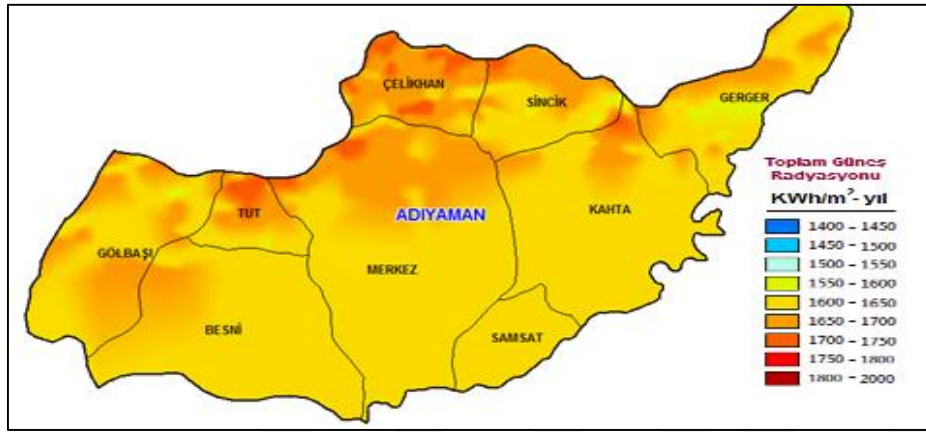
4.10. Diğer Çevresel Etkiler

Çevreye yayılan hava kirleticiler, sadece konvansiyonel yakıt kaynaklarından olmamaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları olan güneş, rüzgâr, jeotermal, hidroelektrik vb. yeşil enerji kaynaklarının üretim, tüketim, geri dönüşüm nakliye gibi prosesler kirliliğe neden olabilmektedir. Değişik enerji kaynaklarına göre farklı alanda faaliyet gösteren santraller karbon ayak izindeki farklılık gösterebilmektedir.



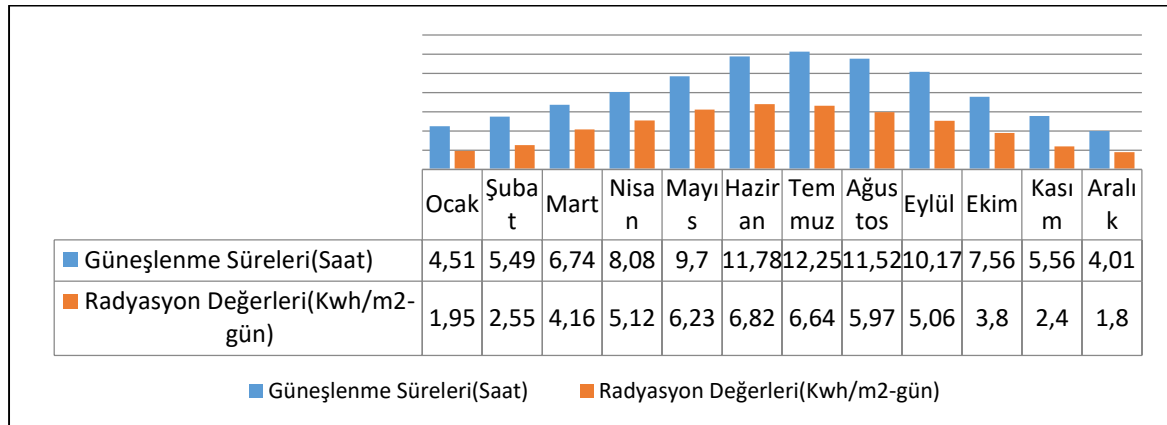
5. MATERYAL VE YÖNTEM

Güneydoğu Anadolu bölgesinde yer alan Adıyaman ili, Türkiye'nin güneş potansiyelinin en fazla olduğu yerlerden birisidir. Güneş enerji potansiyelinin öncelikli bölgelerin basında yer almaktadır. Yenilenebilir faaliyetlerin (güneş, hidroelektrik vb.) yer aldığı bu bölge, yaygın fosil yakıtların (petrol vb.) bulunduğu yer olarak da önemini korumaktadır.



Şekil 5.1. Adıyaman İli Güneş Enerji Potansiyeli Haritası (Enerji Atlası).

Yıllık güneşlenme süresinin günlük ortalama 8,1 saat ve yıllık ortalama güneş ışınımı ise 4,37 kWh/m² değerlere sahip olduğu bu ilde, elektrik ihtiyacının %3,82'si güneş enerji santrallerinden sağlamaktadır. Santralin kurulumu bu amaçla yapıldığı ve güneş enerjisinin yaygınlaştırılmasının bölge ekonomisine olumlu katkı sağlayacağı düşünülmüşür varsayılmıştır.



Şekil 5.2. Adıyaman ili güneşlenme süreleri ve radyasyon değerleri (EİE., 2018).

5.1. Arazi Kullanımı ve yer seçimi ile bazı yaklaşımlar

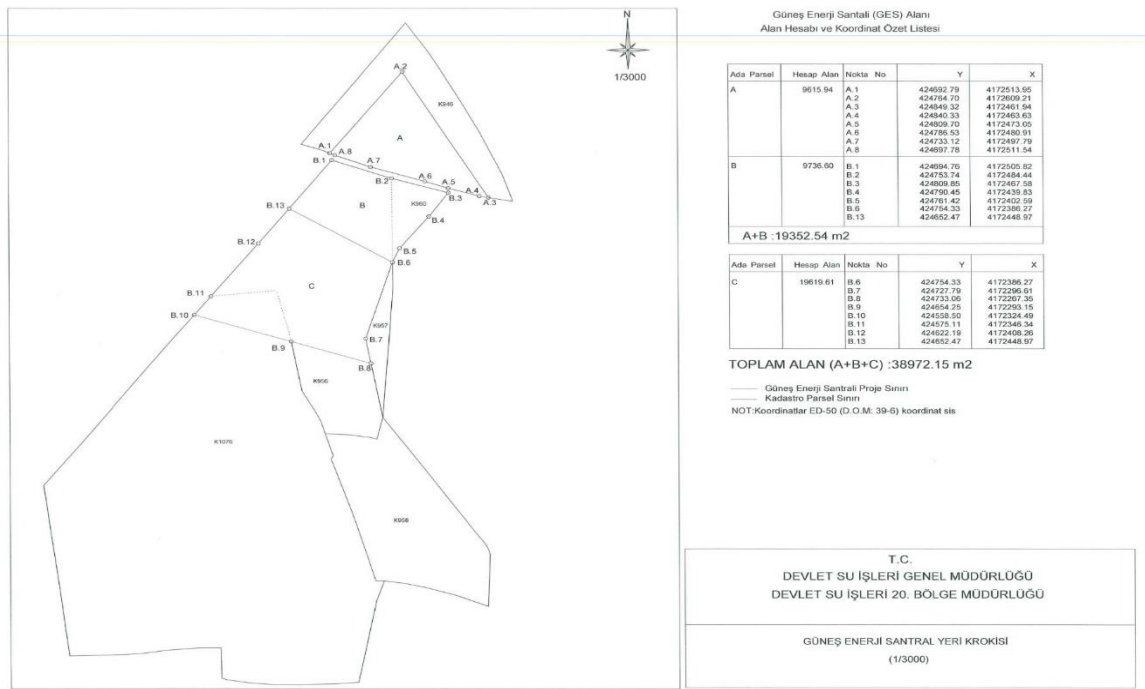
GES yatırım kararının verilmeden önce, tesisin nasıl bir teknolojiyle ve nerede kurulacağına planların yapılması sonrasında santralin maliyeti ve kazancının tespit edilmesi, santralin risklerinin değerlendirilmesi gerekmektedir. Tesisin kurulacağı alanda kullanılan teknolojiye bağlı olarak ne kadar enerji üreteceği ve kurulumundan bu yana işletme aşamalarındaki maliyetinin ne olacağı yanıtlanması gereken bazı sorular arasında yer almaktadır.

İlk aşama uygun bir sahanın seçimi,

Adıyaman iline ait güneş radyasyon değerlerinin ölçülmesi,

Radyasyon ölçümlerim teknolojisine bağlı elektrik enerji üretim değerlerinin belirlenmesi, Santralin işletme-bakım- onarım giderlerinin hesaplanması ve gelir gider maliyetlerinin yapılması gerekmektedir.

DSİ Genel Müdürlüğü 20. Bölge Müdürlüğü tarafından ihalesi yapılarak Adıyaman iline kazandırılan GES, Adıyaman İline bağlı merkez köy olan Doyran köyü yakınlarında kurulmuştur. M40-d2 paftasında Bölge Müdürlüğümüz tarafından kamulaştırılan 946, 956, 960 ve 1076 nolu parsellerin 39.000 m²'lik bölümünde 1+1 MW kurulu gücünde güneş enerjisi santrali kurulmuştur. Çizelge 4.3 te verilen enerji verileri tesiste tam kapasitede 4 MW elektrik enerjisi üretilebilmesi planlandığını göstermektedir.



Şekil 5.3. Güneş enerji santral alan krokisi (DSİ, 2015).

Santralde 1 adet idari bina ve 3 adet pano binası yapılması planlanmıştır. Kurulacak binalar hazır beton binalar olacaktır. Proje kapsamında ÇED talep edilen alanların içerisinde akarsu veya dere geçmemektedir. Tesisin sınırları içerisinde orman, flora alanları bulunmamaktadır. Tesisin enerji üretim çalışması yapılması planlanan sahada endüstri alanları yer almamaktadır. Eğlence ve piknik alanları yoktur. Tesise en yakın en yakın yerleşim yerleri, faaliyet alanının yaklaşık 1800 metre güneybatısında bulunan Çamgazi Köyü bulunmaktadır.

Şekil 4.10. da görülen proje alanı Adıyaman ilinin Doıran köyü yakınlarında kurulması planlanmış bu santral, 39 dekar alan üzerinde fizibilitesi tamamlanmış ve 1+1 MW şeklinde iki üniteden meydana gelmiştir.



Şekil 5.4. Proje alanının yer krokisi (DSİ, 2015).

Çizelge 5.1. Proje Alanı Koordinatları (DSİ, 2015).

PROJE ALANI	Datum: ED-50	
	Türü: UTB	
NOKTA	D.O.M:39	
	Ölçek faktör:6 ⁰	
NOKTA	Koordinat sırası: sağa, yukarı	
	Y	X
A1	424692,79	4172513,95
A2	424764,70	4172609,21
A3	424849,32	4172461,94
A4	424840,33	4172463,63
A5	424809,70	4172473,05
A6	424786,53	4172480,91
A7	424733,12	4172497,79
A8	424697,78	4172511,54
B1	424694,76	4172505,82
B2	424753,74	4172484,44
B3	424809,85	4172467,58
B4	424790,45	4172439,83
B5	424761,42	4172402,59
B6	424754,33	4172386,27
B7	424727,79	4172296,61
B8	424733,06	4172267,35
B9	424654,25	4172293,15
B10	424558,50	4172324,49
B11	424575,11	4172346,34
B12	424622,19	4172408,26

5.2. Fotovoltaik paneller

Güneş enerji santralının en büyük harcama kalemi arasında yer alan panelin modeli axitec power AC-250p /156-60s 250W polikristal modeli kullanılmıştır. Santralin ilk yatırım maliyetinin yaklaşık %55-60'ını bu panel sistemi oluşturmaktadır.

Her bir panelin ağırlığı 18,5 kg, yüksekliği 1640 cm genişliği 942 cm olmak üzere tasarlanmıştır.



Resim 5.1. Fotovoltaik panellerin genel görünümü

Santralde kullanılan panel sayısı ise;

2000 000 Wp olan sistemde kullanılacak PV modül sayısı (n) denilirse;

$n=2000\ 000W/250\ Wp =8\ 000$ adet PV panel sayısı ortaya çıkacaktır.

Çizelge 5.2. Panel DC Elektriksel Özellikleri

STC güç değerlendirmesi	250W
PTC güç değerlendirmesi	225,4W ¹
Birim alandaki STC gücü	153,7W/m ² (14,3W/ft ²)
Tepe verimliliği	15,37%
Güç toleransı	0%/+2%
Hücre sayısı	60
Nominal voltaj	Uygulanmaz
Imp	7,98A
Vmp	31,45V
Isc	88,84A
Voc	37,75V
NOCT	45°C
Sıcaklık Isc katsayısı	0,006%/K
Sıcaklık güç katsayısı	-0,44%/K
Sıcaklık gerilim katsayısı	-0,125V/K
Seri sigorta değerlendirilmesi	15A
Max. Sistem gerilimi	1000V

5.3. Evirici

Güneş enerjisi santrali projesi için Sunny Evirici Modeli STP Tripower 25000TL-30 gücünde 100 adet evirici'den meydana gelmiş ve Evirici Çıkış gücü 10000 VA'dır.



Resim 5.2. Evirici

Çizelge 5.3. 30 kW Gücünde İnvörtör'e Ait Teknik Özellikleri.

Özellikler	Değerler
Maksimum Verim	%98,5
Avrupa verimliliği	> %90
Maksimum DC gücü	25500W
AC anma gücü	25000W
AC güç frekansı	50 ile 60 Hz
Besleme aşamaları	3
Maksimum giriş gerilimi	1000V
Minimum giriş gerilimi	150V
Maksimum MPP gerilimi	800V
Minimum MPP gerilimi	390V
Maksimum MPP başına giriş akımı	33A
MPP giriş sayıları	2
Uzunluk	690 mm
Genişlik	665 mm
Yükseklik	265 mm
Ağırlık	61 kg
Koruma sınıfı	IP 65
Garanti	5 yıl
DC girişi	Sunclix Fiş
AC girişi	Yaylı klemens

Santralde kullanılan İnvörtör sisteminin kontrolü için kumanda sistemi (Scala odası) bölümü bulunmaktadır.



Resim 5.3. Scala odası

5.4. Konstrüksiyon (Destek Yapıları)

Konstrüksiyon destek sistemleri yerin topografik özelliklerine bağlı olarak betonarme yapılar kullanılarak yapılmıştır. Güneş enerji santralinde beton ayaklı kalıplar kullanılmıştır. Santralde toplam 8000 adet panel bulunmaktadır. Bu 1 adet panelin bulunduğu konstrüksiyon ağırlığı yaklaşık 19 kg'dır. Toplam 8 000 adet panel * 19 kg= 152 000 kg = 152 ton eder.



Resim 5.4. Panellerin konstrüksiyonlarla desteklenmesi

5.5. Proje, Arazi (Arsa) Bedeli, İnşaat, Kurulum Bedeli ve Diğer Ekipmanlar

Projede yer alan maliyet kalemlerinden olan arsa bedeli, inşaat yapı malzemeleri, kurulum ekipmanları, projede yer alan işçilik, nakliye, betonlama, pano kabinleri, topraklama sistemleri, uzaktan izleme sistemi (scala odası), çevre düzenlemesi, aydınlatma malzemeleri, Paratoner (yıldırımsavar) ve diğer hesabı yapılamayan ekipmanlar yer almaktadır.



Resim 5.5. 1 MW pano kabini



Resim 5.6. Pano kabinini iç kısmı (1)



Resim 5.7. Pano kabini iç kısmı (2)



Resim 5.8. Topraklama Sistemi



Resim 5.9. Scala Odası



Resim 5.10. 1+1 MW Pano



Resim 5.11. Yıldırımsavar



Resim 5.12. Aydınlatma sistemi

Santralin maliyet analizi yapılırken güncel verilerin kullanılmasına dikkat edilmiştir.

Çizelge 5.4. Santralin Toplam Maliyet Hesabı

İLK YATIRIM MALİYETLERİ		
FOTOVOLTAİK GÜNEŞ PANELLERİ		
Kullanılan Panel Sayısı	8000 adet (250W)	
1 Adet Yaklaşık Panel Maliyeti	183 \$ (KDV dahil)	
Güneş Enerjisi Panel Maliyeti	8000 * 183	
TOPLAM (\$)	1 464 000	
EVİRİCİ		
Santralde Kullanılan İntertör Sayısı	2 *50 kW=100 adet	
1 Adet İntertör Maliyeti	2877 \$	
Santraldeki Toplam İntertör Maliyeti	2877 * 100	
TOPLAM (\$)	287 700	
KONSTRÜKSİYON		
1 Adet Panel için Konstrüksiyon Ağırlığı	19 kg	
Toplam Panel Sayısı	8000 adet	
Toplam Konstrüksiyon Ağırlığı	8000 *19 kg=152 000 kg	
1 Ton (1000 kg) Konstrüksiyon Maliyeti	1769 \$	
Toplam Konstrüksiyon Maliyeti	152 ton (152000 kg) * 1769	
TOPLAM (\$)	268 888	
DC KABLO		
Kullanılan DC Kablo Miktarı	42000 m	
Kullanılan DC Kablo Fiyatı	0,85 \$/m	
DC Kablo Maliyeti	42 000 m *0,85 \$/m	
TOPLAM (\$)	35 700	
AC KABLO		
Kullanılan DC Kablo boyu	7500 m	
Kullanılan DC Kablo Fiyatı	0,85 \$/m	
DC Kablo Maliyeti	7500 m *0,85 \$/m	
TOPLAM (\$)	6375	
TOPLAM MALİYET (\$)	2062 663	
PROJE VE ARAZİ (ARSA) BEDELİ, İNŞAAT, KURULUM BEDELİ VE DİĞER EKİPMAN MALİYETLERİ		
GÜNEŞ ENERJİSİ MALİYET KALEMLERİ	1 Watt Birim Fiyatı (\$)	2MW (2000 kW) Maliyeti (\$)
Koruma Ekipmanları	0,0215-0,032	43 000-64 000
Trafo	0,0215-0,032	43 000-64 000
Diğer (Uzaktan İzleme Sistemi + Trafo Kabini + Tel Örgü+ Betonlama+ Panolar + Çift Yönlü Sayaçlar)	0,065-0,09	130 000-180 000
İşçilik + Nakliye + Çevre Düzenlenmesi	0,065-0,075	130 000-150 000
Arazi + Proje Bedeli	0,045-0,06	90 000-120 000
Topraklama Sistemi	0,045-0,06	90 000-120 000
Paratoner (Yıldırımsavar)	10 adet	11 850-13 000
Aydınlatma Maliyeti	2MW santral için	11 850-13 000
TOPLAM ORTALAMA MALİYET (\$)	633 425	
İŞLETME BAKIM-ONARIM MALİYETLERİ		
Personel giderleri (Maaş) (yıllık)	1 200	
İşletim ve Bakım-onarım maliyeti (yıllık)	4850	
Sigorta gideri (yıllık)	4 500	
Diğer giderler (yıllık)	3750 (ön görülmeyen giderler)	
TOPLAM (YILLIK) (\$)	14 594	
TOPLAM ORTALAMA MALİYET (\$)	2710 682	

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Türkiye’de artan nüfus ve gelişen teknolojiyle beraber siyasi anlamda da gelişen hızlı dönüşümler göz önünde bulundurulduğunda enerji üretiminin tüketimi karşılamadığı görülmüştür. Özellikle ülkemizde teknolojik anlamda görülen hızlı değişim ve dönüşümler enerji ihtiyacını da arttırmıştır. Enerjinin üretim aşamasından tüketimine kadar geçen evrelerde çeşitli problemler meydana gelmektedir. Bu açıdan bakıldığında enerjinin daha dikkatli ve verimli kullanılması gerektiği ortaya çıkmaktadır. Dikkatli, bilinçli ve verimli kullanılan enerjinin çevreye vereceği zarar da teknolojik gelişmelere dayalı olarak daha az seviyelerde olacaktır. Bilinçli ve dikkatli bir şekilde yerinde kullanılmayan konvansiyonel kaynaklı enerjilerin küresel ısınmaya bağlı olarak iklimsel değişimlere yol açtığı bir gerçektir. Bu iklimsel değişimlerin insanların yerleşim alanları ve tarımsal verimliliği, toprağın yapısı ve mineral dengesini, yeraltı su seviyesini, beslenme şeklini, giyim tarzına vb. kadar tüm ekosistemi sosyal ve iktisadi olarak etkileyebilmektedir. Petrol, kömür ve diğer gazların yanmasına bağlı olarak ortaya çıkan asit yağmurları da tarımsal alanlara zarar vermekte ve küresel değişimlere neden olabilmektedir. Bu sebeple konvansiyonel yakıtların yerine yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması, çevre dostu teknolojilerin kullanılması (elektrikli araç vb.) teşvik edilmesi her açıdan faydalı olacaktır.

Çizelge 6.1. Enerji Kaynaklarına Göre Karbon Emisyon Değerleri (Enerji Atlası, 2019).

Enerji Kaynaklarına Göre Karbon Emisyon Değerleri			
Kaynak	Min.-Max. Sera Gazı Emisyonu (ton CO ₂ /GW/h)	Ortalama Sera Gazı Emisyonu (ton-CO ₂ /GW/h)	Bir Konuta Düşen Emisyon (kg-CO ₂ -yıl)
Linyit	790 - 1.372	1054	3689
İthal kömür	756 - 1.310	888	3108
Taş kömürü	756 - 1.310	888	3108
Fuel-oil	547 - 935	733	2566
Doğal gaz	362 - 891	499	1747
Nükleer	2 - 130	66	231
Jeotermal	-	38	133
Biyokütle	10 - 101	26	91
Hidroelektrik	2 - 237	26	91
Güneş	13 - 731	23	81
Rüzgâr	6 - 124	10	35

Çizelge 4.17’de belirtilen bu değerlerin dünyada ve ülkemizde çevre sorunlarına neden olduğu, küresel iklim değişikliğinin başlıca nedenleri arasında yer almaktadır. İklimsel değişikliğe neden olan bu konvansiyonel kaynaklar içerisinde en büyük pay linyite aittir. En az pay ise yenilenebilir enerji kaynakları arasında yer alan güneş ve rüzgâra aittir.

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında yer alan güneş enerjisini yenilenmeyen (konvansiyonel) enerji kaynaklarıyla kıyas edildiğinde çevresel açıdan birçok faydası vardır. Bunlardan bazıları; hava emisyon kirleticileri (CO, SO₂, NO_x, F, Cl), fosil kaynaklar (petrol, kömür, doğalgaz) vb. enerji kaynakları birçok çevresel kirliliğe neden olduğu gibi insan sağlığına da ciddi sorunları beraberinde getirmektedir. Bu sağlık sorunlarının başında KOAH (Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı) hastalığı gelmektedir. Diğer sorunlar ise mimari yapıların dezenformasyonu ve tahrip edici özelliğinin bulunması, bitkiler üzerinde büyümeyi engelleyecek faktörlerin oluşması, sanayileşmenin yoğun olarak geliştiği yerlerde konvansiyonel yakıtların enerji olarak tüketildiği kömür, doğalgaz, petrol kimyasal madde vb. sonrasında oluşan N (azot) ve SO_x (sülfür) gazların açığa çıkmasına neden olmaktadır.

Türkiye, coğrafi konumunun vermiş olduğu avantaj sebebiyle 45° derece kuzey enlemlerinde yer alan ve orta kuşak adı da verilen güneş kuşağında bulunan yüksek seviyede güneş enerjisi potansiyeline sahip bir ülkedir (Altıntop, N., ve Erdemir, D., 2013). Yıllık güneşlenme süresi 2741 saat olup ortalama güneşlenme süresi 7,5 saattir. Yapılan enerji ölçümlerinde ülkemizin %63’ü yılın 10 ayı, %17’si ise yıl boyunca güneş enerjisinden yararlanmaktadır (Buldum, Külekçi, 2008).

Bu enerji kaynağının kullanım alanlarının çok olması, güneşli gün sayısının ve süresinin fazla olması bu enerji kaynağının teknolojik anlamda kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Teknolojik anlamda kullanılan enerji kaynaklarının %60’ına yakın kısmını konvansiyonel kaynaklar olan doğalgaz, kömür, petrol vb. yakıtları enerjiye çevirerek temin etmektedir.

Bu amaçla fosil enerji kaynaklarının üretimi ve tüketimi karşısında yenilenebilir enerji kaynakları arasında yer alan güneş enerjisinin kullanımını hızlandırılmalı, özendirilmeli ve teşvik edilmelidir. Özellikle de ülkemiz enerji sektöründe petrol krizine bağlı olarak ortaya çıkan kısıtlamalar ve sonrasında artan çevre baskısı sonucunda özellikle hidrolik ve güneş enerjisine talebin arttığı müşahede edilmektedir.

Türkiye’nin 2019 yılının ilk yarısında kurulu gücü 90.421 MW olmuştur. Bu kurulu gücün %6’sı yani 5425,2 MW’ı güneşe aittir (ETKB, 2019). Ülkemiz su ısıtma, güneş enerjisi kullanma, açısından Avrupa sıralamasında ön sıralarda olmasına rağmen yenilenebilir enerji kaynağı olan güneş enerjini yeterince etkin kullanamamaktadır. Bu durumun sonucu olarak

giderek gelişen sanayimiz ve artan enerji miktarı ülkemizin enerji politikasını tehdit eder duruma düşürmesi ve enerji ithalatının önünü açması dış ticaret açığının artmasına neden olmaktadır. Bu enerji açığını kapatmanın hedeflerinden bir tanesi de ulusal ve yerel anlamda enerji kaynaklarını iyi değerlendirmekten geçmektedir.

Adıyaman ili, birçok ilin güneş enerji potansiyeline göre avantajlı durumunu korumaktadır. Bu potansiyel Adıyaman ilini, enerji alanında daha da önemli hale getirmektedir. Bu güneş enerjisi kaynağına, Atatürk barajının etkisiyle artan nem oranı ve yaz aylarında güneyden gelen samyeli rüzgârlarının etkisi eklendiğinde yıllık ortalama sıcaklık oranı ve güneşlenme süresi daha da artmaktadır.

Bu durum gerek coğrafi konum gerekse güneşlenme süreleri açısından değişiklik göstermektedir.

Konumu itibariyle Akdeniz bölgesiyle iklimsel bir geçiş vazifesi görmektedir. Adıyaman ilinin sıcaklık değerlerine bakıldığında yaz aylarında yıllık ortalama sıcaklık 17,3°C iken yıllık ortalama en yüksek sıcaklık 23°C'yi bulmaktadır (M.G.M, 2019).

Adıyaman ilinin gerek konum itibariyle gerek bölgesel anlamda avantajlı bir bölgede yer alması güneş enerjili projelerin yapılmasına olanak tanımıştır. Türkiye'de sayılır ve büyük kamu projelerinden bir tanesi de Devlet Su İşleri tarafından Adıyaman ilinde yapılan 2 MW enerji potansiyeline sahip GES projesidir. Bu proje DSİ bünyesinde Adıyaman merkeze bağlı Doyran Köyü yakınlarında kurulumu gerçekleştirilmiştir. Tesis yaklaşık 38 bin m²'lik alana 8800 adet güneş paneli kullanılarak kurulmuştur. Santralin yıllık enerji üretim miktarı 3,5 MW hedeflendiğini fakat Adıyaman ilinin güneşlenme süreleri dikkate alındığında 3,7 MW olarak hedeflenenin üzerinde bir sonuca ulaşılmıştır. Bu da yatırımın geri ödeme süresini daha da kısaltmıştır.

Adıyaman ilinin iklim koşullarında güneş enerji yapısının ortaya koyulması, enerji üretim amacıyla santrali kurulumu ve santralin maliyet analizi (ilk maliyeti, işletme ve bakım-onarım maliyeti ve yatırımın geri dönüşümü) gerçekleştirilmiştir. Santralin yatırım maliyeti 2710 682 \$ olarak pozitif çıkmıştır.

Bu çalışma ve araştırma sonunda yapılacak öneriler ise;

Günümüzde artan enerji ihtiyacı ve bunun yanında kaynakların sınırlı olması enerji arzının karşılanması için sürekliliğin devam etmesi için enerji politikalarının etkin, verimli ve doğru bir şekilde kullanılmasını zorunlu kılmaktadır.

Bunun için en önemli şartlardan birisi olan enerji arz ve talebinde kullanılacak olan potansiyelin ortaya çıkarılmasıdır. Enerji kaynaklarının doğru kullanımı var olan potansiyelin ortaya çıkarılması ve dağılımının doğru bir şekilde yapılması ile mümkün

olabilmektedir. Dünyadaki yaşanabilirlik refahının artması ve korunması uluslararası alanda yasal düzenlemelerin yapılması ve diğer çevre sorunlarına dikkat çekilmesi gerekmektedir. Kömürle üretilen enerji santraller çevreye daha fazla zarar vermektedir. Bu santrallerin hava kirleticilerinin fazla olması ve doğal çevrenin kirlenmesine sebebiyet vermesi ulusal ve yerel anlamda ekosistemin bozulmasına, asit yağmurların yağmasına neden olabilmektedir. Bu santrallerin daha az kullanılması azami özen gösterilmesi, doğal gazla çalışan ve ülkemizde faaliyet alanı bulan nükleer enerji santrallerine yönelmek daha doğru olacaktır.

Ülkemizin daha fazla enerji ithalatına yönelmemesi ve bu kısaçta kalmaması için güneş enerji ve hidroelektrik santrallerini değerlendirmeye yönelik politikalar oluşturulmalıdır. Güneş ve hidroelektrik enerji politikalarının tamamı devreye alınması durumunda yenilenebilir enerji alanında ülkemizin enerji yılı olacağı aşikârdır.

Bir diğer yenilenebilir enerji kaynağı ise rüzgârdır. Ülkemizde enerji kaynaklarında son zamanlarda teknolojiye bağlı olarak gelişme göstermektedir. Bu amaçla ülkemizin Avrupa birliği ile yapmış olduğu projelerin finansmanın artırılması ve bu konuda çeşitli fon desteğinden yararlanması için devletlerarası çalışmalara hız verilmelidir.

Maden arama tetkik genel müdürlüğünün yapmış olduğu jeotermal aramalara destek olunmalı ve özel sektör teşvik edilmelidir. Uluslararası kuruluşların enerji arama ve tarama yapılmasına izin verilmeli ve onların yatırımını desteklenmelidir. Bu enerji kaynaklarının en uygun şartlarda kullanıma açılması ve gerekli aramaların yapılması için jeotermal yasası çıkarılmalıdır.

Ülkemiz daha çok fosil kaynaklı enerji ithalatı yapmakta ve ülkemizin cari açığının artmasına neden olmakta bu da ülke ekonomisinin maliyetine yansımaktadır. Bu enerji açığının kapatılması ve yenilenebilir enerjinin kullanılmasını daha geliştirmek için fırsat olarak değerlendirilmelidir.

Adıyaman merkeze bağlı köy yakınlarında yapılan bu santralin çiftçilere uygun vadede faizsiz kredi verilerek tarım sektöründe toprakların sulanması sağlanmalıdır. Yenilenebilir enerji kaynaklar üzerinde çalışmalar yapılarak Sanayi-Üniversite iş birliği etrafında tekno park alanları kurularak vb. bilimsel faaliyetler arttırılmalıdır.

Akademi ve kamu meslek kuruluşları arasındaki iş birliği sağlanarak çeşitli kongre, Panel, Sempozyum vb. bilimsel araştırmalar yapılarak Adıyaman ilinin güneş enerji potansiyeline dikkat çekilmelidir. Adıyaman ilinin mimari yapısı da düşünülerek imar planlarında binaların güneş enerjisine uygun çatılar yapılmalıdır.

Adıyaman ilinde güneş enerji enstitüsü kurulması, gerekli akredite laboratuvarları yapılmasının önü açılması ve gerekli yasal düzenlemeler yapılarak çalışmaların yapılması sağlanmalıdır.

Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynakları arasında yer alan güneş enerjisini bölgesel olarak incelendiğinde Adıyaman ilinin güneşlenme süresi aylık ortalama 8,1 saattir. Dünyada ve Türkiye'de yüksek potansiyele sahip olan Adıyaman ili için bu değer düşünüldüğünde ise yatırımların bu bölgede yapılması gerekmektedir. Bununla beraber kamu-tüzel kişilerin teşvik edilerek yatırımın yapılması ve Türkiye Büyük Millet Meclisi tarafından yasal düzenlemelerin sağlanması gerekmektedir.

Adıyaman'da güneş enerji potansiyelin yüksek olması ve güneş enerjisi kullanımının artması sonucunda toprak, su, hava vb. doğal çevrenin dengesinin korunması hem insan sağlığının korunması sağlanacak hem de kömür, petrol, doğalgaz vb. fosil yakıtların azalması söz konusu olacaktır. Bu da Adıyaman ilinin hava kalitesinin artmasına (doğal olarak da sera gazlarını azalmasına neden olacak), tüketmiş olduğumuz meyve ve sebzelerin doğal olarak sofralara konulmasına katkı sağlayacaktır.



KAYNAKLAR

- Acar, E., Doğan, A. (2008). Türkiye'nin Rüzgâr ve Hidroelektrik Potansiyeli ve Çevresel Etkilerinin Değerlendirilmesi VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu (UTES' 2008), 17-19 Aralık 2008, s. 675-682, İstanbul.
- Acaroğlu, M. (2013). *Alternatif Enerji Kaynakları* (3. Baskı). Ankara: Nobel Yayıncılık.
- Akbulut, A. (2018). *Güneş Enerjisi Sistemlerinde Kullanılan Fotovoltaik Panelin Modellenmesi ve Performans Değerlendirmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Osman Paşa Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Tokat.
- Akkaya, S. (2007). *Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Türkiye Açısından Önemi Bir Rüzgâr Enerjisi Uygulaması*. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Elazığ.
- Altıntop, N., ve Erdemir, D. (2013). "Dünyada ve Türkiye'de Güneş Enerjisi ile İlgili Gelişmeler," *Mühendis ve Makina*, cilt 54, sayı 639, s. 69-77.
- Anadolu Üniversitesi (2012). *Enerji Analizi*, Eskişehir, Anadolu Üniversitesi Web-Ofset Tesisleri.
- Anonim, (2018). <http://www.mta.gov.tr/v3.0/hizmetler/jeotermal-harita>. Erişim Tarihi:08.09.2018.
- Arslan., S., Darıcı., M., ve Karahan, Ç. (2013). Türkiye'nin Jeotermal Enerji Potansiyeli, s.2.
- Ataman, R.A. (2007). *Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kaynakları*, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Atılgan, İ. (2000). Türkiye'nin Enerji Potansiyeline Bakış, *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 15 (1), 31-47.
- Aydın İ. (2013). Balıkesir'de Rüzgâr Enerjisi. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 18 (29-50).
- Behçet, R., Oral, H., Gül, H. (2013). Adıyaman İlinin Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Kullanımı, *Batman Üniversitesi, Yaşam Bilimler Dergisi*, 3 (2), 52-67.
- BEPA (Türkiye Biyokütle Enerjisi Potansiyeli Atlası). <http://bepa.yegm.gov.tr/>, Erişim Tarihi: 12.04.2019.
- Buldum, B., Külekçi M. (2008). Mersin ilinin güneş enerjisi potansiyeli ve mevcut durumu, VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, UTES, İstanbul, 385-394.
- Ceylan, İ., ve Gürel, E. A. (2017). *Güneş Enerjisi Sistemleri ve Tasarımı* (Birinci Baskı), Bursa: Dora Basım-Yayıncılık, 26-27.

- Çaçan, F. (2018). *Fotovoltaik Sistemlerin Kurulum ve Maliyet Analizinin Örnek Bir Otele Uygulanması*, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Çeçen, M. (2018). *Sürdürülebilir Çevre Vizyonu Açısından Türkiye'nin Enerji Politikalarında Güneş Enerjisinin Geleceği*, Yüksek Lisans Tezi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Manisa.
- Çukurçayır, A., M., ve Sağır, H. (2008). Enerji Sorunu, Çevre ve Alternatif Enerji Kaynakları, *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (20), 258-278.
- Çukurova Kalkınma Ajansı (Ç.K.A) (2010). 210-2013 Çukurova Bölge Planı Mevcut Durum Analizi.
- Dağlı, E. (2018). *Ekonomik Analiz Yöntemleri Kullanılarak 1 MW Güneş Enerjisi Santralının Değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Osmaniye.
- DPT (Devlet Planlama Teşkilatı) (1992). Enerji Üretiminde Çevre Politikaları Raporu, yayın No: 2314, Ankara, 1.
- Deniz, E. (2013). Güneş Enerjisi Santrallerinde Kayıplar. Ulusal Tesisat Kongresi, <https://www.entegro.com.tr/gunes-enerjisi-santrallerinde-kayıplar/>, İzmir.
- Dikmen, A. Ç. (2009). *Sürdürülebilir kalkınma çerçevesinde yenilenebilir enerji kaynaklarının Türkiye'nin geleceğinde yeri*. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- DSİ (Devlet Su İşleri) (2019). Adıyaman Devlet Su İşleri Müdürlüğü.
- Duygu, E., Cısdık, İ. (2011). Biyokütle Enerjisi İçin Yetiştiriciliğin Etkileri Konusunda Araştırmalar II. Bilgi Birikimi Işığında Türkiye'deki Sosyo-ekonomik Etki Potansiyeli, *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 3 (1), 9-24.
- E.T.B.K (Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı) (2017). *Dünya ve Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü, enerji diplomasisi kapsamındaki Faaliyetlerimiz*, Ankara: Strateji Daire Başkanlığı.
- Elektrik Üretim Anonim Şirketi (EÜAŞ) (2017). Elektrik Üretim Sektör Raporu; Araştırma Planlama ve Koordinasyon Dairesi Başkanlığı İstatistik Araştırma Müdürlüğü. Ankara, 15.
- Elitaş, M.N. (2016). *Türkiye'de Biyokütle Enerji Kaynaklarının Araştırılması ve OECD Ülkeleri ile Karşılaştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük.
- Enerji Atlası , <https://www.enerjiatlası.com/gunes-enerjisi-haritasi/adiyaman>.
- EPIA (Avrupa Fotovoltaik Endüstrisi Birliği) ve GI (Greenpeace International) (2011a). Solar Generation 6: Solar photo voltaic electricity empowering the world. Brussels.

- EPIA (2009a). Global Market Outlook for Photovoltaics Until 2013.
- EPIA (2009b). "Solar Photovoltaic Electricity: A Mainstream Power Source in Europe by 2020".
- Evli, S. (2018). *Türkiye’de Sürdürülebilir Kalkınma ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Yüksek Lisans Tezi*, Namık Kemal Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Tekirdağ.
- Girgin H., M. (2011). *Bir Fotovoltaik Güneş Enerjisi Santralinin Fizibilitesi, Karaman Bölgesinde 5 MW’lık Güneş Enerjisi Santrali İçin Enerji Üretim Değerlendirmesi ve Ekonomik Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü, İstanbul.
- Gürbüz, D. (2018). *Kir ve Tozlanmanın Fotovoltaik Sistem Verimi Üzerindeki Etkisi*, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Elazığ.
- Hankins. M. (2010). Stand-Alone Solar Electric Systems: The Expert Handbook for Planning, Design and Installation. London. Earthscan.
- IEA-International Energy Agency (2017). Renewable Energy. <http://www.iea.org/topics/renewables/solar/> Erişim Tarihi: 22.09.2017.
- İnternet-1: <https://yesilekonomi.com/turkiyenin-2018-kurulu-guc-rakami-aciklandi/>. Erişim tarihi:01.06.2018.
- İnternet-2: http://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/c37b2dc6484b7db_ek.pdf, Türkiye’nin Enerji Talebindeki Gelişmeler. 25 Temmuz 2017.
- İnternet-3: Tarihsel Süreçte Güneş Enerjisi, <http://ekolojist.net/tarihsel-surecte-gunes-enerjisi/>, Erişim Tarihi:25.04.2019.
- İnternet4:https://www.google.com/search?source=univ&tbm=isch&q=a+k%C4%B1van%C3%A7+r%C3%BCzgar+enerjisi+haritas%C4%B1&hl=tr&sa=X&ved=2ahUKEwis mc_JgNnrAhVcVRUIHQ3-BtIQsAR6BAGKEAE&biw=1440&bih=757 Erişim Tarihi:26.03.2020.
- İraz, R., İsa, A. ve Hasan, P., S. (2010). Güneş Enerjisi Yatırımlarına Yönelik Teşvikler ve Türkiye’deki Durum, *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Dergisi* 13 (1-2), 69- 78.
- Kallioğlu, A. M. (2017). Adıyaman İlinde Yatay Düzleme Gelen Global Güneş Işınım Değerlerinin Ampirik Modeller ile Geliştirilmesi, *Batman Üniversitesi Teknoloji Fakültesi, Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 29 (1), 151-159.
- Kapluhan, E. (2014). Enerji Coğrafyası Açısından Bir İnceleme: Güneş Enerjisinin Dünya’daki ve Türkiye’deki Kullanım Durumu. *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi*, Sayı 29 (70-98).

- Karalı, Ş. (2017). *Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Türkiye ve Dünya Ekonomisine Katkısı*, Yüksek Lisans Tezi, Bahçe Şehir Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Karaosmanoğlu, F. (2007, 12-13 Aralık). Biyoyakıt teknolojisi ve İTÜ araştırmaları, ENKÜS 2006- İTÜ Enerji Çalıştayı ve Sergisi, İstanbul.
- Karataş, S. (2009). *Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları İçerisinde Rüzgâr ve Güneş Enerjilerinin Yeri*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Kaygusuz, K., Şekerci, T. (2016). Biomass for efficiency and sustainability energy utilization in Turkey. *Journal of Engineering Research and Applied Science*, 5 (1), 332-341.
- Kılıç, F.Ç., ve Kılıç, M. K. (2013). *Jeotermal Enerji ve Türkiye*, *Mühendis ve Makine Dergisi*, 54(639), 45-56.
- Kılıç, F.Ç. (2015). *Güneş Enerjisi, Türkiye’deki Son Durumu ve Üretim Teknolojileri*, *Mühendis ve Makine Dergisi*, 56(671), 28-40.
- Kocaaslan, M. (2018). *Malatya İçin Güneş Pillerinden Elektrik Enerji Eldesi ve Maliyet Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya.
- Kocaman, B. (2015). *Yenilenebilir Enerji Kaynaklı Mikro Şebekelerde Enerji Yönetimi*, Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- Koç, A., Yağlı, H., Koç, Y., ve Uğurlu, İ. (2018). Dünyada ve Türkiye’de Enerji Görünümünün Genel Değerlendirilmesi, *Mühendis ve Makine*, 59, 86-114.
- Koç, E., Kaya, K. (2015). Enerji kaynakları-yenilenebilir enerji durumu, *Mühendis ve Makina Dergisi*, 56 (668), 36-47.
- Koç, E., Kaplan, E. (2008). Dünyada ve Türkiye’de Genel Enerji Durumu-II Türkiye Değerlendirmesi, *Termodinamik Dergisi*, 54 (188), 106-118.
- Köse, F. (2002). *Yenilenebilir Enerji Kaynakları (ve Sistemleri)*, Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Ders Notları, Konya.
- Nkuriyngoma, O. (2018). *Kayseri İli İçin Güneş Santrali Elektrik Enerjisi Üretim Tahmin Planlaması*, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Kayseri.
- Oral, F., Behçet, R., ve Aykut., K. (2017). Hidroelektrik Santral Rezervuar Verilerinin Enerji Üretimi Amaçlı Değerlendirilmesi, *BEÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 6 (2), 29-38.
- Oktik, Ş., Tozlu, C., Eke, R., ve Eltez, M. (2005). Güneş Enerjisi ve Muğla Üniversitesi Temiz Enerji Kaynakları Araştırma Geliştirme Merkezi (Mütek-Arge) Uygulamaları, 24. Enerji Verimliliği Haftası Etkinlikleri, Ankara, 17-18 Şubat.

- Oktik, Ş. (2001). *Güneş elektrik dönüşümleri fotovoltaik güneş gözeleri ve güç sistemleri*. Ankara: Temiz Enerji Vakfı Yayınları.
- Oskay, C. (2014). Sürdürülebilir Kalkınma Çerçevesinde Rüzgâr Enerjisinin Önemi ve Türkiye’de Rüzgâr Enerjisi Yatırımlarına Yönelik Teşvikler, *Niğde Üniversitesi İİBF Dergisi*, 7(1), 76-94.
- Özdamar, A. (2000). Dünya ve Türkiye’de Rüzgâr Enerjisinden Yararlanılması Üzerine Bir Araştırma, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 6 (2.-3), 133.145.
- Özgener, Ö. (2002). Türkiye’de ve Dünya’da Rüzgâr Enerjisi Kullanımı, *DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 4 (3),159-173.
- Özil, E., Şişmot, S., Özpınar, A. ve Olgun, B. (2013). *Elektrik Enerjisi Teknolojileri ve Enerji Verimliliği* (Birinci baskı) İstanbul: Tekstil Dokuma Matbaa, 111.
- Özmen, E. (2018). *Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımında Bir Model Olarak Güneş Şehirler: Manisa Örneği*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Öztürk, İ. ve Aksoy, İ. (2015). Solar Kablo Sistemleri, Güncel Standartlar, Malzeme Seçimi, Uygulamadaki Problemler ve Çözüm Önerileri. http://www.emo.org.tr/ekler/279810276b9648b_ek.pdf, Erişim Tarihi:17.11.2019.
- Öztürk, H., H. (2013). *Yenilenebilir Enerji Kaynakları* (Birinci Baskı). İstanbul: Birsen Yayıncılık, 322.
- Sadıkoğlu, F. (2018). *1 MWp Şebekeye Bağlı Güneş Enerjisi Santrali Performans Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Enerji Sistemleri Mühendisliği, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Sağlam, Ş. (2006). *Şebeke Bağlantılı Fotovoltaik Aydınlatma Sisteminin Bulanık Mantık İle Kontrolü*, Doktora tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Sayın, S., ve Koç, İ. (2011). Güneş enerjisinden aktif olarak yararlanmada kullanılan fotovoltaik sistemler ve yapılarda kullanım biçimleri, *S.Ü. Müh.-Mim. Fak. Dergisi*,17 (3), 1-7.
- Sayın, S., Koç, İ. (2011). Güneş Enerjisinden Aktif Olarak Yararlanmada Kullanılan Fotovoltaik (PV) Sistemler ve Yapılarda Kullanım Biçimleri, *Selçuk Üniversitesi Mühendislik Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 26 (3), 89-106.
- Şakir, Ş. (2015). Dünya’da ve Türkiye’de Jeotermal Gelişmeler. III. Jeotermal Kaynaklar Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Ankara.
- Şen, Z. (2002). *Temiz Enerji ve Kaynakları*(İkinci Baskı), İstanbul: Su Vakfı Yayınları, 45.
- Özil, E., Şişmot, S., Özpınar, A. ve Olgun, B. (2012). *Elektrik Enerjisi Teknolojileri ve Enerji Verimliliği* (Birinci baskı). İstanbul: Tekstil Dokuma Matbaa, 9.

- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Metooroloji Genel Müdürlüğü (MGM). <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler/istatistik.aspx?k=undefined&m=ADIYAMAN>, Erişim Tarihi: 10.05.2019.
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB). Bilgi Merkezi/Enerji/Elektrik, <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/elektrik>, Erişim tarihi: 24.11.2019.
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB). Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM), Güneş Enerjisi Teknolojileri, http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx, Erişim Tarihi: 30.04.2019.
- TMMOB, (2018). Türkiye'nin enerji görünümü, Makine Mühendisleri Odası, Oda Raporu, Ankara: Ankara matbaa, 320.
- TMMOB, (2019). Türkiye Enerji Görünümü, Makine Mühendisleri Odası Enerji Çalışma Grubu, Ankara.
- Türkiye elektrik iletim anonim şirketi (TEİAŞ) (2018). Kurulu güç raporları. <https://www.teias.gov.tr/tr-TR/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri>.
- Topçu, C., Türtük, Y.D. (2002). Ç.K.A, Çukurova Kalkınma Ajansı, Yenilenebilir Enerji Raporu, 2012/03.
- Tunçbilek, F.Ö. (2015). *Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Tarımda ve Kırsal Kalkınmada Kullanımı: Kütahya Simav Jeotermal Seracılık Örneği*, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kütahya.
- Türkiye İhracatçılar Meclisi (TİM) (2017). Türkiye ekonomisinde enerji sektörünün önemi, Erişim Tarihi: 01.05.2017.
- Uçar, S. (2018). *Çatı ve Cephelerde Fotovoltaik Panel Uygulamaları Üzerine Bir Çalışma: Burdur Örneği*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Arel Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Uçar, T., M. (2017). *Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Rüzgâr ve Güneş Enerjisinin İncelenmesi ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Uygulanabilirliğinin Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Urgun, N. (2015). *Yenilenebilir Enerji Kaynakları Bakımından Türkiye'nin Potansiyeli ve Bu Potansiyelin Harekete Geçirilmesine Yönelik Stratejiler*, (Yüksek Lisans Tezi basılmamış), Dumlupınar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kütahya.
- Ültanır, M., Ö. (1998). 21. Yüzyıla Girenken Türkiye'nin Enerji Stratejisinin Değerlendirilmesi. Yayın No: TÜSİAD-T/98-12/239, Lebib Yalkım Yayınları ve Basım İşleri A.Ş., İstanbul.
- Varınca, K., B., ve Gönüllü, M.T. (2006). Türkiye'de güneş enerjisi potansiyeli ve bu potansiyelin kullanım derecesi, yöntemi ve yaygınlığı üzerine bir araştırma. I. Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi, İstanbul.

Varınca, K., B., ve Varank, G. (2005). Güneş Kaynaklı Farklı Enerji Üretim Sistemlerinde Çevresel Etkilerin Kıyaslanması ve Çözüm Önerileri, İstanbul.

Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunu (2005), T.C. Resmi Gazete, 5346, yayım tarihi: 18.05.2005.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımına ilişkin kanununda değişiklik yapılmasına dair kanun (2010), T.C. Resmi Gazete, 6094, yayım tarihi: 29.12.2010.

Yergin, D. (2014). Enerjinin Geleceği. Ü. Şensoy (çev.). c.1. İstanbul: Optimist Yayım Dağıtım.

Yılmaz, Z. (2013). Türkiye'nin Mevcut Enerji Durumu, Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Sivas.

World Energy Council (2019). <https://www.worldenergy.org/experiences-events/world-energy-congress#fullpage1>. Erişim Tarihi:02.05.2019.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı-Soyadı : Aziz ARTAN
Uyruğu : Türkiye Cumhuriyeti
Doğum tarihi ve yeri : 20.12.1985- Adıyaman
Medeni hali : Evli
e-posta : azizartan@hotmail.com

Eğitim Derecesi	Okul/Program	Mezuniyet Yılı
Lisans	Adıyaman Üniversitesi	2017

İş Deneyimi/Yıl	Çalıştığı Yer	Görevi
2009-	Adıyaman Üniversitesi	Kamu görevlisi

Yabancı Dili

İngilizce

Bilimsel Faaliyetler (Yayınlar, Bildiriler, Katıldığı Projeler)

Artan, A., ve Koparan, E., (2019). "Adıyaman'ın iklim şartlarında güneş enerjisi", 3.Uluslararası Gap Matematik-Mühendislik-Fen ve Sağlık Bilimleri Kongresi, 29 Kasım- 1 Aralık 2019.