

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

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ADİYAMAN İLİ YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI POTANSİYELİ**

**Tuba ULUM**

**ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ŞANLIURFA**

**2019**

Doç. Dr. Mustafa ASLAN danışmanlığında Tuba ULUM 'un hazırladığı “**Adıyaman İli Yenilenebilir Enerji Kaynakları Potansiyeli** ” konulu bu çalışma 27.12.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

İmza

Danışman : Doç. Dr. Mustafa ASLAN .....

Üye : Doç. Dr. Harun TÜRKMENLER .....

Üye : Doç. Dr. Mehmet Fatih DİLEKOĞLU .....

**Bu Tezin Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım.**

**Doç. Dr. İsmail HİLALİ**

**Enstitü Müdürü**

**Not:** Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

# İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	ii
TEŞEKKÜR .....	iii
TABLOLAR DİZİNİ .....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	v
KISALTMALAR DİZİNİ .....	vi
1. GİRİŞ .....	1
1.1. Tezin Amacı .....	2
1.2. Tezin Kapsam ve Hedefi .....	3
1.3. Yenilenemez Enerji Kaynakları .....	4
1.3.1. Kömür .....	5
1.3.2. Petrol .....	8
1.3.3. Doğalgaz .....	9
1.4. Nükleer Enerji Kaynakları .....	10
1.5. Yenilenebilir Enerji Kaynakları .....	12
1.5.1. Güneş enerjisi .....	15
1.5.2. Rüzgâr enerjisi .....	18
1.5.3. Jeotermal enerji .....	21
1.5.4. Hidrolik enerji .....	23
1.5.5. Biyokütle enerjisi .....	26
1.5.6. Dalga enerjisi .....	27
1.5.7. Hidrojen enerjisi .....	28
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR .....	30
3. MATERYAL ve YÖNTEM .....	33
3.1. Materyal .....	33
3.2. Yöntem .....	39
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA .....	50
4.1. Adıyaman İlinin Biyokütle Enerji Potansiyeli .....	55
4.2. Adıyaman İlinin Güneş Enerji Potansiyeli .....	59
4.3. Adıyaman İlinin Rüzgâr Enerji Potansiyeli .....	62
4.4. Adıyaman İlinin Hidroelektrik Enerji Potansiyeli .....	67
4.5. Adıyaman İlinin Jeotermal Enerji Potansiyeli .....	69
4.6. Adıyaman İlinin Hidrojen Enerji Potansiyeli .....	69
4.7. Adıyaman İlinin Dalga Enerji Potansiyeli .....	69
5. SONUÇ ve ÖNERİLER .....	70
5.1. Sonuçlar .....	70
5.2. Öneriler .....	73
KAYNAKLAR .....	74
ÖZGEÇMİŞ .....	79

# ÖZET

**Yüksek Lisans Tezi**

## **ADIYAMAN İLİ YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI POTANSİYELİ**

**Tuba ULUM**

**Harran Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman: Doç. Dr. Mustafa ASLAN  
YIL: 2019, Sayfa: 79**

Dünya’da ve Türkiye’de enerji kaynaklarına olan ihtiyacı her geçen gün artmaktadır. Özellikle ülkemiz gibi gelişen ülkelerde; nüfusunun artışı, gelişen ekonomi, sanayileşme ve sosyoekonomik yapının yükselmesine paralel olarak enerji tüketimi hızlanmaktadır. Ayrıca, küresel enerji talebinin 2050 ve 2100 itibarıyla yaklaşık 30 veya 46 TW olacağı tahmin edilmektedir. Fosil enerji kaynaklarının hızlı bir şekilde tükenmesiyle; güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, jeotermal enerji, biyokütle enerjisi, hidroelektrik enerjisi, dalga enerjisi, hidrojen enerjisi gibi yenilenebilir enerjilerin kullanımı büyük önem kazanmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerin içinde yer alan ülkemizin artan nüfusuna paralel olarak büyüyen ekonomisi yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ihtiyacı arttırmaktadır. Günümüzde enerji konusunda %52 oranında dışa bağımlı olan ülkemiz, ihtiyacını karşılayabilmesi için yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyelini belirlemek ve kullanımının artması konusunda çalışmalar yapmak zorundadır. Aynı zamanda mevcut sınırları içinde yer alan fosil enerji kaynakları arama çalışmalarının yürütülmesi gerekmektedir. Bu kapsamda, Adıyaman ilinin; güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, jeotermal enerji, biyokütle enerjisi, hidroelektrik enerjisi, dalga enerjisi, hidrojen enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynakları bakımından potansiyelinin detaylı bir şekilde tespit edilmesi, noktasında enerji talebine destek sağlayacağı düşünülmektedir. Bu çalışma neticesinde, Adıyaman ilinin yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli güneş, rüzgâr, hidroelektrik enerjisinden toplam 251.252 MW/yıl, biyogaz enerji potansiyelinden teorik olarak üretililecek yıllık elektrik enerjisi ise 1.330 MW/yıl olduğu tespit edilmiştir. Bunun sonucunda, Adıyaman ilinin yenilenebilir enerjiden bir yılda toplam 252.582 MW/yıl elektrik enerjisi üretebileceği bulunmuştur. Jeotermal, hidrojen ve dalga enerjilerinin bulunmadığı belirlenmiştir. Genel olarak enerji kaynakları incelenerek değerlendirilmeye sunulmuştur.

**ANAHTAR KELİMELELER:** Adıyaman, yenilenebilir enerji, rüzgâr enerjisi, güneş enerjisi, hidro enerjisi.

## **ABSTRACT**

**MSc Thesis**

### **RENEWABLE ENERGY RESOURCES POTENTIAL OF ADIYAMAN PROVINCE**

**Tuba ULUM**

**Harran University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Environmental Engineering**

**Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Mustafa ASLAN  
Year: 2019, Page:79**

The need for energy resources in the world and Turkey is increasing every day. Especially in developing countries like our country; in parallel with the increase in population, developing economy, industrialization and increasing socioeconomic structure, energy consumption is accelerating. In addition, global energy demand is estimated to be around 30 or 46 TW by 2050 and 2100. With the rapid depletion of fossil energy resources; The use of renewable energies such as solar energy, wind energy, geothermal energy, biomass energy, hydroelectric energy, wave energy, hydrogen energy is gaining great importance. In parallel with the increasing population of our country, which is among the developing countries, its growing economy increases the need for renewable energy sources. Nowadays, 52% of our country is dependent on foreign energy and it has to determine the potential of renewable energy sources and increase its usage in order to meet its needs. At the same time, the exploration of fossil energy resources within the existing borders should be carried out. In this context, Adiyaman province; Solar energy, wind energy, geothermal energy, biomass energy, hydroelectric energy, wave energy, hydrogen energy, such as renewable energy sources in detail to be determined, it is thought to provide support to the energy demand. As a result of this study, it is determined that renewable energy potential of Adiyaman province is 251.252 MW / year from solar, wind and hydroelectric energy and the annual electricity energy that can be produced theoretically from biogas energy potential is 1.330 MW / year. As a result, it has been found that Adiyaman can generate 252.582 MW / year of electricity from renewable energy in one year. In general, energy sources are examined and presented for evaluation.

**KEY WORDS:** Adiyaman, renewable energy, wind energy, solar energy, hydro energy.

## TEŐEKKÖR

Yüksek lisans tez çalışmam sırasında bilgi ve engin tecrübelerinden yararlandığım danışman hocam Doç. Dr. Mustafa ASLAN'a ve tezimin hazırlanması sırasında katkılarından dolayı hocam Doç. Dr. Harun TÜRKMENLER'e teşekkür ederim. Bugüne gelmemde maddi ve manevi desteğini esirgemeyen annem Fatma ULUM'a, babam Zeynal Abidin ULUM'a şükranlarımı sunarım. Ayrıca her zaman yanımda olan kıymetli kardeşlerim Belkıs ULUM'a, Osman ULUM'a ve Kadir ULUM'a en içten sevgi ve muhabbetlerimi sunarım.



## TABLolar DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1.1. Ülkelerin Kömür Rezervleri.....	6
Tablo 1.2. Yenilenebilir Enerjiler.....	14
Tablo 3.1. Güneydoğu Anadolu Bölgesine Ait İller ve Konum Bilgileri.....	35
Tablo 3.2. Adıyaman İlinin Yıllara Göre Tahmini Elektrik Tüketimi.....	38
Tablo 3.3. Hayvan Türlerinin Ürettiği Gübre Miktarı.....	40
Tablo 3.4. Birim Hayvan Gübresi Başına Birim Biyogaz Üretimi.....	40
Tablo 3.5. Hayvan Türüne Göre Kuru Gübre Katsayıları.....	40
Tablo 4.1. Adıyaman İlinde Bulunan Mevcut Hayvan Sayılarının İlçelere Göre Dağılımları.....	51
Tablo 4.2. Adıyaman İlinde Bulunan Hayvan Sayıları.....	53
Tablo 4.3. Adıyaman İlinde elde edilen hayvansal atıkların hayvan cins ve ilçelere göre dağılımı.....	54
Tablo 4.4. Adıyaman İlinin Hayvansal Atıkların Enerji Değeri Analiz Sonuçları.....	55
Tablo 4.5. Adıyaman İli için biyogaz enerjisinden elektrik üretimi ve karbon salınımı azalımı.....	55
Tablo 4.6. Türkiye'nin yıllık ışıma ve güneşlenme değerlerinin bölgelere göre dağılımı.....	56
Tablo 4.7. GAP'ın illere göre güneşlenme süreleri ve radyasyon değerlerinin gösterimi.....	57
Tablo 4.8. Adıyaman Merkez ve İlçelerin Global Radyasyon Değerleri ve Güneşlenme Süresi.....	60
Tablo 4.9. Adıyaman İli Aktif Güneş Enerji Santralleri.....	60
Tablo 4.10. Türkiye'nin Bölgelere Göre Ortalama Rüzgâr Gücü Yoğunlukları.....	63
Tablo 4.11. Adıyaman İline Kurulabilecek Rüzgâr Enerjisi Santrali Gücü Kapasitesi.....	65
Tablo 4.12. Adıyaman İli Sincik Rüzgâr Enerji Santrali Ort (kw-h) Enerji Üretimi.....	67
Tablo 4.13. Adıyaman ilinde bulunan HES'ler ve Ortalama Gücü.....	68

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Fosil Yakıtların Tahmini Kalan Kullanım Süreleri .....	5
Şekil 1.2. Rüzgâr Türbinleri .....	19
Şekil 1.3. Jeotermal Enerjinin Oluşumu .....	22
Şekil 1.4. Hidroelektrik Enerji Santrali .....	24
Şekil 3.1. Türkiye Haritası .....	34
Şekil 3.2. Adıyaman İl Haritası .....	36
Şekil 3.3. Adıyaman İli Enerji Üretiminde Santral Tiplerinin Sınıflandırılması .....	38
Şekil 4.1. Adıyaman İli Büyükbaş Hayvanların Yüzdeler Olarak İlçelere Dağılımı .....	51
Şekil 4.2. Adıyaman İli Küçükbaş Hayvanların Yüzdeler Olarak İlçelere Dağılımı .....	52
Şekil 4.3. Adıyaman İli Kanath Kümes Hayvanların Yüzdeler Olarak İlçelere Dağılımı .....	52
Şekil 4.4. BEPA Adıyaman İli Yüz Ölçümünün Haritası .....	53
Şekil 4.5. Güneydoğu Anadolu Bölgesinin Direkt Normal Işınım .....	58
Şekil 4.6. Güneydoğu Anadolu Bölgesinin Yatay Toplam Işınım .....	58
Şekil 4.7. Adıyaman Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası .....	59
Şekil 4.8. Adıyaman ilinin GES kurulu güçlerin (MW) Grafiks gösterimi .....	61
Şekil 4.9. Güneşin Gözyaşları Projesi Kapsamında Kurulan Güneş Enerjisi Santrali .....	62
Şekil 4.10. Adıyaman İli Rüzgâr Enerji Potansiyeli .....	65
Şekil 4.11. Adıyaman'da Rüzgâr Enerjisi Santrali Kurulabilir Alanlar .....	65
Şekil 4.12. Adıyaman Sincik Rüzgâr Enerji Santrali .....	66
Şekil 4.13. Adıyaman İlindeki HES'lerin Kurulu Güçlerinin Grafiks gösterimi .....	69



## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ADYUTAYAM	Adıyaman Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi
BEPA	Biyokütle Enerji Potansiyeli Analizi Programı
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	Etan
CH <sub>4</sub>	Metan
CO <sub>2</sub>	Karbondioksit
DEK	Dünya Enerji Konseyi
DNI	Direct Normal Irridance Values (Direkt Normal Işınım)
EİE	Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü
EPDK	Enerji Piyasası Düzenlenme Kurulu
ETKB	T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
GEPA	Güneş Enerji Potansiyeli Atlası
GES	Güneş Enerji Santrali
GHG	GreenHouse Gas (Sera Gazı Emisyonu)
GHI	Global Horizontal Irridance Values (Yatay Toplam Işınım)
GWh	Gigawatt/saat (1 GWh = 10 <sup>3</sup> MWh = 10 <sup>6</sup> KWh = 10 <sup>9</sup> Wh)
HES	Hidroelektrik Enerji Santrali
ICHET	International Center for Hydrogen Energy Technologies (Birleşmiş Milletler Uluslararası Hidrojen Enerjisi Teknolojileri)
IEA	International Energy Agency (Uluslararası Enerji Ajansı)
KWh	Kilowatt/saat (1 KWh = 10 <sup>3</sup> Wh)
MÖ	Milattan Önce
MTA	Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
MTEP	Milyon Ton Eşdeğer Petrol
MW	Megawatt (Enerji Birimi) (1 MW = 10 <sup>3</sup> KW = 10 <sup>6</sup> W)
MWh	Megawatt/saat (Enerji Birimi) (1 MWh = 10 <sup>3</sup> KWh = 10 <sup>6</sup> Wh)
NO <sub>x</sub>	Azotoksitler
OECD	Organisation for Economic Cooperation and Development (Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü)
PAH	Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar
ppm	Part Per million
PV	Photovoltaic (Fotovoltaik Hücreler)
REN21	(Renewable Energy Policy Network for the 21 st Century) 21.Yüzyıl İçin Yenilenebilir Enerji Politikası Ağı
REPA	Rüzgâr Enerji Potansiyeli Atlası
RES	Rüzgâr Enerji Santrali
SO <sub>2</sub>	Kükürtdioksit
TEDAŞ	Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
Th <sub>232</sub>	Toryum
TW	Terawatt
U <sub>238</sub> , U <sub>235</sub>	Uranyum
UNIDO	United Nations Industrial Development Organization (Birleşmiş Milletler Sınai Kalkınma Örgütü)
USD	United States Dollar (Amerikan Doları)
YEK	Yenilenebilir Enerji Kaynakları

## **1. GİRİŞ**

Enerji, sanayinin gelişmesi ile birlikte hayati öneme sahip ihtiyaçlardan biri haline gelmiştir. Aydınlanma üretimde, dönüşümde, hayatın her alanında enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır. Yapılan her türlü üretimin sonucunda ve varolan herşey için enerji gerekmektedir. Enerji konusunun önemli ölçekte ön plana çıkmasının ana nedenleri; iklim değişikliği, fosil kökenli yakıtların bilinçsiz kullanımı, kullanılan bu fosil yakıtların tükenebilir olması, sera etkisinin artması, ülkelerin enerji ihtiyacını karşılamak için rekabetçi bakış açısına yol açan enerji temini sorunu olarak belirlenmektedir (Adıyaman, 2012).

Türkiye enerjiye olan ihtiyacının yaklaşık olarak % 52'lik gibi önemli bir kısmını ithalat yolu ile giderebilmektedir. Enerji kaynakları bakımından yetersiz olan ülkemiz ihtiyacını karşılamak için dış ülkelere milyarlarca dolar ödemektedir. Bu nedenle dışa bağımlılığı azaltmak, yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanarak, sürdürülebilir, yeni nesil, çevre ile dost enerji üretmek için araştırmalar sürdürülmektedir (Adıyaman, 2012).

Genel olarak enerji kaynakları yenilenemez (birincil), yenilenebilir (ikincil) olmak üzere iki ana grupta incelenmektedir. Doğal kaynaklardan doğrudan elde edilen doğal gaz, taş kömürü, ham petrol gibi yenilenemeyen kaynaklara fosil (birincil) enerji kaynakları denir. Yenilenebilir (ikincil) enerji kaynakları ise; güneş, hidrolik, rüzgâr, jeotermal vb. gibi sürekli kendini yenileyen, tükenmeyen enerji kaynaklarına denir (International Energy Agency, 2005). Fosil yakıtlar sonlu kaynaklar olup tükenme tehlikesi ile karşı karşıya olurken, yenilenebilir enerji kaynaklarının tercih edilmesi ile birlikte hem talep edilen enerji sağlanmakta hemde çevreci, temiz enerji yöntemleri kullanılarak enerji üretimi yapılmaktadır. İklim değişikliğinin azaltılması ve önlenmesi sağlanabilecektir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının bu özelliği nedeni ile tercih edilmesi önemlidir (Öden ve Arkadaşları, 2009).

1973 yılında petrol krizi ile ortaya çıkan enerji probleminin gündeme gelmesi gelişmiş ülkelerin yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimini arttırmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesi ve enerji kaynaklarının korunması giderek daha büyük bir önem kazanmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları sürdürülebilir olmasının yanı sıra, ekonomik, çevresel etkileri az olması nedeni ile yenilenemeyen enerji kaynaklarına oranla daha avantajlıdır (Öden ve Arkadaşları, 2009).

Türkiye 2005, yılında Paris İklim Değişikliği ve 2009 yılında Kyoto Protokolü'ne anlaşmalarına taraf bir ülke konumunda olduğundan, sera gazı emisyonlarını gönüllü olarak azaltmak istemektedir. Türkiye'nin önemli miktarda güneş, biyokütle, rüzgar enerjisi gibi yenilenebilir enerji potansiyeli olmasına rağmen bu potansiyeli kullanma oranı çok düşüktür. Türkiye'de son yıllarda yenilenebilir enerji potansiyelinin geliştirilmesine yönelik yasal düzenlemeler hızlandırılmış ve önemli teşvikler verilmeye başlanmıştır. Bu kapsamda, Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynakları potansiyelinin araştırılması, uygulanacak yeni teşvik mekanizmaları ve politikalarının bütüncül ekonomi üzerine etkilerinin sorgulanması ekonomik büyümenin sürdürülmesi açısından önem arz etmektedir (Torunoğlu Gedik, 2015).

### **1.1. Tezin Amacı**

Enerji, küresel dünyanın yapı taşıdır. Fosil enerji kaynaklarının kısıtlı olması, artan enerji talebi ile hızlı tüketilmesi, üretiminde meydana gelen çevre kirliliği yerli, çevre dostu, sürdürülebilir özelliklerini koruyan yenilenebilir enerji kaynaklarının araştırılması ve geliştirilmesini gerektirmektedir. Fosil yakıtlardan enerji üretimi, çevre kirliliğinin ana nedeni olarak bilinmektedir. Yenilenebilir enerji, çevreyi kirletmeden ışık, elektrik ve ısı sağlayabilen enerji kaynağı olarak tanımlanmaktadır. Yenilenebilir enerjinin en büyük avantajı, karbondioksit emisyonunu ortadan kaldırmasıdır. Bu kapsamda yenilenebilir enerji kaynaklarının araştırılmasının amacı;

doğa dostu, sürdürülebilir, çevreyle uyumlu, çevre sorunlarına alternatif bir bakış açısının geliştirilmesidir.

Bu tez çalışmasının temel amacı, Adıyaman ilinin mevcut yenilenebilir enerji kaynakları potansiyelinin belirlenerek, enerjiden etkin bir şekilde faydalanılması noktasında model teşkil etmesini sağlamaktır.

## **1.2. Tezin Kapsam ve Hedefi**

Son yıllarda azalan fosil enerji kaynakları, küresel ısınma, sanayileşme, popülasyon artışı, petrol rezervlerin azalması, teknolojik gelişmelerin hızlanması, çevre sorunlarının artışı, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimin artmasına neden olmuştur. Kalkınma ve refah düzeyinin temelini oluşturan enerjinin, tüm dünyada önemi artarak devam etmektedir. Bu tez çalışması, artan enerji ihtiyacına paralel olarak Adıyaman İli Merkezi ve sekiz ilçesi ele alınarak yenilenebilir enerji kaynakları potansiyelinin araştırılmasını kapsamaktadır. Bu kapsamda yenilenebilir enerji kaynakları; sera etkisinin olmaması, düşük maliyet gerektirmesi, yüksek enerji içeriğine sahip olması, açığa çıkacak olan enerjinin elektrik enerjisine dönüştürülebilmesi gibi avantajları nedeniyle gelecekteki enerji politikasının belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır.

Bu çalışmanın hedefi, Adıyaman ilinin yenilenebilir enerji kaynakları; güneş, jeotermal, rüzgâr, biyokütle, hidroelektrik, hidrojen, dalga enerjisi yönünden mevcut enerji potansiyelinin araştırılması, verilerin toplanması, pozitif ve negatif yönlerinin kıyaslamasının yapılması düşünülmektedir. Bunun sonucunda temiz, çevreci, yerli, sürdürülebilir enerjiden faydalanılması noktasında geleceğe yönelik enerji üretimleri için kaynak belirlenmesi hedeflenmektedir.

### 1.3. Yenilenemez Enerji Kaynakları

Konvansiyonel enerji kaynakları olarak da adlandırılan fosil yakıtlı kaynaklar hayvan ve bitki atıklarının yüzyıllarca süren kimyasal dönüşümleri sonucunda oluşmaktadır. Bu fosil yakıtlı kaynaklar jeolojik süreçte oluşan doğal kaynaklardır. Yüksek miktarda karbon, azot, kükürt içeren bir yapıya sahiptirler (Güler, 2012).

2023 yılında elektrik tüketiminin bugüne oranla yaklaşık iki kat artacağı tahmin edilmektedir. Elektrik üretiminde kullanılan yenilenebilir enerji payının %30 olması hedeflenmektedir. Ülkemizin elinde bulunan yenilenebilir enerji potansiyelini daha verimli ve etkin bir şekilde kullanması noktasında özellikle son dönemde yaşanan olumlu gelişmeler, gelecek hedeflerin gerçekleştirilmesi anlamında katkı sağlamaktadır (Karagöl ve Kavaz, 2017).

Fosil yakıtlardan enerji elde edildikten sonra tekrar kullanılması mümkün değildir. Dünya’da ve Türkiye’de her geçen gün enerji tüketimi artmakta, bunun sonucunda mevcut enerji kaynakları hızla azalmaktadır (ETBK, 2019).

Çevresel etkiler açısından incelendiğinde, fosil enerji kaynaklarının kullanımı sonucu atmosfere sera gazları ( $CO_2$ ,  $CH_4$ ,  $N_2O$ , Hidroflorür karbonlar) salınmaktadır. Atmosferde salınan sera gazları sanayi devriminden sonra  $CO_2$  oranını %25 arttırmıştır. 2050 yılına kadar ise bu oranın yüzde yüz artacağı varsayılmaktadır. Ayrıca,  $SO_2$  ve  $NO_x$  gibi gazlar atmosfere yayıldığında asit yağmurlarına neden olmaktadır. Yıllık ortalama birim elektrik enerjisi (MWh) için fosil esaslı enerji kaynakları atmosfere, 860 kg  $CO_2$ , 10 kg  $SO_2$  ve 3 kg  $NO_x$  yaymaktadır. Bir rüzgar türbininin 0.6 MW gücündeki ve %30 kapasite ile çalışması halinde ortalama yılda, 1.356 ton  $CO_2$ , 16 ton  $SO_2$  ve 5 ton  $NO_x$  tasarruf edilmiş olunacağı öngörülmektedir (Torunoğlu Gedik, 2015).

Şekil 1.1’de Dünyada doğal gaz, kömür ve petrol kaynaklarının tahmini kullanım miktarları ve yıllık üretim verilerine ilişkin bilgi verilmiştir.



Şekil 1.1.Fosil yakıtların tahmini kalan kullanım süreleri (ETBK, 2019)

Fosil yakıtlı kaynaklar;

- Kömür,
- Petrol ve ürünleri,
- Doğalgaz olarak ele alınmaktadır.

### 1.3.1. Kömür

Kömür dünyada en yaygın kullanılan fosil yakıttır. Bitki kalıntılarının oksijensiz ortamda yüksek basınç altında kalmasıyla oluşan fosil yakıt grubudur. Bitkiler, daha çok su altında olanlar önce bataklık kömürü, yer tezeği, denen kömüre dönüşür. Bu kömür yüksek kükürtlü kalitesiz bir kömürdür. Daha sonra yüksek basınç ve sıcaklıkla linyit oluşur. Sonraki aşamalarda yağsız kömür, ardından taş kömürü en sonda antrasit oluşur. Üst düzey kömürleşme ürünlerinin çevre etkisi azdır (Güler, 2012).

Düşük maliyetlerle elde edilen kömür dünyanın pek çok yerinde bulunmaktadır. Aynı zamanda güvenilir, ekonomik bir yakıt olduğu için de enerji üretimindeki payı büyüktür (Güneş, 2009).

Dünya üzerindeki kömür kaynaklarının %31.3'ü Avrupa-Avrasya ülkelerinde, %41.0' ı Asya-Pasifik ülkelerinde, %25.0' ı Kuzey Amerika ülkelerinde, %1.4'ü Afrika-Doğu Akdeniz ülkelerinde ve son olarak %1.4 Orta ve Güney Amerika ülkelerinde yer almaktadır. Ülkemiz kömür rezervi ve üretim miktarı açısından dünya ölçeğinde linyitte orta seviyede, taşkömüründe ise alt seviyede değerlendirilebilir. Dünyada toplam linyit-alt bitümlü kömür rezervinin yaklaşık olarak %3.2' si ülke sınırlarımız içerisinde bulunmaktadır. Ülkemizde taş kömürü rezervlerinin büyük bir bölümü Zonguldak ve civarında yer almaktadır. Ayrıca Şırnak ve civarında da büyük bir kaynak söz konusudur. Ülkemizde kömür kullanılarak üretilen enerji 2018 yılında 18.997 MW'dır. Toplam kurulu gücü enerjimizin %21.5' ine karşılık gelmektedir. 10.203 MW kurulu güç yerli kömür, 8.794 MW kurulu güç ise ithal kömür kaynaklıdır. Aşağıda verilen Tablo 1.1'de, yer yüzeyindeki kömürün yaklaşık % 90' nı aşağıda belirtilen ülkelerde bulunmaktadır (ETBK, 2019).

Tablo 1.1. Ülkelerin kömür rezervleri (ETBK, 2019)

ÜLKELER(KÖMÜR REZERVLERİ)	MİLYAR /TON
ABD	250.9
Rusya Federasyonu	160.4
Avustralya	144.8
Çin	138.8
Hindistan	97.9
Almanya	36.0
Ukrayna	34.4
Polonya	25.9
Kazakistan	25.6
Endonezya	22.7
<b>Türkiye</b>	<b>17.9</b>

Dünya enerji konseyinin araştırmasına göre; dünya genelinde toplam 892 milyar ton işletilebilir kömür rezervi bulunmaktadır. Bu rezervin 403 milyar tonu antrasit ve bitümlü kömür, 201 milyar tonu linyit ve 287 milyar tonu ise alt bitümlü kömürdür (DEK, 2019).

Kömür zenginleştirme amaçlı yapılan yakma işlemleri NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, CO vb. kirletici gaz salınımı artırır. Ayrıca kömür madeninde ve santralde su tüketimi yüksek seviyededir. Bu nedenle su kirliliğine etkileri de yüksektir. Hem hava kirliliği, hemde de su kirliliği gibi çevresel etkileri olan kömür kullanımı ve yakılması sırasında küresel ısınmaya ve sera gazlarının oluşmasına da neden olur. Sera gazları kömürün yakılması sırasında oluşur. Bunlar CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O ve su buharı gibi gazlardır. Bu gazlar direkt etkilerin yanı sıra dolaylı olarak da küresel ısınmaya neden olur. Kömürün damıtılması ve yanması sonucu oluşan katran ve çok halkalı aromatik hidrokarbonlar ortaya çıkmaktadır. Çok halkalı aromatik hidrokarbonlar fosil kökenli yakıtlarda ve yan ürünlerinde yüksek miktarda bulunmaktadır. Kömürün damıtılması sonucu oluşan katran, akciğer ve deri kanserine neden olabilmektedir. PAH karışımlarının etkisine uzun süre maruz kalan insanlarda sonrasında kanser gelişebilmektedir. Bu etkilerine ilave olarak kömürün çıkarılması, kullanılması, yakılması ve enerjiye dönüştürülmesi işlemlerinde görülebilecek avantaj ve dezavantajları da aşağıdaki şekilde özetlenebilir (Güler, 2012).

#### **Avantajları;**

- Petrol ve doğal gazla göre ucuz bir enerjidir.
- Sıvı ya da gaz biçime dönüştürülebilmektedirler.
- Çok ucuza büyük miktarda elektrik enerjisi elde edilebilir.

#### **Dezavantajları;**

- Havaya kirletici salınımı yüksek seviyededir.
- Kömür madenciliği yerel habitatların yıkımına neden olur.
- Yenilenebilir değildir, fosil yakıttır.
- Kömür madenciliği hala en tehlikeli iş alanlarından biridir.



### 1.3.2. Petrol

Petrol karbon, hidrojen, oksijen, nitrojen ve kükürtten oluşan organik bir bileşiktir. Katı, sıvı, gaz formda bulunabilir. Petrolün gaz hali, doğal gaz olarak adlandırılmaktadır. Doğal gazın ve petrolün temel bileşenleri karbon ve hidrojeninden meydana geldiği için 'Hidrokarbon' olarak isimlendirilmektedir. 2017 yılında dünyada 97.4 milyon varil/gün petrol üretilmiştir ve dünya enerji ihtiyacının %34'ünü karşılamıştır. Yeryüzündeki doğal gaz ve petrol kaynaklarının yaklaşık %70'i ülkemize yakın orta doğu ve orta asya coğrafyasında yer almaktadır. Stratejik öneme sahip olan ham petrol birincil enerji kaynakları arasında 2017 yılı itibarıyla dünya enerji talebinin %33.7'sini karşılamıştır. Türkiye'de fazla petrol yatağı bulunmadığı için ithal edilmektedir. Türkiye'nin petrol yataklarının %98'i Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde üzerinde bulunmaktadır (ETBK, 2019).

Çevresel etkileri yönünden bakılacak olursa; petrol üretimine bağlı başlıca çevresel kirlilik etkenleri petrol üretim atıkları, kirlenmiş olan üretim atıksuyu, sondaj atıkları, hava salınımları olarak sıralanmaktadır. Petrol tüketimine bağlı enerji elde edilmesi egzoz gazlarından baca gazlarına kadar birçok toksik bileşenin salınımına, bunlara bağlı olarak toprak, su ve hava kirliliği ile ilişkili çevre ve sağlık sorunlarına neden olmaktadır. Biyoçeşitlilik ve ekosistemler etkilenmektedir. Petrolün avantajları ve dezavantajları aşağıda verilmektedir (Güneş, 2009).

#### **Avantajları;**

- Taşıtların daha hızlı ve daha uzun mesafeye gidebilmesini sağlar.
- Yüksek enerji sağlar.
- Isı değeri yüksektir bir enerjidir.
- Büyük bir sanayi ve iş alanıdır.
- Elektrik, plastik, mum, asfalt, kükürt elde edilir.
- Yandığında güçlü bir enerji kaynağıdır.
- Kolay yanabilir.

- Boru ile akıtılabilir.
- Elde edilmesinde yeni teknoloji gerekmemektedir.

**Dezavantajları;**

- Yenilenebilir değildir.
- Çevreye bol miktarda kirletici salımına yol açar.
- Sera gazları yayar.
- Yakılması milyonlarca yılda bağlanmış karbon dioksitin salınmasına yol açar. Bu durum doğal karbon döngüsünü bozar.
- Deniz ve kara kirliliğine yol açar.
- Sızıntı ve saçılımları çevresel afet boyutu oluşturabilir.
- Kirliliği doğal yaşamı ve biyoçeşitliliği yok eder.
- Arama işlemlerinin ekonomiktir fakat çevresel maliyeti yüksektir.
- Pahalıdır. Taşınması en tehlikeli enerji kaynağıdır.
- Boru hatları ve tankerler terör hedefi haline gelebilir.
- Kullanılmış petrolün temizlenmesi, kullanımı çok güçtür.
- Arıtımı ve bileşenlerine ayrılması çok enerji gerektirir.
- Yeteri yanması yüksek miktarda CO salınımına ve zehirlenmelere yol açar.
- Küresel pazarın güvenilir olmaması özellikle gelişmekte olan ülkelerde ekonomik, sosyal ve siyasal sonuçlarına neden olabilir.
- Petrol arama ve çıkarma çevresel yıkıma neden olabilir.

**1.3.3. Doğalgaz**

Petrolün türevi olan doğal gaz havadan hafif, yanıcı, kokusuz ve renksiz bir gazdır. Etan ( $C_2H_6$ ), metan ( $CH_4$ ) vb. hidrokarbon bileşiklerinden oluşmaktadır. Genellikle petrol ile birlikte ya da aynı kaynak bölgesinde yer alır. Doğal kaynağından çıkarılarak bir işlem yapılmadan kullanılabilen doğal gaz, boru hatlarıyla ya da sıvılaştırılarak tankerlerle taşınır. 33.1 trilyon metreküp ile Afrika ve Asya, daha sonra 62.2 trilyon metreküpü Avrupa ve Avrasya, 79.1 trilyon metreküpü Pasifik Orta Doğu

coğrafyalarında bulunmaktadır. Fosil yakıtlar içerisinde küresel olarak en zararsız olan enerjidir.

Elektrik üretiminde ve endüstride kullanılmaktadır. Türkiye' nin doğalgaz rezervinin az olması nedeni ile komşu ülkelerden ithal edilmektedir. Doğal gaz tüketimimiz 2017 yılı sonunda 53.5 milyar m<sup>3</sup> olarak kullanılmıştır (ETBK, 2019). Doğal gazın avantajları ve dezavantajları aşağıda verilmektedir.

#### **Avantajları;**

- Is, kurum ve kükürt dioksit salmadan yanar.
- Yakılması, yer altı suyu ve toprak kirliliği yaratmaz.
- Değişik aygıtlarla ısıtma, pişirme, su ısıtma vb. amaçlarla kullanılabilir.
- Diğer fosil yakıtlara göre daha temizdir.
- Araçlarda yakıt olarak kullanılabilir.
- Plastik, boya amonyak üretiminde hammadde olarak kullanılabilir.

#### **Dezavantajları;**

- Yenilenebilir enerji kaynağı değildir.
- Karbondioksit salınımı yüksek seviyedir.
- İyi yalıtılmamış konutların ısıtılmasında kullanılması maliyeti artırmaktadır.
- Sızıntılar yangın ve patlamaya yol açmaktadır.

### **1.4. Nükleer Enerji Kaynakları**

Nükleer enerji, farklı atomların çeşitli reaksiyonlar sonucunda birleşmesi ya da parçalanması ile elde edilen bir enerji çeşididir. Füzyon reaksiyonu sonucu açığa çıkar. Nükleer yakıt ve diğer bileşenler içerisinde ısı enerjisine, kinetik enerjisine ve nihayetinde elektrik enerjisine dönüştürülebilir (Uluslararası Enerji Ajansı, 2019).

Nükleer enerji üretiminde uranyum ve toryum gibi elementlerden yararlanılmaktadır. Uranyum ( $U_{238}$ ,  $U_{235}$ ) ve toryumun ( $Th_{232}$ ) radyoaktiviteleri oldukça

yüksektir. Ayrıca toryum bazı işlemlerden geçirilerek uranyuma dönüştükten sonra kullanılmaktadır. Bu nedenle toryumun kullanımı uranyuma göre daha pahalıdır ve daha zor elde edilmektedir. Nükleer enerji üretiminde kullanılan bu elementler dünyada birçok ülkede bulunmasına rağmen üretimi sınırlı ülkeler yapmaktadır. Çünkü nükleer enerji üretiminin yapılabilmesi için ülkelerin belirli yüksek teknolojik gelişmeye sahip olması gerekmektedir. Nükleer enerjiyi üreten ülkelerin çoğunluğu OECD'ye üye ülkelerdir (Ağaçbiçer, 2010).

Nükleer enerji santralleri dünyanın birçok ülkesinde kullanılmaktadır. Enerjinin yanı sıra güç kaynağı olarak da kullanılmaktadır. Meteorolojik ve çevre koşullarından etkilenmeden enerji üretimini sağlayabilmektedir. Genellikle uranyum, radon vb. kaynaklardan üretilir. Bu kaynaklar dünyanın farklı coğrafyalarında mevcuttur. Nükleer enerji kaynağının ilk yatırım maliyeti yüksek olmasına rağmen diğer enerji kaynaklarına göre özellikle elektrik üretimi açısından daha ucuzdur. Uygun teknolojiler ile tesis edildiklerinde çevreye, yerleşim alanlarına ve doğal yaşam alanlarına etkileri minimumdur (URL6, 2019).

Çevresel etkileri yönünden bakılacak olursa; fosil yakıtlı kaynaklarının tükenebilir olması nükleer enerji kullanımını önemli hale getirmektedir. Ancak nükleer enerji önemli bir enerji kaynağı olmasına rağmen gerekli önlemler ve tedbirler alınmazsa en tehlikeli enerji kaynakları arasında yer almaktadır. Nükleer santraller bol miktarda enerji sağlayabilecek potansiyel olarak görülmektedir. Nükleer enerjinin avantajları ve dezavantajları verilmektedir.

#### **Avantajlari;**

- Karbondioksit salınımı az miktardadır.
- Enerji verimliliği yüksektir.

#### **Dezavantajlari;**

- Radyoaktif atık sorunu çözülememiştir. Tehlikesi binlerce yıl sürebilir.

- Yüksek güvenlik standartlarına rağmen %100 güvenli yapılmamaktadır. Kazalar insan ve canlı varlığını tehlikeye atabilecek boyuta ulaşabilmektedir.
- Tesisler ve atıklar terör hedefleri haline gelebilmektedir.
- Nükleer enerjinin radyoaktif atıkları nükleer silah yapımında kullanılma riski taşımaktadır.
- Enerji kaynağının temeli uranyumdur ve dünyadaki uranyum kaynaklarının 30-50 yıl yetebileceği hesaplanmaktadır.
- Risk olasılıkları yüksektir.

### 1.5. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Petrol, doğalgaz ve kömüre dayalı geleneksel enerji kaynakları çevreye, ekonomik ilerlemeye ve insan hayatına zarar vermektedir. Gelecekteki kömür, doğalgaz ve petrol kullanımı Kyoto Protokol'ünde belirtildiği gibi sera gazının azaltılma hedefi konusunda en ciddi zorluklardan biridir. Yenilenebilir enerji kaynakları, sürdürülebilir enerji kaynaklarıdır. Yani, doğal süreçlerle kendi kendini yenileyebilen enerji kaynaklarına denir. Yenilenebilir enerji kaynakları dünyadaki toplam enerjinin, yüzde 15 ile yüzde 20'si arasında bir yerde bulunmaktadır (Akella ve Arkadaşları, 2008).

2035 yılına kadar öngörülen uluslararası enerji projeksiyonlarında, enerji talep ve arzına ilişkin bir takım çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalara dayanarak, dünyanın net elektrik üretimi 2007 yılında yüzde 87 oranında artmıştır. 2018'de 25.8 trilyon kWh'e ulaştığı tespit edilmiştir. 2020'de 25.0 trilyon kWh'e ve 2035'te 35.2 trilyon kWh olacağı tahmin edilmektedir. Başlangıçta dünya kömür, petrol ve doğal gaza bağlı geleneksel enerji kaynaklarını kullandı. Fakat bu geleneksel yakıt kökenli enerji kaynaklarının aşırı kullanımı, ekonomik ilerlemenin yanı sıra, çevre ve insan yaşamına birçok açıdan zarar verdiği belirtildi. Dünya'nın dikkatleri, gelişen enerji ihtiyacını karşılamak için yenilenebilir enerji kaynaklarına (güneş, jeotermal, hidroelektrik, rüzgâr) yönelmektedir (Aly ve Hussien, 2014).

Rüzgâr, güneş, deniz ve okyanustaki dalgalar, akarsular üzerine inşa edilen barajlar ve yeraltındaki sıcak su kaynaklarından elde edilen enerji kaynakları; yenilenebilir enerji kaynakları olarak ifade edilmektedir. Fosil yakıtlı enerji kaynakları gibi tükenbilir değildir. Bu kaynaklar yeniden üretilebilirler ve dolayısıyla insanların yaşam boyu enerji ihtiyacını karşılayabilirler. İklim değişikliğine, küresel ısınmaya, doğal dengenin bozulmasına ve çevreye zararlı etkileri düşüktür. Bu avantajların yanı sıra üretimlerinde ilk yatırım maliyetleri yüksektir. Son yıllarda yapılan araştırma ve çalışmalarda maliyetleri düşürme yönünde mesafeler kaydedilmiştir. Böylelikle yenilenebilir enerji sektörünün gelişimi, talebin artması maliyeti düşürme yönünde çabaları arttırmıştır (Boztepe, 2009).

Dünya çapındaki potansiyel elektrik üretiminin yalnızca küçük bir kısmını bugün ki yenilenebilir enerji kaynakları sağlamaktadır. Fakat yapılan birçok çalışma, potansiyel kısıtlamaları hesaba kattıktan sonra bile, gelecekteki elektrik ihtiyaçlarının önemli bir kısmını sağlamak için yenilenebilir enerjinin hızla kullanılabilmesini göstermektedir. Yenilenebilir Enerji Kaynakları 2010 Küresel rapor verilerine göre yenilenebilir enerjiler dört farklı alanda geleneksel yakıtların yerini almaktadır. Bunlar; elektrik üretimi ve motor yakıtları, sıcak su ve alan ısıtma, son olarak da kırsal enerji hizmetleridir.

**1. Elektrik Üretimi:** Günümüzde elektrik enerjisinin yaklaşık %20'si yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilmektedir. Yenilenebilir enerji jeneratörleri birçok farklı ülkeye yayılmakta ve rüzgar enerjisi tek başına zaten bazı alanlarda önemli bir elektrik payı sağlamaktadır. Örneğin, Kuzey Almanya eyaletinde Schleswig-Holstein'da %40'ını, ABD'nin Iowa eyaletinde %14'ünü ve %49 ise Danimarka'dadır. Bazı ülkeler gücünün çoğunu, İzlanda (%100), Norveç (%98), Brezilya (%86), Avusturya (%62), Yeni Zelanda (%65) ve İsveç (%54) dahil olmak üzere yenilenebilir kaynaklardan almaktadır.

**2 Isıtma:** Güneş enerjisiyle çalışan sıcak su, birçok ülkede, özellikle de şu anda küresel toplamın %70'ine (180 GWh) sahip olan Çin'de yenilenebilir ısıya önemli bir katkı sağlamaktadır. Bu sistemlerin çoğu çok aileli apartman binalarına kurulmaktadır.

Çin'deki tahmini 50-60 milyon hanenin sıcak su ihtiyacının bir kısmı bu şekilde karşılanmaktadır. Dünya genelinde, toplam kurulu güneş enerjili su ısıtma sistemleri, 70 milyondan fazla hanenin su ısıtma ihtiyacının büyük bir kısmını karşılanmaktadır. Biyokütlenin ısıtma için kullanımı da artmaya devam ediyor. İsveç' te, ulusal biyokütle enerjisi kullanımı, petrolün kullanma değerini aşmaktadır. Isıtma için doğrudan jeotermal enerjinin kullanımı da artmaktadır.

**3. Nakliye Yakıtları:** 2006'dan beri Amerika Birleşik Devletleri'nde yenilenebilir biyoyakıtlar, petrol tüketiminde önemli bir düşüşün olmasına neden olmaktadır. 2009' da ise dünya çapında üretilen 93 milyar litre biyoyakıt, dünyadaki benzin üretiminin yaklaşık %5'ine eşit olduğu tahmin edilen 68 milyar litre benzine eşdeğerdir (Klugmann ve Radziemska, 2014).

Fosil enerji kaynaklarına kıyasla yenilenebilir enerji kaynakları açısından ülkemiz oldukça büyük avantajlar sahiptir. Buna rağmen yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı istenilen düzeyde değildir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılması yönelik birçok teşvik yapılmaktadır (Güneş, 2009). Yenilenebilir enerji kaynakları, Tablo 1.5'de verilmektedir.

Tablo 1.2.Yenilenebilir enerjiler

YENİLENEBİLİR ENERJİ ÇEŞİTLERİ	ENERJİNİN KAYNAĞI
Güneş Enerjisi	Güneş
Hidrojen Enerjisi	Su ve Hidroksit Kaynaklar
Jeotermal Enerji	Yeraltındaki Sıcak Sular
Hidrolik Enerji	Nehir ve Akarsular
Biyokütle Enerjisi	Biyokütle
Dalga Enerjisi	Okyanus ve Denizel Kaynaklar
Rüzgâr Enerjisi	Rüzgâr

### 1.5.1. Güneş Enerjisi

Bütün enerji kaynaklarının direkt ve dolaylı kaynağı Güneş'tir. Güneş enerjisi bütün enerjilerin kaynağı olarak bilinmektedir. Güneş enerjisi, güneş ısısından ve ışığından enerji elde edilmesi ve bu elde edilen enerjinin dönüştürülerek kullanılması şeklinde ortaya çıkan bir enerjidir (Karaca, 2012).

Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde güneş enerjisi tükenmez bir enerjidir. Temiz ve çevrecidir. İklim değişimi ve küresel ısınmaya etkisi minimumdur. Yılda 1.5 katrilyon ( $1.5 \times 10^{15}$ ) MW/h güneşten enerji sağlanmaktadır (ETBK, 2015).

Uluslararası Enerji Ajansı'nın analizlerine göre, güneş ışığının yeryüzüne 90 dakika ışınım sağlanması ile, dünyanın bir yıllık ihtiyaç duyduğu enerji miktarını karşılayacak düzeydedir. Yenilenebilir enerji kaynakları üretiminde 2030 yılına kadar her yıl yaklaşık %1'lik artış beklenmektedir (Energy Statistics Handbook, 2010). 2050 yılına gelindiğinde enerji üretiminin yaklaşık %11'lik kısmının yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanacağı tahmin edilmiştir.

Güneş enerjisinin çeşitli formları bulunmaktadır. Güneş ana enerji kaynağı ışık ve ısı şeklinde ve dolaylı olarak da farklı şekillere dönüştürülmektedir (Panwar ve Arkadaşları, 2010). Güneş enerjisi yeryüzünde en fazla bulunan, sürekli ve yaygın olarak kullanılan yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir. Güneş  $3.8 \cdot 10^{23}$  kW hızında enerji yayar ve bununla birlikte yaklaşık  $1.8 \cdot 10^{14}$  kW'ı dünya tarafından engellenir (Thirugnanasambandam ve Arkadaşları, 2010).

Güneş enerjisinin çok çeşitli kullanım alanları bulunmaktadır. Örneğin; yemek pişirmek, ürün kurutmak, su ısıtmak vb. bir çok alanda kullanımı yaygındır. Bu kullanım alanları içerisinde güneş enerjisi ile pişirme doğrudan ve en rahat uygulamasıdır. Güneş enerjisi, enerji kaynakları içerisinde yemek pişirmede önde gelen umut verici bir seçenek olarak gösterilmektedir (Biermann ve Arkadaşları, 1999).



Dünyada güneş enerjisi ile çalışan birçok güneş ocağı bulunmaktadır. Bunların dışında kutu tipi güneş ocakları da yaygın olarak kullanılmaktadır. Kosto Rika da yapılan bir çalışmada tüm dünyada kullanılan güneş fırınlarının, geleneksel odun fırınları ve elektrikli sobalarla avantajları ve dezavantajları karşılaştırıldı. Ortak bir sıcak kutu tipi güneş enerjisi ile çalışan fırının kendi kendini geri ödeme süresi 6-8 ay sürerken, geleneksel odun ve elektrikli sobalarla çalışan fırınlarda ne yazık ki bu oran sürekli devam etmektedir. Güneş enerjisi ile çalışan fırın yılda yaklaşık 16.8 milyon/ton odun tasarrufu sağlayabilir ve yılda 38.4 milyon/ton karbondioksit salınımını ayrıca önleyebilir. Fakat odun ve elektrikli soba ile çalışan fırınlar için bunlar söylenmemektedir (Nandwani, 1996). Güneş enerjisi üç şekilde kullanılmaktadır.

**1. Fotovoltaik Sistemler:** Elektrik üretimi için ideal olan fotovoltaik hücreler (PV Hücreler) doğrudan fotonları güneş enerjisine dönüştürerek elektrik üretir. PV hücreleri yarı iletken malzemedir yapılmaktadır. Fotovoltaik sistemler elektrik üretimde CO<sub>2</sub> ve sera gazı emisyonları salınımı yoktur.

**2. Güneş Enerjisi Termik Santralleri:** Bu santrellerin üç temel tasarımı vardır. Parabolik kolektörlü güneş enerjisi santralleri, parabolik tabakalı güneş enerjisi santralleri, merkezi kuleli güneş enerjisi santralleri olmak üzere üç versiyondada su ısıtılır, buharlaştırılır ve geri kalını klasik buhar santralleri sistemleri gibi çalışma esasına dayanır. CO<sub>2</sub> emisyonlarını büyük ölçüde azaltabilmektedir.

**3. Güneş Enerji Sistemleri:** Bu sistemler sıcak su ve ısıtma için kullanılan güneş enerjisi sistemidir. Su yalnızca güneş enerjisi ile ısıtılmaktadır ve bunun için yakıt, herhangi bir yanma olayı gerçekleşmemektedir. Bu özelliğinden dolayı çevre dostudur (Vezmar ve Arkadaşları, 2014).

Güneş enerjisi sistemleri günümüzde birçok alanda kullanılmaktadır. Elektrik enerjisi üretiminde, otomasyon ve sinyalizasyonda, araçlarda, seralarda, uydu sistemlerinde, ulaşım araçlarında, tarımsal teknolojilerde, sanayide, iş yerlerinde, konutlarda ve daha sayamadığımız pek çok alanda kullanılmaktadır (Kumbur ve

Arkadaşları, 2005). Güneş enerjisi sistemleri başlangıç maliyetleri yüksek olmasına karşın uzun kullanım süresi nedeni ile sürdürülebilirdir. Aynı zamanda güneş enerjisi teknolojik olarak verimli, ekonomik ve maliyeti göze alınabilir bir enerji kaynağıdır Güneş enerjisinin avantajları ve dezavantajları aşağıda incelenmektedir (Güler ve Çobanoğlu, 1997).

### **Avantajları;**

- Güneş enerjisi temiz ve çevreye zararı olmayan bir enerjidir.
- Sessizdir, gürültü kirliliği yapmaz.
- Aynalar çatılara kurulabildiğinden yer sorunu yaratmaz.
- Dünya'nın her yerinde uygulanabilir.
- Tüketicinin fosil yakıt tüketimine katkısını azaltır.
- CO<sub>2</sub> ve sera gazı salınımı yapmaz.
- Bazı ülkelerde vergi avantajı sağlamaktadır.
- Ucuzdur.
- Ulusal şebekeyle bağlantı kurulmadan yararlanılabilir.
- Başlangıç maliyeti yüksek olmasına karşın giderek ucuz enerji sağlamaktadır.
- 20 yıla kadar garanti verilebildiğinden sürdürülebilirliği yüksektir.

### **Dezavantajları;**

- Başlangıç maliyetleri yüksektir.
- Üretimi, taşınması ve kurulmasına bağlı küresel etkileri olabilmektedir.
- Gece sürelerinde enerji üretememektedirler.
- Görüntü sorunu yaratabilir.
- Hava durumları verimliliği etkiler.
- Hava kirlilikleri de verimini düşürebilir.
- Aynaları geri dönüşüm sorunu yaratabilir.

### 1.5.2. Rüzgâr Enerjisi

Güneş enerjisinden sonra, rüzgar kaynağı önemli bir enerji kaynağıdır. Birbirine yakın bulunan iki basınç bölgeleri arasındaki yer değişikliği sonucu oluşan rüzgar bir hava akımı oluşturur. Rüzgâr enerjisi, sıcaklıkları farklı hava kütlelerinin yer değiştirme hareketleri sonucunda oluşur. Bu nedenle rüzgâr enerjisi hareket enerjisi olarak da adlandırılmaktadır. Güneş enerjisinin dolaylı bir şekli olan rüzgâr enerjisi, güneş ile yeryüzüne temas eden enerjinin %1-2'sini rüzgâr enerjisine dönüştürebilmektedir (Güneş, 2009).

Rüzgâr enerjisinden elektrik enerjisi rüzgâr türbinleri aracılığıyla elde edilmektedir. Rüzgâr türbinleri yüksek kulelere inşa edilmektedir. Rüzgâr türbinlerine gelen hava kinetik enerjiden, türbin kanatları yardımı ile mekanik enerjiye daha sonra da buna bağlı jeneratöre bağlı mil yardımı ile elektrik enerjisine dönüştürülmektedir. Rüzgâr türbinleri dönüş eksenlerine göre ikiye ayrılmaktadır. Bu rüzgâr türbinleri dikey ve yatay eksenli türbinlerdir. Günümüzde yatay eksenli türbinler daha çok tercih edilmektedir. İki faktör rüzgâr için önemlidir. Bunlar hız ve yön faktörleridir. Rüzgârın hızı yükseklik arttıkça artar ve gücü de hızının küpü ile doğru orantılı olarak değişmektedir. Modern rüzgâr türbinlerinde elektrik enerjisinin üretildiği türbin göbek yerden yüksekliği 60-120m arasında kule üzerinde bulunmaktadır. Türbin göbek yüksekliği hızını arttırarak, rüzgâr gücünden maksimum verim elde edilmesine katkı sağlamaktadır (Kaya, 2018).

1970'lerde dünyada petrol krizi ile ortaya çıkan enerji ihtiyacına yönelik alternatif enerji kaynaklarına olan eğilim hız kazanmıştır. Başta güneş enerjisi olmak üzere ikinci olarak rüzgâr enerjisine daha da önem verilmiştir. Bu araştırmalar neticesinde 1990'lı yıllardan itibaren rüzgar enerjisi, yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde en fazla artış kaynak olmuştur (URL8, 2019). Şekil 1.2' de rüzgâr türbinlerinin modeli verilmektedir.



Şekil 1.2. Rüzgâr Türbinleri (EİE, 2019)

Rüzgâr enerjisini ilk kullanan ülke Çin'dir. Çin yıllık toplam 168.690 kw/h elektrik üretimini rüzgâr enerjisinden sağlamaktadır. Bu da demek oluyor ki toplam elektrik üretiminin %34.7'sini bu yolla karşılamaktadır. Rüzgâr enerjisinin Çin'den sonra sırası ile geliştiği ülkeler başta olmak üzere ABD, Hindistan, Almanya ve İspanya'dır. Türkiye üç tarafı denizlerle kaplı, yüksek dağlık alanlara sahip hava akımlarının yoğun olduğu bir coğrafyaya sahiptir. Ülkemizde 10 m yükseklikteki yıllık ortalama rüzgar hızı ve güç yoğunluğu 3.29 m/sn ve 51,91 W/m<sup>2</sup> ile Marmara Bölgesi ilk sırada yer almaktadır. 2.12 m/sn hızı ve 13.19 W/m<sup>2</sup> güç yoğunluğu ile en az Doğu Anadolu Bölgesi'nde belirlenmiştir.

ETKB'nin 2017 Enerji Faaliyeti Raporu'na göre Türkiye 1.387 MW RES (Rüzgâr Enerji Santrali) kurulumu noktasında rüzgar enerjisi sıralamasında Avrupa sıralamasında 3. dünyada ise 7. konumda bulunmaktadır. Rüzgâr türbinleri genellikle kırsal alanlara, denizlere kurulabilirler. Böylece rüzgâr en iyi şekilde kullanılabilir. Rüzgâr türbinleri sera gazı (GHG) ve asit yağmuru oluşturan atmosferik emisyonları üretmemektedir. Aynı zamanda rüzgâr enerjisi hava kirliliğini azaltmaya yardımcı olmaktadır. Özellikle karbondioksit, kükürdioksit ve azot oksitlerin emisyonlarını

azaltabilmektedir. 2.5 kW'lık bir rüzgâr enerji sisteminde 1-2 ton CO<sub>2</sub>, 6 kW'lık bir enerji sisteminde ise 2.5-5 ton CO<sub>2</sub> tasarruf sağladığı tespit edilmiştir (Saidur ve Arkadaşları, 2011).

Çevresel etkileri yönünden bakılacak olursa; rüzgâr enerji sistemlerinin çevre dostu ve sağlıklı bir enerji kaynağıdır. Yeşil enerji teknolojisi olarak kabul edilen rüzgâr enerjisi çevreye olumsuz etkileri yok denecek kadar az seviyededir. Rüzgâr enerjisinin avantajları ve dezavantajları aşağıda verilmektedir.

#### **Avantajları;**

- Çevreyi kirliliğine neden olmamaktadır.
- Yenilenebilir bir enerjidir.
- 80'li yılların başından beri maliyeti %60 azalmıştır.
- Güneş aynaları ve jeotermal enerji sistemleri ile birlikte kullanılabilir.
- Rüzgâr enerjisi diğer enerji kaynaklarına kıyasla daha az habitat etkisine sahip olduğu tespit edilmiştir.
- Yenilenemeyen enerji kaynaklarına göre daha az karbon ayak izine sahiptir.

#### **Dezavantajları;**

- Kuşlar ve yarasalar ölebilir.
- Gürültü kirliliği oluşturabilir.
- Görsel etkiye zarar verebilir.

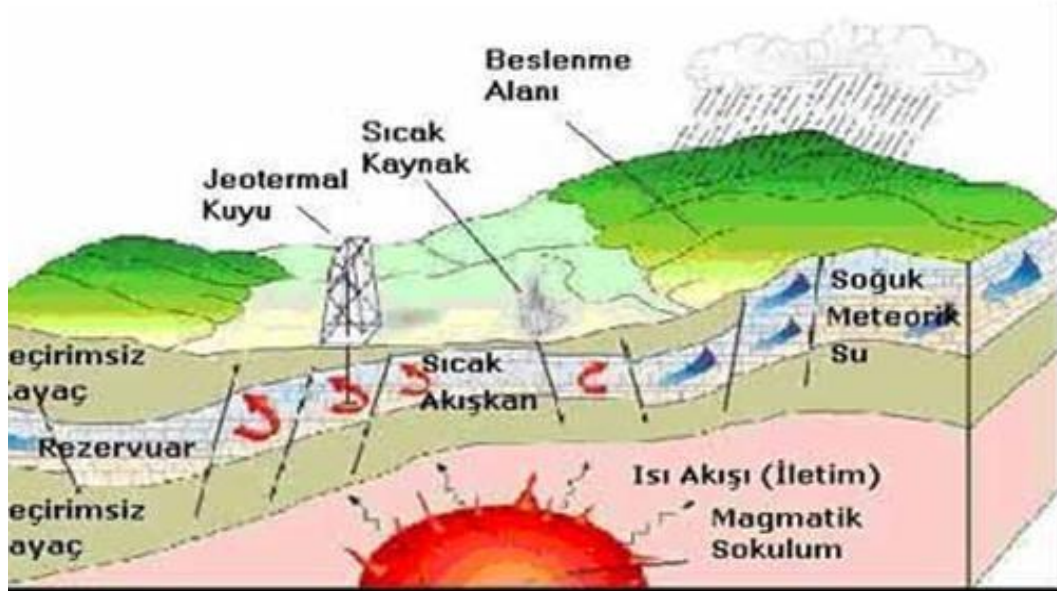
Rüzgâr enerji santrallerinin başlangıç yatırım maliyeti yüksek olmasına rağmen, kendi kendine yetebilen bir enerji kaynağıdır. Bir rüzgâr santrali inşa etmek için kullanılan malzeme, taşınması için harcanan masraflar ve işletilmesi birkaç ay içerisinde üretilen enerjiye eşittir. Bu yüzden alternatif bir enerjidir. Aynı zamanda ülke ekonomisine ve bireysel olarak elektrik faturalarının düşmesine katkı sağlamaktadır.

### 1.5.3. Jeotermal Enerjisi

Jeo(yer), therme(ısı) kelimelerinin birleşmesi ile oluşan jeotermal yer kabuğunun farklı konum ve derinliklerindeki ısının meydana getirdiği; sıcak su, gazların ve sıcak buharların tamamına verilen terimdir. Bu jeotermal kaynaklardan direkt veya dolaylı yollarla ısı ve elektrik üretimi sağlanır. Jeotermal enerji yenilenebilir, çevreci, temiz, sera etkisi düşüktür (Yılmaz, 2016).

Jeotermal enerji volkanik, magmatik ve aktif kırık sistemlerin etrafında oluşmaktadır. Jeotermalı oluşturan su kaynakları yer altındaki haznelerde olduğu için sürekli beslenmekte ve bu kaynaklar sürekli yenilebilmektedir. Yani bu da demek oluyor ki jeotermal enerji kaynaklarının bitmesi söz konusu değildir (Yılmaz, 2016).

Deniz, kar, yağmur vb. suların yeraltındaki gözeneklere ulaşması jeotermal rezervuarları beslemektedir. Böylece sular ısınarak tekrar yeryüzeyine çıkmaktadır. Bu döngünün devam etmesi jeotermal enerjiyi sürdürülebilir yapmaktadır (Yılmaz, 2016). Aşağıda jeotermal enerjinin oluşumu Şekil 1.3'te verilmektedir.



Şekil 1.3. Jeotermal enerjinin oluşumu (Kaynak: <http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/>)

Jeotermal enerji sıcaklık değerlerine göre üç ana gruba ayrılır.

1. Yüksek ısı derecesine sahip jeotermal alanlar (150 C°'den Yüksek)
2. Orta ısı derecesine jeotermal alanlar ( 70- 150 C° )
3. Düşük ısı derecesine sahip alanlar ( 20- 70 C°)

Yüksek ısı derecesine sahip jeotermal alanlar elektrik üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Düşük ve orta ısı derecesine jeotermal alanlar ise; ekonomik ve teknolojik koşullar altında ısıtma, konut, sera, zirai, bitki ve kültür balıkçılığı, termal turizmde, sanayi, soğutma, dericilik, kimyasal madde üretimi, kuru buz üretimi vb. alanlarda kullanılmaktadır (Külekçi, 2009).

Dünyada ilk jeotermal üretimini yapan ülke ABD'dir. Sırasıyla takip eden diğer ülkeler ise; Filipinler, Meksika, Endonezya ve İtalya'dır. Yeryüzünde jeotermal ısı kaynaklarına sahip başlıca ülkeler Çin, İsveç, ABD, İzlanda ve Türkiye'dir (Arık, 2016). Alp Himalaya orta kuşağı içerisinde yer alan Türkiye jeotermal enerji kaynağı bakımından potansiyeli oldukça yüksek bir ülkedir. Türkiye'nin jeotermal enerji kaynakları potansiyeli 31.500 MW olarak tespit edilmiştir (MTA, 2009).

Çevresel etkileri yönünden bakılacak olursa; jeotermal enerji sistemleri fosil kaynak kullanılan enerji sistemlerine nazaran daha düşük karbondioksit salınımı gerçekleştirir. Jeotermal enerjinin avantajları ve dezavantajları aşağıda incelenmektedir.

#### **Avantajları;**

- Kirletici olmayan bir enerjidir.
- Yenilenebilir enerjidir.
- Verimi yüksek bir enerji çeşididir.
- Jeotermal enerji kesintisiz, sürekli güç üretebilir.
- Hava değişimlerinden etkilenmez.
- Isıtma maliyetini %70'e kadar azaltabilmektedir.

- Salınım sorunu yaratmaz, bir kısmı kükürt dioksit salmasına karşın doğal havalandırma sorununun büyümesini önler.
- Pratikte sınırsız bir enerjidir.

**Dezavantajları;**

- Başlangıç maliyetleri yüksektir.
- Yararlanabilmek için geniş alan ve boru döşenmesi gerekmektedir.

Çevreci, temiz bir enerji kaynağıdır. Maliyeti düşük, yerli, aynı zamanda doğal bir kaynak olduğu için dışa bağımlılığı azaltan bir enerji türüdür.

**1.5.4. Hidrolik Enerji**

Dünya' nın her yerinde yaygın olarak kullanılan hidroelektrik enerjisi, suyun akış hızından yararlanılarak potansiyel enerjisinin kinetik enerjiye çevrilmesi sonucu elde edilir (Karagöl ve Kavaz, 2017).

Hidroelektrik enerjisi ile elektrik üretimini suyun mevcut potansiyeli ve suyun yüksek bir noktadan akış hızı belirlemektedir. Her iki faktörde de su kanallarının ve borularının içine alınarak, türbinlerin doğal akışına doğru ilerlemektedir. Pervaneye benzeyen türbin kolları dönel hareket ederek elektrik üretimi sağlar. Bu türbinler jeneratörler yardımı ile suyun potansiyel ve kinetik enerjisini elektrik enerjisine dönüştürür (Özcan, 2013). Şekil 1.4.'de hidroelektrik enerji santrali verilmektedir.





Şekil 1.4. Hidroelektrik enerji santrali (URL:9, 2019).

Hidroelektrik santraller elektrik üretimi dışında, suyun depolanması, sulama, sellerin önlenmesi gibi çeşitli amaçlar için de kullanılmaktadır. Ulusal bir enerji kaynağıdır. Sera gazının oluşmasına ve küresel ısınmaya neden olmaz. Doğal kaynaklar üzerine inşa edilmektedir. Dünya’da hidroelektrik enerjisini ilk kullanan ülke İngiltere’dir. Fakat hidroelektrik potansiyelini geliştiren ilk beş ülke ise başta ABD olmak üzere %86’sını, Japonya %78’ini, Kanada %56’sını, Norveç %72’sini, ve son olarak da Türkiye %45’ini geliştirmiştir (Karagöl ve Kavaz, 2017)

Hidroelektrik enerji, ülkemizin yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli içinde önemli bir paya sahiptir. Türkiye’de 1902 yılında ilk hidroelektrik santrali Tarsus’ta kurulmuştur. 60 kw elektrik üretimi gerçekleştirilmiştir (Anonim, 2018).

ETKB’ nin 2019 raporlarına göre hidroelektrik enerji potansiyeli 433 milyar kWh’dir. Teknik açıdan kullanılabilir potansiyelimiz ise 216 milyar kWh’dir. Ekonomik açıdan fizibil kullanılacak hidroelektrik enerjisi kaynak potansiyelimiz ise 140

milyar kWh/yıl'dır. 2023 yılı ve sonrasında ise bu potansiyelin 180 milyar kWh/yıl'a ulaşacağı öngörülmektedir.

Çevresel etkileri yönünden bakılacak olursa; hidroelektrik enerji sistemleri işletilmesi ekonomik ve çevre dostu bir enerji kaynağıdır. Hidroelektrik enerjisinin avantajları ve dezavantajları aşağıda verilmektedir.

#### **Avantajları;**

- Uzun ömürlüdür, 150- 200 yıl gibi kullanım ömürleri vardır.
- Yakıt gideri bulunmamaktadır.
- Dışa bağımlılığı azaltır, ekonomiye katkı sağlar.
- Hava kirliliği ve atık ürünler oluşturmaz.
- Turizmin gelişmesine katkı sağlar.
- Kuraklık dönemlerinde suyun depolanmasını sağlar.
- Enerji sürekliliği ve düşük potansiyel risk taşırlar.
- İstenmeyen su baskınlarını önler.

#### **Dezavantajları;**

- Yapım aşamasında gürültüye, çevre tahribatına neden olabilirler.
- Yapım maliyeti yüksektir.
- Bölgenin mikroklimatik sistemi bozulabilir.
- Barajlarda vahşi yaşam popülasyonlarını etkileyebilir.
- Bazı asalak hastalıkların oluşmasına neden olabilir.

#### **1.5.5. Biyokütle Enerjisi**

Biyokütle enerjisini, bazı kaynaklara göre M.Ö. 10.yy boyunca Asurlular, 16.yy boyunca İranlılar tarafından banyo suyunun ısıtılmasında kullanılmıştır. Biyokütle enerjisi, canlıların vücutlarında veya atıklarında, tarım ürünlerinde, orman sektörünün

organik atıklarında, odun, odun kömürü, bitkisel ve hayvansal atıkların kimyasal bağ enerjisi olarak tanımlanmaktadır (Gençoğlu, 2002).

Biyokütle enerjisi çok çeşitli teknolojik uygulamalarla biyogaz, biyoetanol, biyodizel ve biyokömür, biyohidrojen gibi enerji kaynaklarına dönüştürülmektedir.

**Biyogaz:** Bitkisel kökenli ve hayvansal kökenli maddelerin, atıkların oksijensiz ortamda biyolojik parçalanması esasına dayanmaktadır (Fındıkoğlu, 2017).

**Biyodizel:** Yenilenebilir nitelikli bir sıvı yakıt türü olan biyodizel, bitkisel yağlar kullanılarak üretilmektedir (Fındıkoğlu, 2017).

**Biyoetanol:** Sentetik fosil yakıtların kullanımı sonucunda elde edilen etanolün aksine, biyolojik olarak biyokütleden üretilen etanole biyoetanol adı verilmektedir. Şeker özlü tarımsal ürünlerden, selüloz, nişasta vb. maddelerden elde edilir (Fındıkoğlu, 2017).

**Biyokömür:** Bitkisel kaynaklı atıkların uzun yıllar boyunca toprak altındaki tepkimeleri sonucunda kendiliğinden karbonize olması ile biyokömür oluşmaktadır. Diğer adıyla Biochar saf karbon değildir. Aynı zamanda oksijen ve hidrojen grupları içermektedir (Lehmann and Joseph, 2009).

**Biyohidrojen:** Fotoheterotrofik (ışık fermentasyon) ve anaerobik (karanlık fermentasyon) mikroorganizmalar tarafından, karbonhidrat içeriği bakımından zengin biyokütle atıkları veya atıksular kullanılarak biyohidrojen üretimi gerçekleştirilmektedir (Dursun ve Gülşen, 2019).

Biyokütle enerjisi elektrik üretimde, ulaşırmada (biyodizel), konutlarda, sanayide, küçük ev aletlerinde, kimyasal ürün sektöründe, şofben, termisifon, fırın, ocak vb. alanlarda kullanılmaktadır. Dünyada yaygın olarak kullanılan biyokütle enerjisini en çok ABD, daha sonra Filandiya, Almanya ve Danimarka ülkeleri kullanmaktadır. Türkiye'nin biyokütleden oluşan atık potansiyeli yaklaşık olarak 8.6 MTEP ve mevcut olarak biyogazdan üretilebilecek biyo enerji miktarı 1.5-2 MTEP olduğu öngörülmektedir (ETBK, 2019). Çevresel etkileri yönünden bakılacak olursa; biyokütle enerji sistemleri işletilmesi ekonomik, kolay, depolanan bilen, kullanımı taşınması ve

depolanması uygun olan enerji kaynağıdır. Biyokütle enerjisinin avantajları ve dezavantajları aşağıda incelenmektedir.

**Avantajları;**

- Çevre ile uyumlu, güvenilir bir enerjidir.
- Yenilenebilirdir.
- Atmosferdeki CO<sub>2</sub> artışına neden olmaz CO<sub>2</sub> nötrdür.
- Maliyeti ucuzdur.
- Enerji bağımsızlığına katkı sağlamaktadır.
- Atıkları yakıtı çevirir.
- Hava kirliliğini azaltmaktadır.

**Dezavantajları;**

- Bulunan bölge biyokütle türünü etkileyebilir.
- Elektrik üretimi için geniş alana ihtiyaç duyar.
- Aşırı biyokütlenin kullanımı orman alanlarının azalmasına yol açabilir.

Biyokütle enerjisi, genel olarak çevre ile dost, temiz bir enerji kaynağı olmakla birlikte, biyokütle çeşidine, miktarına ve kullanılan teknolojiye bağlı olarak çevresel etkileri farklılık gösterebilmektedir. Fakat gerekli çevresel önlemler alındığı takdirde kullanımı güvenli bir şekilde sağlanabilmektedir.

**1.5.6. Dalga Enerjisi**

Rüzgârın neden olduğu büyük su kütlelerinin hareketinin oluşturduğu potansiyel enerjinin kinetik enerjiye dönüştürülmesine dalga enerjisi denilmektedir. Ay ve Güneş'in çekimiyle oluşan gelgitlerden yararlanılarak elde edilir. Dalgalar açısından zengin olan açık denizlere, körfezlere ve kıyılara kurularak elde edilmektedir. Yoğun dalgalar su türbinlerinin dönel hareket etmesini sağlar ve bu şekilde dalga enerjisinden enerji, elektrik elde edilir. Dünyada en çok kullanan ülkeler başta İngiltere olmak üzere

Portekiz, İspanya, ABD'dir. Ülkemizin kıyılarında sağlanabilecek dalga enerjisi potansiyeli 18.5 TWh/yıl seviyesindedir (Akkurt, 2016).

Çevresel etkileri yönünden bakılacak olursa; dalga enerji yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Dalga enerjisinin avantajları ve dezavantajları aşağıda incelenmektedir.

#### **Avantajları;**

- Fosil yakıt oluşturduğu etkinin aksine oldukça çevre dostudur.
- Asit yağmurlarına ve sera gazı salınımına neden olmaz.
- Tükenmez, sürdürülebilir bir enerjidir.
- Kullanım ömürleri uzundur.
- Hava kirliliği oluşturmaz.

#### **Dezavantajları;**

- İlk yatırım maliyeti yüksektir.
- Ekosistemi olumsuz etkileyebilir.
- Olumsuz görsel etki yapabilir.

#### **1.5.7. Hidrojen Enerjisi**

Hidrojen, yer kürede en yaygın bulunan, renksiz, kokusuz, tatsız, havadan 14.4 kez daha hafif, yanıcı bir gazdır. Zehir etkisi bulunmayan saydam bir elementtir. 1500'lü yıllarda ilk olarak keşfedilmiş, daha sonra 1700'lü yılların başında yanabilme özelliği tespit edilmiştir. Hidrojen enerjisi, hidrojen gazından çeşitli teknolojik uygulama yöntemi ile (güneş, su, rüzgar, biyokütle, dalga vb.) elde edilebilmektedir. Bileşikler halinde bulunan bir elementtir. Elementin yeryüzünde en çok bulunan bileşik formu sudur (H<sub>2</sub>O). Doğal ortamlarda yaygın olarak bulunan bu bileşik hidrojen gazı serbest şekilde bulunmamasından dolayı direkt bir enerji kaynağı olarak değerlendirilememektedir (Çelik, 2012).

Fosil yakıtlara oranla daha verimlidir. Hidrojen sıvı, gaz veya metal hibrit şeklinde depolanabilmektedir. Ulaşımı, boru hatları ile sağlanmaktadır. Dünya da ilk defa hidrojen üretimini gerçekleştiren ülke 1956 yılında ABD olmuştur. Ülkemizde ise, 1996 yılının Kasım ayında başlamıştır. Ülkemizin ilk hidrojen üretim tesisi Bozcaada'da Enerji Bakanlığı ve UNIDO-ICHET Birleşmiş Milletler Uluslararası Hidrojen Enerji Teknolojileri Merkezi ortaklaşa olarak kurulmuştur (Demirkol, 2013). Çevresel etkileri yönünden bakılacak olursa; hidrojen enerjisi yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Aşağıda hidrojen enerjisinin avantajları ve dezavantajları verilmektedir.

**Avantajları;**

- Çevreye zararı yoktur.
- Temiz bir yakıttır.
- Sera gazı emisyonu sıfırdır, küresel ısınmayı azaltır.
- Atık ürünleri oluşturmaz.
- Petrol ve diğer yakıt türevlerine göre ortalama 1.30 kat daha verimlidir.

**Dezavantajları;**

- Üretim maliyeti yüksektir.
- Güvenlik önlemlerin alınması gerektirir.
- Sıvı olarak depolanması zordur.

Hidrojen enerjisinin üretim maliyetinin yüksek oluşu nedeni ile rahat bir şekilde üretimi sağlanamamaktadır. Maliyeti düşürmek için çalışmalar sürdürülmektedir (Mutlu, 2013).

**2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR**

Yenilenebilir enerji kaynakları hakkında daha önce birçok çeşitli çalışma yapılmıştır. Bu alanda yapılan önceki tez çalışmaları aşağıda verilmektedir.

Ağaçbiçer (2010) tarafından yapılan çalışmada sürdürülebilir enerji kaynaklarının potansiyelini incelenmiştir. Swot analiz metodu ile Türkiye'nin sürdürülebilir enerji kaynakları bakımından potansiyelini araştırmış, ülke ekonomiyeye katkısı üzerinde durulmuştur.

Sarıkaya (2010), Niğde ilinin yenilenebilir enerji kaynakları potansiyelini araştırmıştır. Gerekli ölçüm metotları ile rüzgâr enerjisini, güneş enerjisini, jeotermal enerjisini vb. enerji kaynaklarının incelenmesi ve Niğde ili için model oluşturmayı amaçlamıştır.

Nadabo (2010), Nijerya'daki enerji durumunu araştırmak ve güvenilir sonuçlar almak için çeşitli araştırmalarda bulunmuştur. Araştırmanın ana sonucu olarak, Nijerya'daki yenilenebilir enerji kaynaklarının, enerji açısından fosil kökenli enerji kaynaklarının 1,5 katından daha fazla bir oranda kullanılma potansiyeline sahip olduğunu ortaya çıkarmıştır. Sürdürülebilir kalkınma için yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisi, krizlere en iyi çözüm olacak ve bunun akabinde, Nijerya'da düşük elektrik seviyesini iyileştirmek ve farkındalık yaratmak için önemli potansiyele sahip olduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda biyokütle, hidroelektrik ve kırsal alanlara ağırlık verilerek, bunların benimsenmesi ve kullanılmasıyla enerji krizine alternatif çözüm olacağı öngörülmüştür.

Kırtıloğlu (2011), yaptığı bir çalışmada iklim değişikliğine bağlı olarak Doğu Anadolu Bölgesi'nin yenilenebilir enerji potansiyeli incelenmiştir. Ardahan, Erzincan, Kars, Ağrı, Tunceli, Van, Malatya, Erzurum, Elazığ, Bingöl, Iğdır, Bitlis, Hakkari, Muş,

olmak üzere ondört ili kapsayacak şekilde incelenmelerde bulunulmuştur. 2010-1975 yılları arasında geçen 35 yıllık periyotta meteorolojik parametrelerde nasıl bir değişikliğin meydana geldiği araştırılmış olup ve bu parametrelerde meydana gelen değişimler incelenerek buna bağlı yenilenebilir enerji potansiyeli ortaya çıkarılmıştır.

Çelik (2012), yaptığı araştırmaya göre, yenilenebilir enerji kaynaklarının açıklamasını yapmış, yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyelini, kurulu gücünü ve yatırım maliyetlerini incelenmiş ve dışa bağımlılığın azaltılmasında yenilenebilir enerji kaynaklarının önemini belirtmiştir.

Keskin (2012), Dünya ve Türkiye’deki mevcut durum hakkında bilgi verilmiştir. Türkiye’de uygulanan ve uygulanabilecek projelerden örnekler gösterilmiştir. Bunu sonucunda aynı zamanda kullanım olarak avantaj ve dezavantajlarına detaylı bir şekilde anlatılmış ve çevresel açıdan etkileri ortaya koyulmuştur.

Demirkol (2013), Türkiye’ nin yenilenebilir enerji kaynakları potansiyelini incelemiş, enerji bazında gelinen noktayı irdelemiştir. Afyonkarahisar İlinin jeotermal enerjisi bakımından yüksek bir potansiyele sahip olduğunu belirtmiştir ve bu enerji kaynağı üzerinde detaylıca bir şekilde durmuştur. Güneş enerji potansiyeli Afyonkarahisar Meteoroloji Devlet Genel Müdürlüğü İstasyonun günlük datalar alınarak güneşlenme süreleri ve güneş enerjisi potansiyeli belirlenmiştir. Afyonkarahisar Meteoroloji Devlet Genel Müdürlüğü İstasyonu Afyonkarahisar İli için 10 metre yükseklikteki rüzgâr şiddeti verilerini kullanarak rüzgar enerjisi potansiyelini belirlemeye çalışmıştır.

Torunoğlu (2015), Türkiye’nin yenilenebilir enerji kaynaklarını ve çevresel etkilerini incelemiştir ve bu enerji kaynaklarının sürdürülebilirliği, önemi ve ekonomik katkıları yönünde bilgi sunmuştur. Türkiye’nin enerji noktasında politikaları hakkında ilgili çalışmalar verilmiş, gerekli istatistiksel veriler yapılmış ve gelecek nesiller için enerji



alanında olası gelişmeler gösterilmiştir. Bu kapsamda bu tez çalışması Türkiye'nin enerji yönünden konumunun geliştirilmesi ve durumunun iyileştirilmesini amaçlamıştır.

Toprakçioğlu (2016), yılında yapmış olduğu çalışmasında Siirt ve Batman illeri için Kurtalan ilçesinde yapılabilecek biyogaz potansiyelinin Günlük 11.000 m<sup>3</sup> olması ve üretilecek elektrik enerjisi potansiyelinin 1 MW olması nedeniyle bu iller için yenilenebilir enerji kaynaklarından olan biyokütle enerjisini hesaplamıştır. Bu tez çalışması sonucunda Siirt ve Batman illeri için hayvansal ve bitkisel atıklardan oluşabilecek biyogaz miktarının önemli bir potansiyel oluşturduğu tespit edilmiştir.

Öztürkmen (2017), çalışmasında, GAP Bölgesi'ndeki yenilenebilir enerji kaynakları, potansiyeli, bunların çevresel etkileri üzerine araştırma yapmıştır. Bu doğrultuda yenilenebilir enerji kaynaklarının neler olduğu belirtilmiş, son bölümünde de istatistiksel veriler ile GAP'ın enerji noktasında son durumu hakkında bilgi verilmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının çevre üzerine etkileri ortaya konulmuştur.

Konstantin (2017), Japonya'nın yenilenebilir enerji potansiyelini belirlemek ve ülkenin enerji üretim sektörünün nasıl etkileyebileceğini araştırmıştır. Nitel ve nicel araştırma tasarımları ile Japonya'nın toplam enerji talebinin adil bir payının yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanabileceği belirtilmiştir. Eski termik santrallerin bir kısmının tasfiye edilmesiyle enerji ihtiyacının karşılanabileceği hipotezini desteklemek için makul dökümanlar sağlanarak hipotez desteklenmiş ve kabul edilmiştir. Bu konu Japon'ya da olan son olaylar ışığında önem kazanmış, Fukushima olayından sonra tüm nükleer reaktörler kapatılmıştır. Fosil yakıtlarla değiştirilmiş ve sonucunda, tüketiciler için enerji fiyatları son birkaç yılda hızla artmıştır. Ancak Japon'ya enerji sektöründeki gelişmeleri, gelecek politikalarını ve sürdürülebilir enerji ihtiyacını alternatif enerji kaynaklarına yönelerek temin edebileceği bu çalışma ile tekrar belirtilmiştir.

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

Tez konusunun çalışma alanı Adıyaman ili merkez ve sekiz ilçesinin yenilenebilir enerji kaynakları potansiyelini belirlemek ve çevresel etkilerini değerlendirmektir. Bu bölümde Adıyaman ili için genel bilgiler verilecek, yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli, mevcut bulunan kurulu santraller, yapılmış çalışmalar hakkında detaylı bilgiler verilecektir.

- Adıyaman İlinin Coğrafi Yapısı



Şekil 3.1. Türkiye haritası

Adıyaman İli coğrafi konumu nedeni ile Doğu Anadolu Bölgesi ile Güneydoğu Anadolu Bölgesi arasında geçiş vazifesi gören bir şehirdir. Bu da Adıyaman'ın Orta Fırat bölümü içinde yer aldığını göstermektedir. Adıyaman ilinin Kuzey noktasında Malatya ili, Batı noktasında Kahramanmaraş ili, Güneydoğu noktasında Şanlıurfa ili,

Güneybatıda Gaziantep, Doğuda ise Diyarbakır ili bulunmaktadır. Adıyaman ilçesinin bir kısmı Doğu Anadolu Bölgesinin içerisinde, diğer kısmı ise Akdeniz Bölgesi içerisinde yer almaktadır. Bu sebepten dolayı Adıyaman İli coğrafik durumu nedeniyle dört mevsimi yaşayan bir ilimizdir. Tarih boyunca bir çok medeniyete ev sahipliği yapan Adıyaman ili Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yer almaktadır.

Tablo 3.1. Güneydoğu anadolu bölgesine ait iller ve konum bilgileri (<https://www.ktb.gov.tr>)

<b>Konum</b>	<b>Rakım (m)</b>	<b>Enlem (°K)</b>	<b>Boylam (°D)</b>
Gaziantep	843	37.06	37.38
Kilis	640	36.71	37.12
<b>Adıyaman</b>	<b>669</b>	<b>37.25</b>	<b>38.11</b>
Şanlıurfa	518	37.15	38.79
Diyarbakır	670	37.91	40.23
Mardin	1083	37.32	40.72
Siirt	902	37.93	41.95
Batman	550	37.88	41.13
Şırnak	1350	37.41	42.49

Adıyaman ili 39 derece doğu boylamı, 37 derece 25 dakika ile 38 derece 11 dakika kuzey enlemi, 37 derece ve arasında yer almaktadır. Yüzölçümü 7.614 km<sup>2</sup> olan Adıyaman İli gölleri ile beraber 7.871 km<sup>2</sup> olup, rakım değeri ise 669 m'dir.



Şekil 3.2. Adiyaman il haritası (Anonim, 2018).

Adiyaman ilinin belli başlı dağları; Nemrut (2.150 m), Dibek (2.549 m), Gördük (2.206 m), Ulubaba (2.533 m), Akdağ (2.551 m), Bozdağ (1.200 m), Borik (2.110 m), Karadağ (1.115 m)'dir.

#### • Bitki Örtüsü ve İklim

Adiyaman ilini doğu kesimden batı kesimine doğru torosların kuzey kısmında kalan dağlık bölge ile güney kısmında kalan ova arasında farklı iklim özellikleri görülür.

Güneyde yaz ayları sıcak ve kurak, kış ayları ise ılık ve yağışlıdır. Kuzeyi ise yazları serin ve kurak, kışları soğuk ve yağışlıdır. Akdeniz Bölgesi ve Doğu Anadolu Bölgesi arasında olması iklim özelliklerine etki etmektedir. Genellikle Akdeniz iklimi daha yaygındır (Adiyaman Valiliği, 2019).

#### • Nüfus ve Yerleşim Durumu

Adiyaman'ın nüfusu 2010 yılı nüfus sayımlarına göre 590.935 kişi olarak tespit edilmiştir. 2018 yılı nüfus sayımına göre ise bu oran %10.1 artarak 624.513 kişi olarak tespit edilmiştir (TUIK, 2019). Adiyaman iline ulaşım kara yolu, hava yolu, demir yolu

ve feribot ile sağlanmaktadır. Adıyaman ilinin binalarını daha çok 8-10 katlı betonarme dikey yapılar oluştururken yer yer 3-4 katlı binalar mevcut olup, imara açık, fakat yapılaşma henüz olamayan yerlerde eski yapılardan olan tek katlı evlerde görülmektedir. Adıyaman ilinde birçok resmi il müdürlükleri bulunmaktadır. Bunlar: Adıyaman ili Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Adıyaman Valiliği, Belediyesi, İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü, Tarım İl Müdürlüğü, Adıyaman DSİ İl Genel Müdürlüğü, Milli Eğitim Müdürlüğü, Adliye Sarayı, Karayolları İl Müdürlüğü Adıyaman ilindeki resmi kurum ve kuruluşlardır.

- **Ekonomik ve Sosyal Durum**

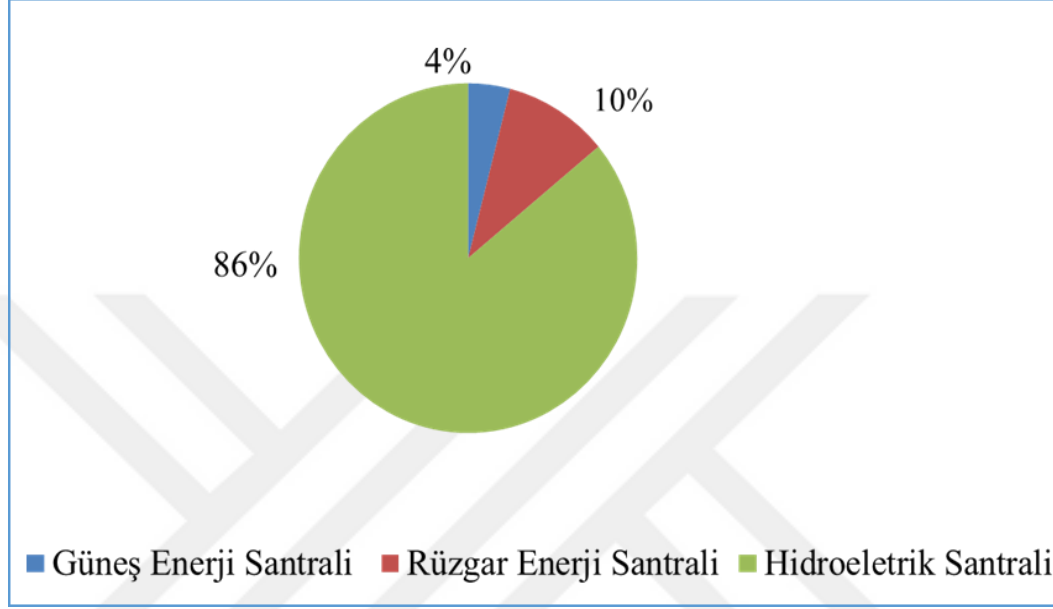
Adıyaman ekonomisi ağırlıklı olarak tarıma dayanmaktadır. Bunun yanı sıra son yıllarda tekstil, gıda, mermer sektöründe sanayileşme görünmektedir. Önemli yer altı zenginliğinden biri petroldür. Adıyaman ili özel sektörlerin üretimi ile beraber ülkemizin %20'lik ham petrol ihtiyacını karşılamaktadır.

Adıyaman ili turizm bakımından da oldukça önemli şehirlerimizden biridir. Dünya'nın 8. harikası olarak tanımlanan ve UNESCO Kültür Mirası listesinde yer alan, 2150m yüksekliğe inşa edilmiş Nemrut Dağı Adıyaman ili içerisinde bulunmaktadır. Nemrut Dağı, Kommagene Kralı 1. Anticeos' a ithafen ana kayanın üzerine inşa edilen anıt mezarı olarak yapılmış, üst kısımlarına kırma taşlar dökülerek büyük bir tepe üzerine oluşturulmuştur. Kartal, aslan, tanrı, kral figürlerinden oluşan anıt taşları bulunmaktadır. Bunların yanı sıra camileri, kaya mezarlıkları ve anıtları, kaleleri, türbeleri önemli turizm alanlarını oluşturmakta ve ziyaretçilerin akımına uğramaktadır (Anonim, 2019).

- **Adıyaman İli Enerji Kaynakları Potansiyeli**

Adıyaman ili Türkiye'nin güneydoğusunda yer alan birçok yenilenebilir enerji kaynağının değerlendirilebileceği bir şehirdir. Mevcut yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli fazla olan fakat kullanılması noktasında kısıtlı şartları bulunduran bir ilimizdir. Türkiye geneli yenilenebilir enerji kaynakları incelendiğinde, Adıyaman ili

bölgeler arasında bazı yenilenebilir enerji kaynakları potansiyelinde listenin ön sıralarında yer almaktadır.



Şekil 3.3. Adiyaman ili enerji üretiminde santral tiplerinin sınıflandırılması (Anonim,2019).

Şekil 3.3 incelendiğinde Adiyaman ilinde gerçekleşen enerji üretiminin % 4'ü güneş enerji santrallerinden, % 10'u rüzgar enerji santralinden, % 86 gibi büyük bir kısmı da hidroelektrik enerji santrallerinden elde edilmektedir. Fakat diğer enerji santrallerinden enerji üretimi temin edilememektedir. Tablo 3.2'de Adiyaman ilinin yıllara göre kişi başına düşen elektrik tüketim değerleri verilmektedir.

Tablo 3.2 Adiyaman ilinin yıllara göre tahmini elektrik tüketimi (kWh) (TÜİK, 2018)

YILLAR	KİŞİ BAŞINA TOPLAM ELEKTRİK TÜKETİMİ (kWh)
2015	1.829
2016	1.800
2017	2.228

Tablo 3.2'i incelediğimizde Adiyaman ilinin 2015 yılında elektrik tüketimi kişi başına 1.829, 2016 yılında 1.800 ve 2017 yılında ise 2.228 olduğu görülmektedir. Adiyaman ili kişi başına düşen toplam elektrik tüketiminin içerisinde elektrik, ısı enerjisi, sanayi enerjisi, ve diğer enerji türlerini içermektedir.

### 3.2. Yöntem

Tez çalışmasında kullanılan yöntemler aşağıda verilmektedir.

#### Bilgi toplama

Adıyaman ilinin yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyelinin belirlenebilmesi için öncelikle çeşitli kurum ve kuruluşlara gidilmiş ve veriler alınmıştır.

✓ Adıyaman ilinin güneş enerji kaynakları potansiyeli için Solar Med Atlası yazılımı kullanılmıştır. Solar Med Atlas yazılımı ile ülkelerin ve illerin meteoroloji istasyonları noktasından, dünyadaki gözlem uydu verilerinin işlenmesinden veriler elde edilmektedir ([www.solar-med-atlas.org](http://www.solar-med-atlas.org)). Adıyaman ili için 12 adet GES bulunduğu tespit edilmiş ve enerjisi hakkında gerekli bilgiler yerinde incelenmiştir.

✓ Hidroelektrik enerji kaynakları potansiyeli için Adıyaman DSI İl Müdürlüğünden veriler alınmıştır. Toplamda 15 adet HES bulunduğu tespit edilmiş ve 15 adet HES'lere gidilerek veriler elde edilmiştir.

✓ Rüzgâr enerji kaynaklarının potansiyelinin belirlenmesi amacıyla Adıyaman Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğünden gerekli raporlar alınarak bilgi sağlanmıştır. Daha sonra belirtilen Sincik Rüzgâr Enerji Santrali ziyaret edilerek üretilen enerji miktarı tespit edilmiştir.

✓ Adıyaman İli biokütle enerji kaynaklarının potansiyelinin belirlenmesi amacıyla BEPA yazılım uygulaması kullanılarak 2018 yılı büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı kümes hayvan potansiyeli ele alınmıştır. Daha sonra elde edilebilecek enerji miktarı belirlenerek Adıyaman ilinin hayvansal kökenli atıklarından oluşacak gübre miktarları belirlenmiştir. Biyogaz enerjisi olarak değerlendirilmesi noktasında elde edilebilecek enerjisinin çalışması teorik olarak yapılmıştır.

Biyogaz Enerjisi için BEPA yazılım uygulamasının formülasyon işlemlerine başlanmadan önce bazı kabuller ve işlemlerin yapılması için teorik hesaplamaların

kullanılması gerekmektedir. EİE alınan veriler dahilinde Ergür ve Okumuş'a göre biyogaz enerji potansiyelini belirlemek için aşağıdaki formüller kullanılmıştır (Ergür ve Okumuş, 2010). Bu kabullerden birincisi hayvanların cinslerine göre atık miktarı Tablo 3.3'de verilmektedir.

Tablo 3.3. Hayvan türlerinin ürettiği gübre miktarı (EİE, 2019).

Hayvan Adedi	Hayvan Kaynağının Cinsi	Gübre Miktarı (ton/yıl)
1	Büyükbaş Hayvanı	3.6
1	Küçükbaş Hayvanı	0.7
1	Kanatlı Kümes Hayvanı	0.002

Birim hayvan gübresi başına birim biyogaz üretimi Tablo 3.4'de verilmektedir.

Tablo 3.4. Birim hayvan gübresi başına birim biyogaz üretimi (EİE, 2019).

Gübre Cinsi	Gübre Miktarı	1 ton Gübreden Elde Edilen Biyogaz (m <sup>3</sup> /yıl)
Büyükbaş Hayvanı	1 Ton	33
Küçükbaş Hayvanı	1 Ton	58
Kanatlı Kümes Hayvanı	1 Ton	78

Hayvan türüne göre kuru gübre katsayıları Tablo 3.5'de gösterilmektedir.

Tablo 3.5. Hayvan türüne göre kuru gübre katsayıları (EİE, 2019).

Hayvan Cinsi	Kuru Gübre Katsayısının Oranı (%)
Büyükbaş Canlı Hayvan	65
Küçükbaş Canlı Hayvanı	13
Kanatlı Kümes Hayvanı	99

1m<sup>3</sup> biyogaz ortalama 4.700-5.700 kcal/m<sup>3</sup> ısı sağlayabilmektedir (EİE, 2019). Biyogazın elektrik enerjisi olarak eşdeğerinin kabulü ise; EİE, Akbulut, Dikici'ye göre "1 m<sup>3</sup> biyogazın elektrik eşdeğeri 4.70 kWh'dır (Akbulut ve Dikici, 2004). Verilere bağlı



olarak Adıyaman ilinin 2018 yılı büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı kümes hayvanı sayısına göre biyogaz, hayvansal gübre ve birim enerji eşdeğerleri hesaplanmıştır.

Yukarıda verilen kabuller ile beraber öncelikle büyükbaş, küçükbaş, kanatlı kümes hayvanlarının enerji kaynakları potansiyelini hesaplayabilmek için yararlanılacak formüller ise; Aşçı'ya göre aşağıdaki şekilde oluşturulmuştur (Aşçı, 2018).

✓ **Büyükbaş Canlı Hayvanlardan Elde Edilecek Biyogaz Enerji Miktarı**

Günlük büyükbaş canlı hayvandan elde edilebilecek toplam yaş gübre miktarının hesaplanabilmesi (GBTYGM) için günlük büyükbaş canlı hayvanlardan elde edilen yaş gübre miktarının toplam büyükbaş canlı hayvan sayısı ile çarpılması sonucu bulunmaktadır.

**GBTYGM:** Günlük Büyükbaş Canlı Hayvandan Elde Edilen Toplam Yaş Gübre Miktarının Formülü,

**GBYGM:** Günlük Bir Adet Büyükbaş Canlı Hayvandan Elde Edilen Yaş Gübre Miktarının Formülü,

**BHS:** Büyükbaş Canlı Hayvan Sayısı,

$$\mathbf{GBTYGM= GBYGM \times BHS} \quad 3.2.1$$

Günlük olarak bulunan yaş gübre miktarı ile bir yıldaki gün sayısı çarpılarak YBTYGM olarak tanımlanan yıllık büyükbaş canlı hayvandan elde edilen toplam yaş gübre miktarı tespit edilir.

**YBTYGM:** Yıllık Büyükbaş Canlı Hayvandan Elde Edilen Toplam Yaş Gübre Miktarının Formülü,

$$\mathbf{YBTYGM= GBTYGM \times 365} \quad 3.2.2$$

Yukarıdaki formüller neticesinde elde edilen veriler kg cinsindedir. İşlemlerin devamı edebilmesi için sonuç birimi tona (t) dönüştürülmelidir. Toplam büyükbaş canlı hayvan

yaş gübresinden oluşan biyogaz miktarı, yıllık büyükbaş canlı hayvandan elde edilen toplam yaş gübre miktarı ile bir ton büyükbaş canlı hayvan yaş gübresinden elde edilebilecek biyogaz miktarının çarpılması sonucunda bulunmaktadır.

**BTYBGBM:** Bir Ton Büyükbaş Canlı Hayvan Yaş Gübresinden Elde Edilen Biyogaz Miktarının Formülü,

**TBYGBM:** Toplam Büyükbaş Canlı Hayvan Yaş Gübresinden Elde Edilen Biyogaz Miktarının Formülü,

$$\mathbf{TBYGBM= YBTYGM \times BTYBGBM} \quad 3.2.3$$

Büyükbaş canlı hayvan yaş gübresinden oluşacak biyogaz miktarı bulunduğundan sonra yıllık büyükbaş canlı hayvandan elde edilen toplam gübre miktarı YBTGM olarak formülize edilmektedir. Daha sonra yıllık büyükbaş canlı hayvandan elde edilen toplam yaş gübre miktarı çıkarılır. İşlem neticesinde YBTKGM değeri hesaplanmış olur.

**YBTGM:** Yıllık Büyükbaş Canlı Hayvandan Elde Edilen Toplam Gübre Miktarının Formülü,

**YBTKGM:** Yıllık Büyükbaş Canlı Hayvan Atığından Elde Edilebilecek Kuru Gübre Miktarının Formülü,

$$\mathbf{YBTKGM= YBTGM - YBTYGM} \quad 3.2.4$$

Büyükbaş canlı hayvanlardan yıllık olarak elde edilen kuru gübre miktarı ile KGK tanımlanmaktadır. Kuru gübre katsayı ile çarpımında biyogaz enerji kaynağı için kullanılabilir kuru gübre miktarı elde edilmektedir.

**KGK:** Kuru Gübre Katsayısının Formülü,

**YBKGBG:** Biyogaz İçin Kullanılabilir Kuru Gübre Miktarının Formülü,

$$\mathbf{YBKGBG= KGK \times YBTKGM} \quad 3.2.5$$

Bir ton büyükbaş canlı hayvan kuru gübresinden oluşacak biyogaz miktarı BTKBGBM olarak formülüne edilir ve yıllık büyükbaş canlı hayvandan elde edilen toplam kuru gübre miktarı ile çarpılarak TBKGBM tanımlanan toplam büyükbaş canlı hayvan kuru gübresinden elde edilen biyogaz miktarı elde edilir.

**TBKGBM:** Toplam Büyükbaş Canlı Hayvan Kuru Gübresinden Elde Edilen Biyogaz Miktarının Formülü,

**BTKBGBM:** Bir Ton Büyükbaş Canlı Hayvan Kuru Gübresinden Elde Edilen Biyogaz Miktarının Formülü,

$$\text{TBKGBM} = \text{BTKBGBM} \times \text{TBKGBM} \quad 3.2.6$$

Büyükbaş canlı hayvanların kuru ve yaş gübrelerinin değerlendirilmesi noktasında biyogaz miktarları toplanarak büyükbaş canlı hayvanlardan elde edilen biyogaz miktarı belirlenir.

**TBBM:** Büyükbaş Canlı Hayvanların Kuru Ve Yaş Gübrelerinin Değerlendirilmesi İle Sonucunda Biyogaz Miktarları Toplanarak Büyükbaş Canlı Hayvandan Elde Edilen Biyogaz Miktarının Formülü,

$$\text{TBBM} = \text{TBKGBM} + \text{TBYGBM} \quad 3.2.7$$

Büyükbaş canlı hayvanların atıklarından elde edilecek toplam biyogaz miktarı ile 1 m<sup>3</sup> biyogazdan elde edilebilecek elektrik enerji katsayısı çarpılarak mevcut biyogaz potansiyelinden elde edilebilecek enerji potansiyeli bulunmaktadır.

**TBBEP:** Büyükbaş Canlı Hayvan Atıklarından Elde Edilen Toplam Biyogaz Miktarı İle 1 m<sup>3</sup> Biyogazdan Elde Edilen Elektrik Enerji Katsayısının Çarpımının Formülü,

$$\text{TBBEP} = \text{TBBM} \times 4.7$$

✓ **Küçükbaş Canlı Hayvanlardan Elde Edilecek Biyogaz Enerji Miktarı**

Küçükbaş canlı hayvanların enerji potansiyelini hesaplayabilmek için gerekli olan formüller aşağıda ayrı olarak belirtilmiştir.

Günlük küçükbaş canlı hayvandan oluşacak toplam yaş gübre miktarının hesaplanması (GKTYGM) noktasında günlük küçükbaş canlı hayvanlardan elde edilen yaş gübre miktarının toplam küçükbaş canlı hayvan sayısı ile çarpılması sonucu elde edilebilir.

**GKTYGM:** Günlük Küçükbaş Canlı Hayvandan Elde Edilen Toplam Yaş Gübre Miktarının Formülü,

**KHS:** Küçükbaş Canlı Hayvan Sayısının Formülü,

$$\mathbf{GKTYGM = GKYGM \times KHS} \quad 3.2.8$$

Günlük olarak oluşan yaş gübre miktarı ile yıldaki gün sayısı çarpılarak YKTYGM olarak adlandırılan yıllık küçükbaş canlı hayvandan elde edilebilecek toplam yaş gübre miktarı belirlenmektedir.

**YKTYGM:** Yıllık Küçükbaş Canlı Hayvandan Elde Edilen Toplam Yaş Gübre Miktarının Formülü,

$$\mathbf{YKTYGM = GKTYGM \times 365} \quad 3.2.9$$

Yukarıdaki formüller neticesinde oluşan sonuçlar kg cinsine eşdeğerdir. İşlemlerin devamı edilmesi için sonucun birimi tona (t) dönüştürülmesi gerekmektedir.

Toplam küçükbaş canlı hayvan yaş gübresinden oluşan biyogaz miktarı, yıllık küçükbaş canlı hayvandan oluşan toplam yaş gübre miktarı ile bir ton küçükbaş canlı hayvan yaş gübresinden elde edilen biyogaz miktarının çarpılması sonucunda bulunmaktadır.

**BTYKGBM:** Bir Ton Küçükbaş Canlı Hayvan Yaş Gübresinden Elde Edilen Biyogaz Miktarının Formülü,

**TKYGBM:** Toplam Küçükbaş Canlı Hayvan Yaş Gübresinden Elde Edilen Biyogaz Miktarının Formülü,

$$\mathbf{TKYGBM = YKTYGM \times BTYKGBM} \quad 3.2.10$$

Küçükbaş canlı hayvan yaş gübresinden oluşan biyogaz miktarı bulunduktan sonra yıllık küçükbaş canlı hayvandan elde edilebilecek toplam gübre miktarı YKTGM olarak belirlenir ve yıllık küçükbaş canlı hayvandan elde edilen toplam yaş gübre miktarından çıkarılır. İşlem sonucunda YKTKGM değeri bulunur.

**YKTGM:** Yıllık Küçükbaş Canlı Hayvandan Elde Edilen Toplam Gübre Miktarının Formülü,

**YKTKGM:** Yıllık Küçükbaş Canlı Hayvan Atığından Elde Edilen Kuru Gübre Miktarının Formülü,

$$\mathbf{YKTKGM = YKTGM - YKTYGM} \quad 3.2.11$$

Küçükbaş canlı hayvanlardan yıllık elde edilebilecek kuru gübre miktarı ile KGK olarak adlandırılan kuru gübre katsayı çarpılarak biyogaz enerjisi için kullanılabilir kuru gübre miktarı elde edilmektedir.

**KGK:** Kuru Gübre Katsayısının Formülü,

**YKKGBG:** Biyogaz İçin Kullanılabilir Kuru Gübre Miktarının Formülü,

$$\mathbf{YKKGBG = YKTKGM \times KGK} \quad 3.2.12$$

Bir ton küçükbaş canlı hayvan kuru gübresinden olacak biyogaz miktarı BTKKGBM olarak tarif edilir ve yıllık küçükbaş canlı hayvanlardan elde edilen toplam kuru gübre miktarı ile çarpımı sonucunda TKKGBM olarak tanımlanan toplam küçükbaş canlı hayvan kuru gübresinden elde edilen biyogaz miktarı tespit edilir.

**TKKGBM:** Toplam Küçükbaş Canlı Hayvan Kuru Gübresinden Elde Edilen Biyogaz Miktarının Formülü,

**BTKKGBM:** Bir Ton Küçükbaş Canlı Hayvan Kuru Gübresinden Elde Edilen Biyogaz Miktarının Formülü,

$$\mathbf{TKKGBM = YKTKGM \times BTKKGBM} \quad 3.2.13$$

Küçükbaş canlı hayvanların kuru gübre ve yaş gübrelerinin değerlendirilmesi sonucunda edilen biyogaz miktarlarının toplanarak küçükbaş canlı hayvandan elde edilebilecek biyogaz miktarı belirlenir.

**TKBM:** Küçükbaş Canlı Hayvanların Kuru Ve Yaş Gübrelerinin Değerlendirilmesi İle Sonucunda Biyogaz Miktarları Toplanarak Küçükbaş Canlı Hayvandan Elde Edilen Biyogaz Miktarı tespit edilir.

$$\text{TKBM} = \text{TKKGBM} + \text{TKYGBM} \quad 3.2.14$$

Küçükbaş canlı hayvan atıklarından elde edilen toplam biyogaz miktarı ile 1 m<sup>3</sup> biyogazdan elde edilebilecek elektrik enerji katsayısı ile çarpımı neticesinde biyogaz potansiyeli sonucunda oluşacak enerji potansiyeli tespit edilmektedir.

**TKBEP:** Küçükbaş Canlı Hayvan Atıklarından Elde Edilen Toplam Biyogaz Miktarı İle 1 m<sup>3</sup> Biyogazdan Elde Edilen Elektrik Enerji Katsayısı Çarpımının Formülü

$$\text{TKBEP} = \text{TKBM} \times 4.7$$

✓ **Kanatlı Kümes Hayvanlardan Elde Edilecek Biyogaz Enerji Miktarı**

Kanatlı kümes hayvanlarında Günlük olarak elde edilen toplam yaş gübre miktarının (GKHTYGM) hesaplanabilmesi için günlük kümes hayvanından elde edilen yaş gübre miktarının toplam kanatlı kümes hayvan sayısı ile çarpılması gerekmektedir.

**GKHTYGM:** Günlük Kanatlı Kümes Hayvanından Elde Edilen Toplam Yaş Gübre Miktarının Formülü,

**GKHYGM:** Günlük Kanatlı Kümes Hayvanından Elde Edilen Yaş Gübre Miktarının Formülü,

**KKHS:** Kanatlı Kümes Hayvanı Sayısının Formülü,

$$\text{GKHTYGM} = \text{GKHYGM} \times \text{KHHS} \quad 3.2.15$$

YKHTYGM günlük olarak tespit edilen yaş gübre miktarı ile bir yıldaki gün sayısının çarpılması sonucunda toplam yaş gübre miktarı elde edilmektedir.

**YKHTYGM:** Toplam Yaş Gübre Miktarının Formülü,

**GKHTYGM:** Günlük Olarak Elde Edilen Yaş Gübre Miktarının Formülü,

$$\mathbf{YKHTYGM = GKHTYGM \times 365}$$

3.2.16

Yukarıdaki belirlenen formüller neticesinde alınan sonuçlar kg cinsine eşdeğerdir.

İşlemlerin devam edebilmesi için sonucun birimi tona (t) dönüştürülmesi gerekmektedir.

Bir ton kanatlı kümes hayvanın yaş gübresinden oluşabilecek biyogaz miktarı ile yıllık kanatlı kümes hayvanından elde edilebilecek toplam yaş gübre miktarı çarpılarak toplam kanatlı kümes hayvanı yaş gübresinden elde edilecek biyogaz miktarı belirlenmektedir.

**TKHYGBM:** Toplam Kanatlı Kümes Hayvanı Yaş Gübresinden Oluşan Biyogaz Miktarının Formülü,

**BTYKHGBM:** Bir Ton Kanatlı Kümes Hayvanı Yaş Gübresinden Oluşan Biyogaz Miktarının Formülü,

**YKHTYGM:** Yıllık Kanatlı Kümes Hayvanından Elde Edilen Toplam Yaş Gübre Miktarının Formülü,

$$\mathbf{TKHYGBM = YKHTYGM \times BTYKHGBM}$$

3.2.17

Kanatlı kümes hayvanından yıllık olarak elde edilen kuru gübre miktarı ile kuru gübre katsayı çarpılarak biyogaz için kullanılacak kuru gübre miktarı belirlenmektedir.

**YKHKGBG:** Biyogaz Enerjisi İçin Kullanılacak Kuru Gübre Miktarının Formülü,

**KGK:** Kuru Gübre Katsayısının Formülü,

**YKHTKGM:** Kanatlı Kümes Hayvanından Yıllık Elde Edilen Kuru Gübre Miktarının Formülü,

$$\mathbf{YKHKGBG = YKHTKGM \times KGK}$$

3.2.18

Bir ton kanatlı kümes hayvanın kuru gübresinden oluşan biyogaz miktarı ile yıllık kanatlı kümes hayvanından oluşan toplam kuru gübre miktarı çarpılarak toplam kanatlı kümes hayvanı kuru gübresinden elde edilen biyogaz miktarı elde edilmektedir.

**TKHKGBM:** Toplam Kanatlı Kümes Hayvanı Kuru Gübresinden Elde Edilen Biyogaz Miktarının Formülü,

**BTKHKGBM:** Bir Ton Kanatlı Kümes Hayvanı Kuru Gübresinden Elde Edilen Biyogaz Miktarının Formülü,

$$\mathbf{TKHKGBM= YKHTKGM \times BTKHKGBM} \quad 3.2.19$$

Kanatlı kümes hayvanlarının kuru gübre ve yaş gübrelerinin değerlendirilmesi sonucunda elde edilen biyogaz miktarları toplanarak kanatlı kümes hayvanından elde edilen biyogaz miktarı elde edilmektedir.

$$\mathbf{TKHBM= TKHKGBM + TKHYGBM} \quad 3.2.20$$

Kanatlı Kümes hayvanı atıklarından elde edilen toplam biyogaz miktarı ile  $1 \text{ m}^3$  biyogazdan elde edilen elektrik enerji katsayısı çarpılarak mevcut biyogaz potansiyelinden elde edilebilecek enerji potansiyeli belirlenmektedir.

**TKHBEP:** Elde Edilebilecek Enerji Potansiyelinin Formülü,

$$\mathbf{TKHBEP= TKHBM \times 4.7} \quad 3.2.21$$

#### ✓ Karbon Salınımı

Adıyaman ilinin biyogaz enerji potansiyelini elde edebilmek için elektrik enerjisi sonucunda karbon salınımının düşürülmesi noktasında küresel ısınmanın yaratacağı



tehlikelerinde azaltılması mümkün olacaktır. Biyogaz enerjisinin bileşenleri; Metan (CH<sub>4</sub>), Hidrojen sülfür (H<sub>2</sub>S), Karbondioksit (CO<sub>2</sub>), Azot (N<sub>2</sub>), Amonyak (NH<sub>3</sub>), Su (H<sub>2</sub>O), Hidrojen (H<sub>2</sub>), olarak toplam yedi bileşenden oluşmaktadır (Deviren ve ark, 2017). Elektrik tüketimine bağlı olarak karbon salınımı, elektrik tüketimi ve emisyon faktörünün çarpılmasıyla elde edilebilir. Emisyon faktörü değerleri üretilen elektrik miktarına bağlı olarak, birim emisyon değerinin üretilen toplam elektrik enerjisi miktarıyla belirlenebilir (Brander ve ark, 2011). Ancak aşağıdaki formülde sadece CO<sub>2</sub>'in salınım miktarını hesaplanmaktadır.

Türkiye için birim kWh ve üretime bağlı salınım değeri '0.865664547' kg CO<sub>2</sub> olarak tespit edilmiş olup salınım değeri aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır.

$$\text{Salınım Değeri (kgCO}_2\text{)} = \text{Üretilen Elektrik Enerjisi (kWh)} \times 0.865664547 \quad 3.2.22$$

#### 4. ARASTIRMA BULGULARI ve TARTISMA

Adıyaman ilinin yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli ve çevre üzerine etkilerinin araştırılması için, gerekli materyal ve yöntemler kullanılarak potansiyeli ve çevresel etkileri bulunmuştur. Bulunan veriler eşliğinde aşağıda belirtilen enerji başlıkları tek tek ele alınarak incelenerek değerlendirilmiş ve yorumlanmıştır. Ayrıca oluşabilecek çevresel etkileri kıyaslanmıştır.

##### 4.1. Adıyaman İlinin Biokütle Enerji Potansiyeli

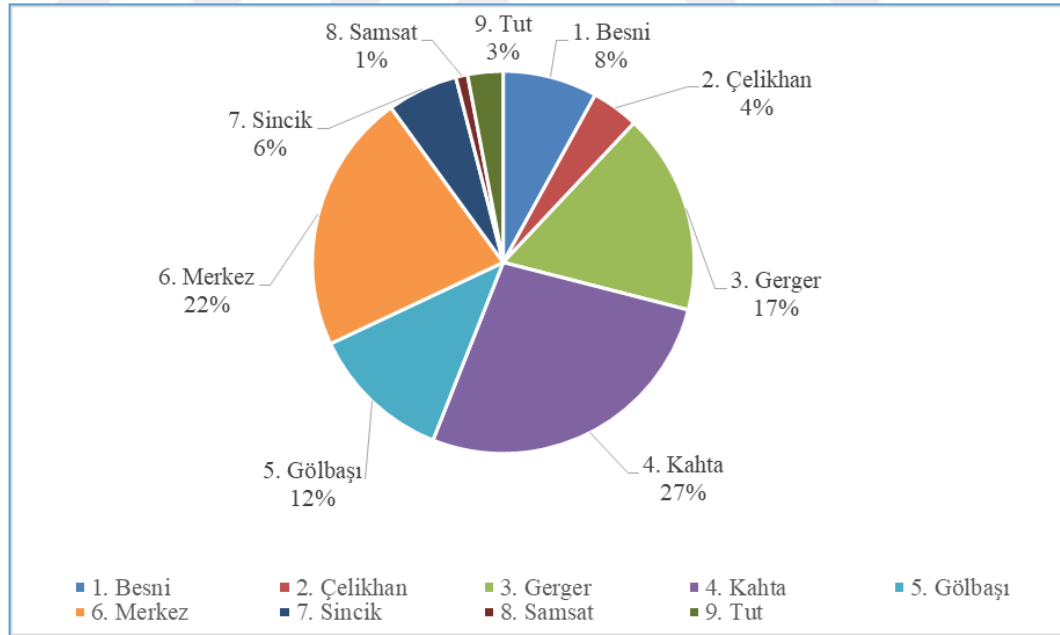
Bu bölümde Adıyaman ili için biokütle enerji potansiyeli araştırılmıştır. Adıyaman ili için elde edilecek biyogaz miktarını belirlemede kullanılacak olan hayvansal atıkların ne kadar olduğunun belirlenmesi amacıyla, Adıyaman ili ve ilçelerindeki hayvan sayıları Tablo 4.1’de gösterilmektedir.

Tablo 4.1. Adıyaman ilinde bulunan mevcut hayvan sayılarının ilçelere göre dağılımları (BEP, 2018)

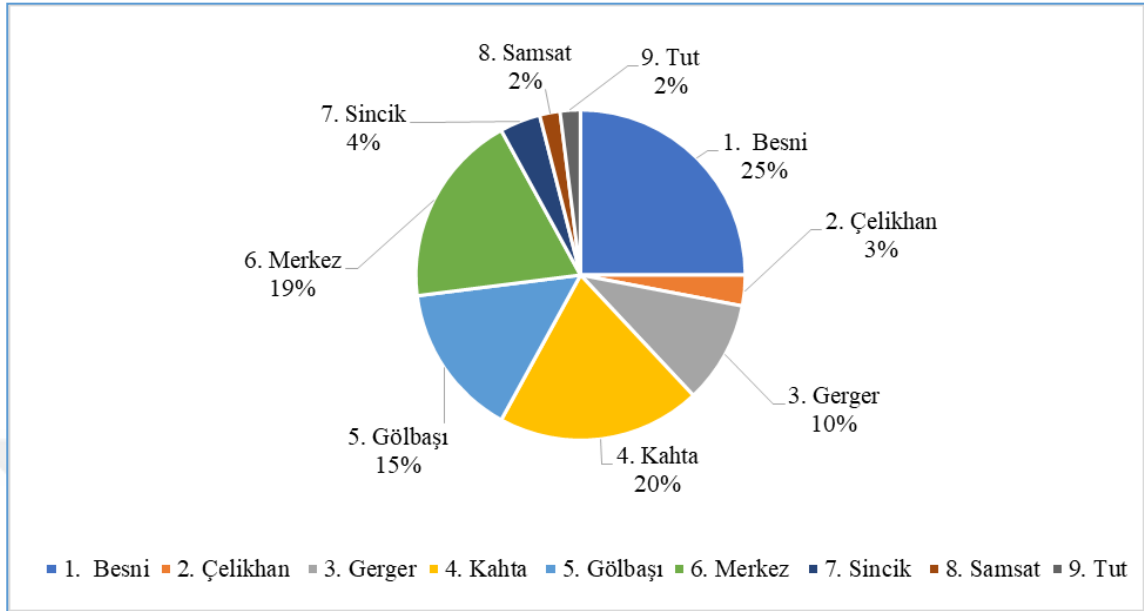
İlçe Adı	Büyükbaş Hayvan Sayısı (Adet)	Küçükbaş Hayvan Sayısı (Adet)	Kanatlı Kümes Hayvanı Sayısı (Adet)
Merkez	20.075	55.266	46.140
Kahta	24.690	59.359	94.180
Besni	7.184	74.448	16.955
Gölbaşı	11.600	45.800	84.847
Gerger	16.139	29.765	7.360
Sincik	5.450	12.340	7.700
Çelikhan	3.323	8.275	650
Tut	2.622	7.403	8.207
Samsat	688	5.074	12.900
<b>TOPLAM</b>	<b>91.771</b>	<b>297.730</b>	<b>278.939</b>

Adıyaman ilinde bulunan hayvan sayılarının ilçere göre dağılım şekli Tablo 4.1’ de detaylı olarak verilmektedir. Tablo 4.1 incelendiğinde hayvanların yoğunluğunun Kahta ilçesinde olduğu görülmektedir. Büyükbaş hayvan sayının en yüksek olduğu yer Merkez olup, küçükbaş hayvan sayısının ve kanatlı kümes hayvan sayısının en yüksek olduğu yer Kahta ilçesi olduğu görülmektedir.

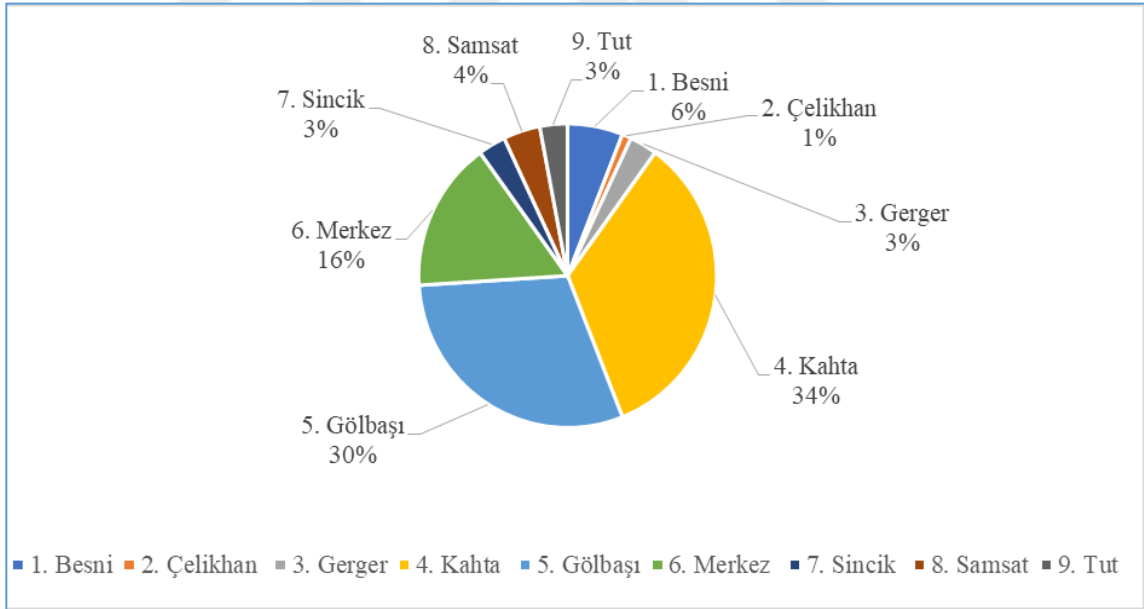
Adıyaman ilinin geçim kaynakları arasında hayvancılığın önemi ve mevcut hayvan sayıları göz önüne alınırsa biyogaz enerji üretimi için potansiyeli mevcuttur. Bu potansiyeli kaynak olarak kullanılacak olan hayvanların atık ve artık miktarları belirlemektedir. Aşağıda Adıyaman İli büyükbaş canlı hayvanların yüzdelerle miktarları ilçelere göre dağılımı Şekil 4.1’de, Adıyaman İli küçükbaş canlı hayvanların yüzdelerle miktarları ilçelere göre dağılımı Şekil 4.2’de, Adıyaman İli kanatlı kümes hayvanlarının yüzdelerle miktarları ilçelere göre dağılımı Şekil 4.3’de verilmektedir.



Şekil 4.1. Adıyaman İli Büyükbaş Canlı Hayvanların Yüzdelerle Olarak İlçelere Dağılımı



Şekil 4.2. Adıyaman İli Küçükbaş Canlı Hayvanların Yüzdeler Olarak İlçelere Dağılımı

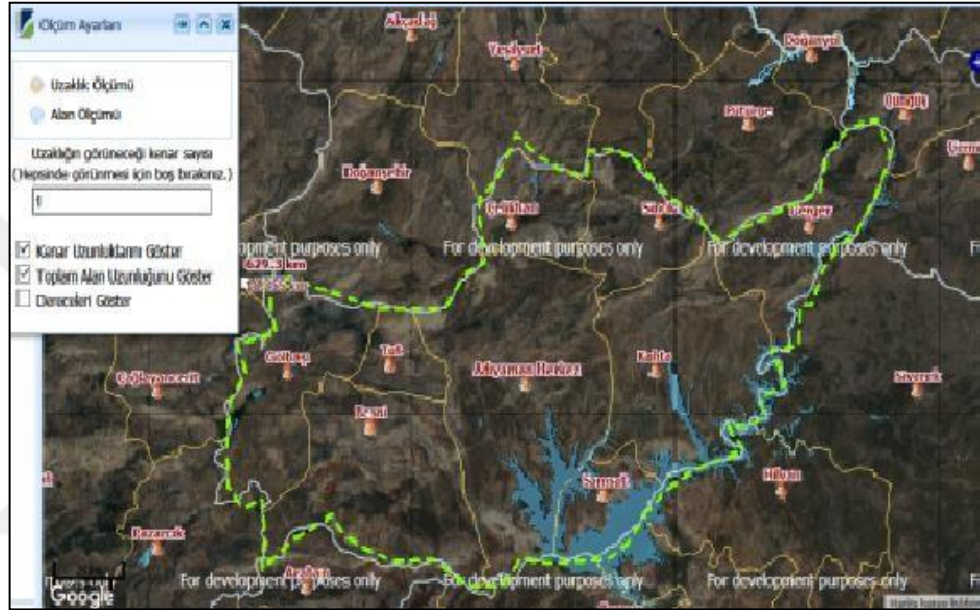


Şekil 4.3. Adıyaman İli Kanatlı Kümes Hayvanların Yüzdeler Olarak İlçelere Göre Dağılım Şekli

Yukarıda verilen hayvan sayıları dikkate alınarak oluşturulan gruplaştırılmış ilçelerin hayvansal yoğunluk grafik şekilleri irdelendiğinde Adıyaman ili biyogaz enerji üretimi için gerekli olan potansiyel yoğunluğun büyükbaş hayvanlarda %27'si ile Kahta,

küçükbaş hayvanlarda %25 ile Besni ve kanatlı kümes hayvanlarında ise %34 ile yine Kahta ilçesinde en yüksek olduğu görülmektedir.

Adıyaman ilinin BEPA uygulama programındaki hesaplanan yüz ölçümü yaklaşık olarak 7.510 km<sup>2</sup> olup Şekil 4.4’de aşağıda gösterilmektedir.



Şekil 4.4. BEPA Adıyaman ili yüz ölçümünün haritası

Adıyaman ilinin biyogaz potansiyelinin hesaplanabilmesi için hayvan sayılarının belirlenmesi gerekmektedir. BEPA programı yardımıyla Adıyaman İli için Tablo 4.2’de hayvan sayıları incelenmiştir.

Tablo 4.2. Adıyaman ilinde bulunan hayvan sayıları

CİNSİ	ADET
Büyükbaş Canlı Hayvan Sayısı	91.771
Küçükbaş Canlı Hayvan Sayısı	297.730
Kanatlı Kümes Hayvanı Sayısı	278.939
<b>Toplam Hayvan Sayısı</b>	<b>668.440</b>

Tablo 4.2 incelendiğinde Adıyaman ilinde toplam 91.771 adet büyükbaş hayvan olup, Adıyaman ilinde bulunan toplam hayvanların yaklaşık olarak % 13.72’sini

oluşturmaktadır. Adıyaman ilinin mevcut koşullarda 297.730 adet küçükbaş hayvanı olup toplam hayvanların % 44.54'ünü, kanatlı kümes hayvan sayısı ise toplamda 278.989 adet olup toplam hayvanların % 41.72'sini kapsamaktadır. Bu üç grup incelendiğinde canlı hayvan sayısı Adıyaman İli için toplam 668.440 adettir.

Adıyaman ilindeki canlı hayvanların sayısı belirlendikten sonra mevcut bulunan hayvanların yıllık ortalama atık gübre miktarları incelemiştir. Tablo 4.3'de yıllık ortalama atık gübre miktarları ilçelere göre tek tek incelenerek her ilçenin kendi içinde barındırdığı biyogaz enerji potansiyelinin hesaplanması mümkün olacaktır. Tablo incelendiğinde Adıyaman ili merkez ve sekiz ilçelerinde biyogaz enerji miktarını incelendiğinde en yüksek oran Kahta ve Merkez ilçelerinde olduğu görülmektedir. Ayrıca, Adıyaman ilinde yıllık büyükbaş canlı hayvanlardan toplam 330.373 ton, yıllık küçükbaş canlı hayvanlardan 208.408 ton, yıllık kanatlı hayvanlardan 68.290 ton atık elde edilmektedir.

Tablo 4.3. Adıyaman ilinde oluşacak hayvansal atıkların hayvan cinslerine ve ilçelere göre dağılımı

İlçe Adı	Büyükbaş Canlı H. Atık Miktarı (ton/yıl)	Küçükbaş Canlı H. Atık Miktarı (ton/yıl)	Kanatlı H. Atık Miktarı(ton/yıl)
Merkez	72.270	38.686	10.150
Kahta	88.884	41.551	20.719
Besni	25.862	52.113	3.730
Gölbaşı	41.760	32.060	18.666
Gerger	58.100	20.835	1.619
Sincik	19.620	8.638	1.694
Çelikhan	11.962	5.792	14.3
Tut	9.439	5.182	18.055
Samsat	2.476	3.551	2.838
<b>TOPLAM</b>	<b>330.373</b>	<b>208.408</b>	<b>68.290</b>

Tablo 4.4 incelendiğinde hayvansal atıkların toplam gübre miktarı 670.071 ton/yıl, Adıyaman ili için tüm hayvan cinslerinden oluşan toplam biyogaz miktarı ise 29.036.593 m<sup>3</sup> /yıl'dır. Adıyaman ili için hayvansal atıklardan elde edilebilecek toplam biyogaz

miktarı ise 77.578 m<sup>3</sup>/gün olarak hesaplanmıştır. Adıyaman ili için elektrik enerjisi eşdeğeri ise toplam 346.616 kWh/gün olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4.4. Adıyaman ilinin hayvansal atıkları sonucunda oluşan enerji değeri analiz sonuçları

Hayvan Cinsi	Gübre Miktarı (ton/yıl)	Biyogaz Miktarı (m <sup>3</sup> /yıl)	Elde Edilebilecek Biyogaz (m <sup>3</sup> /gün)	Elektrik Enerjisi Eşdeğeri (kWh/gün)	Yıllık Elektrik Enerjisi (kWh)
Büyük Baş Hayvanlar	330.373	10.902.309	29.869	140.384	512.401
Küçük Baş Hayvanlar	208.408	12.087.664	33.116	155.645	568.104
Kanatlı Kütmes Hayvanları	68.290	5.326.620	14.593	68.587	250.342
<b>Toplam</b>	<b>670.071</b>	<b>29.036.593</b>	<b>77.578</b>	<b>346.616</b>	<b>1.330.847</b>

Adıyaman ilinde bulunan mevcut enerji potansiyeli ilçe bazlarında incelendiğinde Merkez ve sekiz ilçesinde hayvansal atıklardan toplam 1.330.847 kWh yani diğer bir ifade ile 1.330 MW/yıl elektrik enerjisi üretilebilecek potansiyelinin olduğu tespit edilmiştir.

#### **Karbon Salınımı Azalımı sera gazlarındaki azalma (metan karbondioksit diazot oksit);**

Fosil kökenli yakıtların kullanımının artması nedeni ile beraber artan karbon salınımı ciddi bir tehlike oluşturmaktadır. Bu yüzden biyogaz enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaştırılması elektrik enerjisinin üretiminin yapılmasının yanı sıra karbon salınımının azaltılmasına da yardımcı olmaktadır. Elektrik üretimi ve karbon salınımı azalımı Tablo 4.5’de gösterilmektedir.

Tablo 4.5. Adıyaman ili için biyogaz enerjisinden elektrik üretimi ve karbon salınımı azalımı

	Üretilen enerji miktarı (kWh)	Gerçekleşen karbon salınım miktarı azalımı (ton-CO <sub>2</sub> )
<b>Biyogaz enerji üretimi</b>	1.330.847	1.152.067

Tablo 4.5 incelendiğinde Adıyaman ilinde mevcut şartlar altında yapılan biyogaz enerji ile elektrik üretim yılda 1.330.847 kWh olup elektrik üretimine bağlı karbon salınım azalımı değeri ise 1.152.067 ton-CO<sub>2</sub> olarak hesaplanmıştır.

#### 4.2. Adıyaman İlinin Güneş Enerji Potansiyeli

Türkiye güneş enerjisi potansiyeli bakımından oldukça zengin ülkelerden biridir. Ülkemizin global radyasyon değerleri, güneşlenme süreleri değeri ve güneş enerjisi potansiyelinin belirlenmesi için ETKB tarafından Türkiye' nin Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA) hazırlanmıştır. GEPA'nın verilerine göre Türkiye' nin günlük toplam güneşlenme süresi 7,5 saat, yıllık ise toplam güneşlenme süresi ise yaklaşık 2623 saattir(EİE, 2018). Türkiye'nin global radyasyon değerleri (gelen güneş enerjisi) günlük toplam 4,17 kWh/m<sup>2</sup> iken yıllık toplam 1.503,00 kWh/m<sup>2</sup>-yıl olarak belirlenmiştir. Karataş'ın yaptığı çalışmaya göre bu süre 2.640 saat/yıl değerinde olmakla beraber ülkemizin güneş enerji potansiyeli için 4.600 km<sup>2</sup>'lik kullanım alanı mevcuttur. Fakat bu alanın tam olarak yüz binde ikisi ancak kullanılabilir (Karataş, 2009).

Adıyaman İli Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yer almaktadır. Türkiye'nin en fazla güneş enerjisi alan yeri olarak Güneydoğu Anadolu Bölgesi bilinirken, en az güneş enerjisi alan yeri ise Karadeniz Bölgesi'dir. Güneş enerjisi potansiyeli ve güneşlenme süresi değerlerinin Türkiye'nin bölgelerine göre dağılım analizi Tablo 4.6' da verilmektedir. Yıllık ortalama toplam güneşlenme süreleri bakımından bölgeler arasında sıralama yapıldığında, Güneydoğu Anadolu Bölgesi 2.993 gibi bir saatle ilk sırada yer alırken Karadeniz Bölgesinin son sırada yer aldığı görülmektedir.



Tablo 4.6. Türkiye' nin yıllık ortalama ışım ve güneşlenme değerlerinin bölgelere göre dağılım tablosu (Behçet ve ark., 2013.)

<b>Bölgeler</b>	<b>Ortalama Toplam Güneş Enerjisi (kWh/m<sup>2</sup>yıl)</b>	<b>Ortalama Toplam Güneşlenme Süresi (saat/yıl)</b>
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

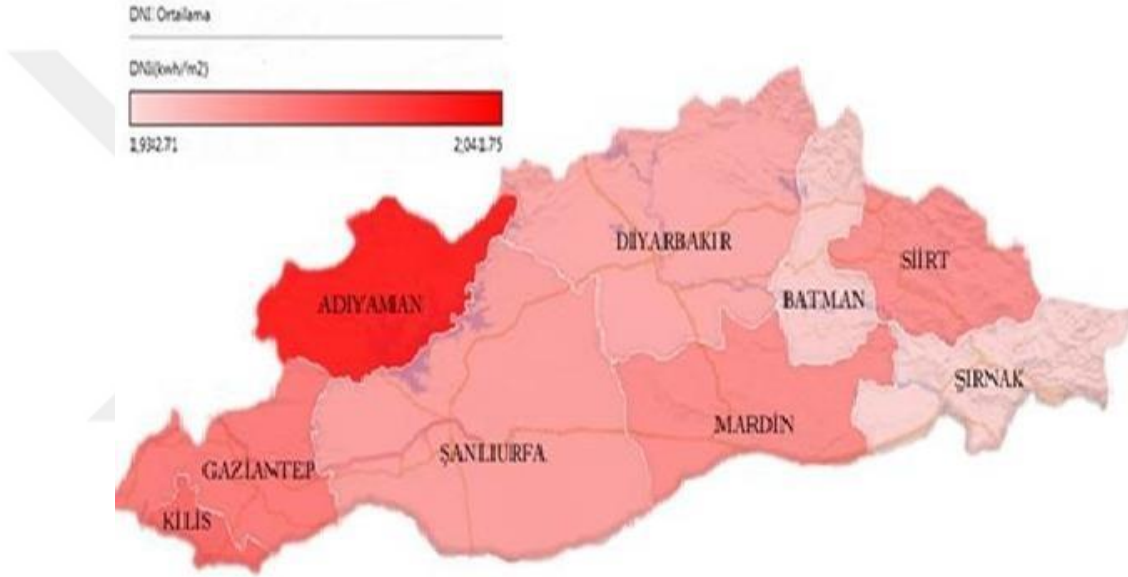
Adıyaman İli, bulunduğu konumu itibarıyla sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli açısından bölgede bulunan birçok bölgeye göre avantajlı durumdadır. Solar Med Atlas yazılımından elde edilen il ve bu illere ait ilçelerin DNI ve GHI güneş ışınım verileri incelenerek Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin ışınım değerlerinin gösterimi aşağıda Tablo 4.7'de verilmektedir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde üst sıralarda bulunan iller, güneş enerjisinden faydalanılabilecek en uygun yerlerdir.

Tablo 4.7. Güneydoğu anadolu bölgesi'nin illere göre ortalama güneşlenme süreleri ve radyasyon değerlerinin gösterimi (www.gnssolar.com)

<b>İl Adı</b>	<b>Ortalama Güneşlenme Süresi (saat/yıl)</b>	<b>Radyasyon Değeri (kWh/m<sup>2</sup>yıl)</b>
<b>Adıyaman</b>	<b>2961</b>	<b>1595</b>
Gaziantep	2978	1582
Şanlıurfa	3033	1586
Mardin	3033	1588
Diyarbakır	2613	1473
Şırnak	2975	1601
Batman	2873	1576
Siirt	2828	1591
Kilis	2975	1575

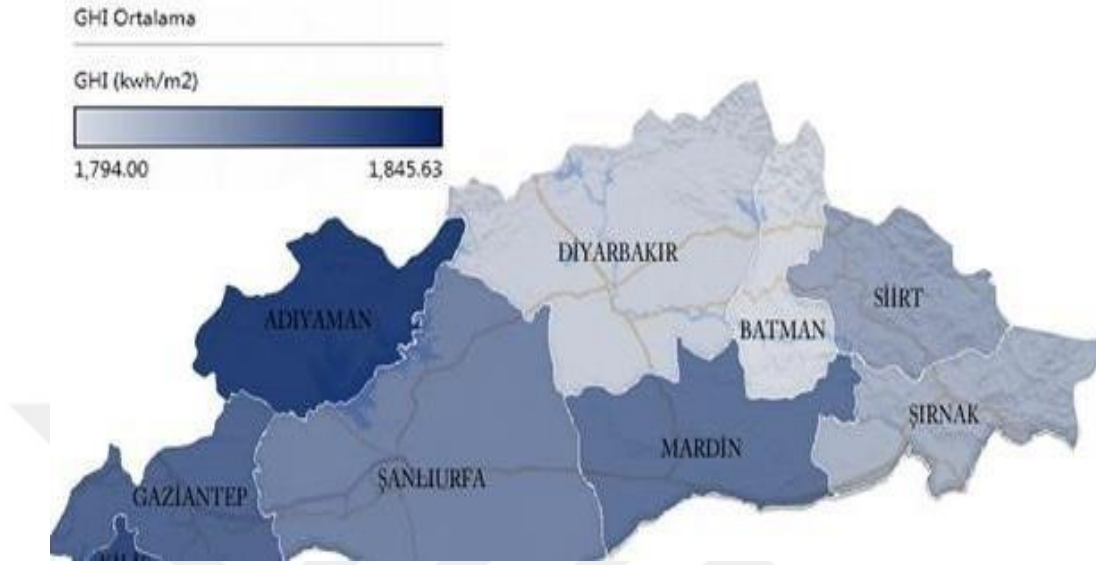
Tablo 4.7'yi incelediğimizde Adıyaman ilinin güneşlenme süresi 2.961 saat/yıl, radyasyon değeri ise 1.595 kWh/m<sup>2</sup>yıl olarak ilk sırada yer alırken Gaziantep ikinci sırada ve en son Kilis ili yer almaktadır.

Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin direkt ışınım değerleri haritası Şekil 4.5'de aşağıda verilmektedir. Güneydoğu Anadolu Bölgesinde DNI ortalaması 2.041 kWh/m<sup>2</sup>yıl ile 1.932 kWh/m<sup>2</sup>yıl değerleri arasında yer almaktadır.



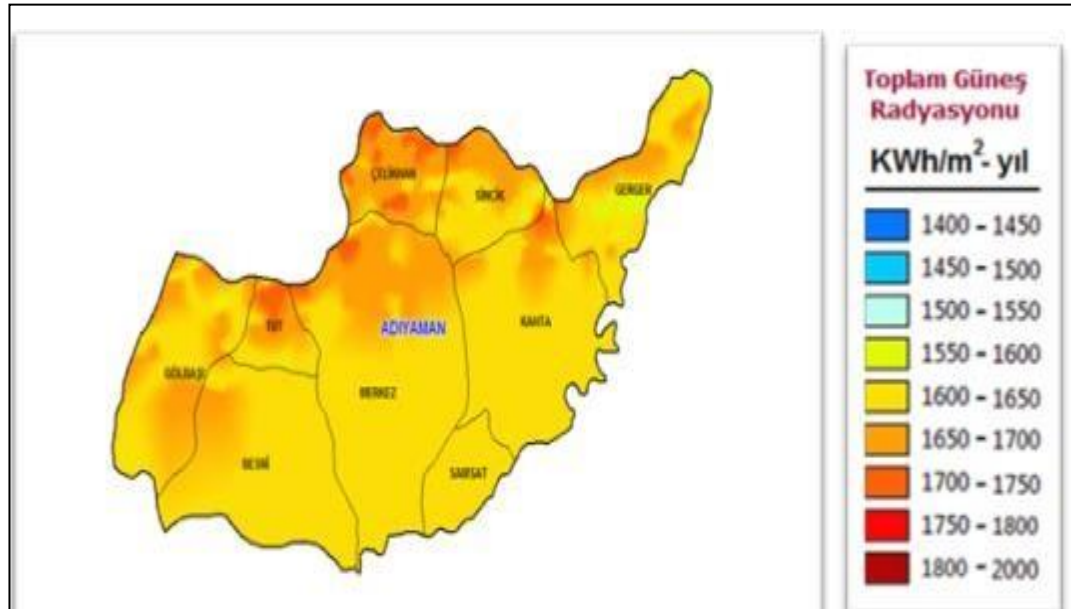
Şekil 4.5. Güneydoğu anadolu bölgesinin DNI potansiyeli haritası (URL:16,2019)..

Bu değerlere göre DNI değeri en yüksek ili Adıyaman ve en düşük ili ise Şırnak ilinde görülmektedir. Şekil 4.6'da Güneydoğu anadolu bölgesinin yatay ışınım değerlerinin illere göre haritası aşağıda verilmektedir. Güneydoğu anadolu bölgesinin GHI yaklaşık ortalama 1.845 kWh/m<sup>2</sup>yıl ile 1.794 kWh/m<sup>2</sup>yıl değerleri arasında yer almaktadır (URL:16,2019).



Şekil 4.6. Güneydoğu Anadolu bölgesinin yatay GHI potansiyeli haritası

Bu verilere göre en yüksek GHI değeri Adıyaman ilinde ve en düşük ışınım değeri ise Batman ilinde olduğu görülmektedir. Şekil 4.7’de Adıyaman iline ait güneş enerjisi haritası verilmiştir.



Şekil 4.7. Adıyaman güneş enerji potansiyeli atlası (URL:12, 2019).

Şekil 4.7’i incelendiğinde Adıyaman ilinin yüksek güneş enerjisi potansiyeli bulunmakta olup kuzey kesim noktalarına gidildikçe bu potansiyel değerinin arttığı

görülmektedir. Adıyaman ilinin ortalama güneş ışıması değerinin yaklaşık olarak 1.600-1.700 arasında olduğu görülmektedir. Aynı zamanda bu değerler kWh/m<sup>2</sup> olarak bir yılda alınabilecek toplam enerji miktarını ifade etmek için kullanılmaktadır.

Adıyaman İlinin ortalama güneşlenme süresinin en yüksek olduğu Temmuz ayında 12.25 saat iken en düşük 4.01 saat ile Aralık ayında ölçülmüştür. Adıyaman'ın ilinin yıllık ortalama güneşlenme süresi 8.11 saat olarak tespit edilmiştir. Adıyaman İli toplam güneş radyasyonunun en çok kaydedildiği ay Haziran ayıdır. Adıyaman İli gerek güneşlenme süresi gerekse güneş radyasyonu ortalamalarında Türkiye ortalamasının üzerindedir. Türkiye geneli toplam güneş radyasyonu Haziran ayında 6.57 kWh/m<sup>2</sup>gün iken Adıyaman ilinde bu değer 6.82 kWh/m<sup>2</sup>gün olarak gerçekleşmektedir. Adıyaman İli merkez ve sekiz ilçesinin yıllık global radyasyon değerleri ve Güneşlenme süresi aşağıdaki Tablo 4.8'de verilmektedir.

Tablo 4.8. Adıyaman merkez ve ilçelerin global radyasyon değerleri ve güneşlenme süresi (GEPA, 2019)

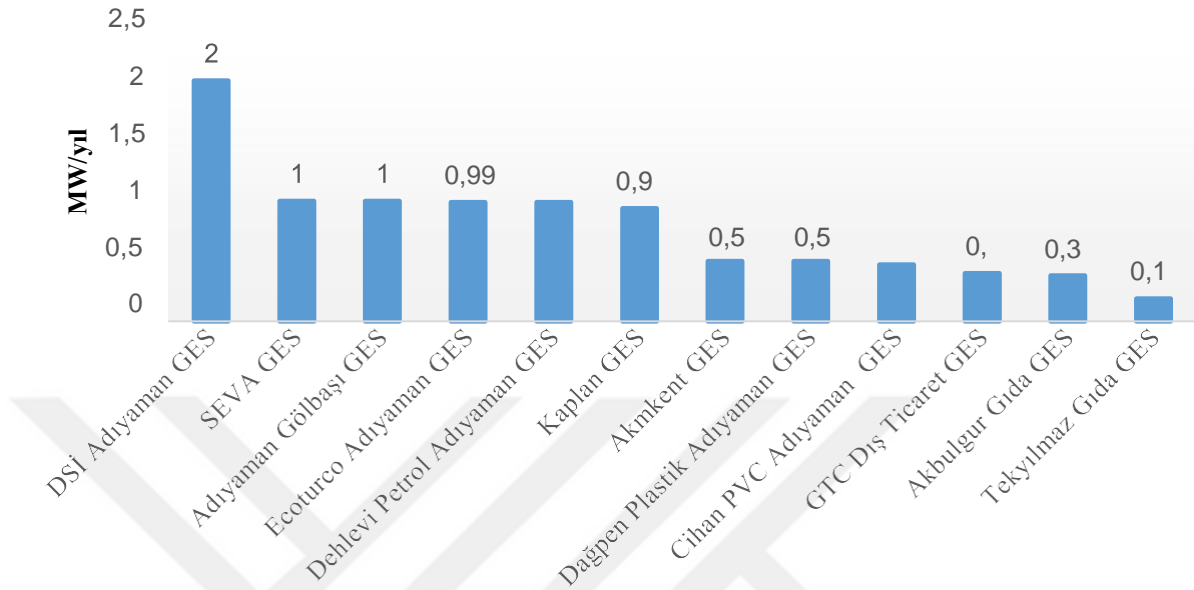
İLÇELER	GLOBAL RADYASYON DEĞERLERİ (kWh/m <sup>2</sup> gün (yıllık))	GÜNEŞLENME SÜRESİ (saat/yıl)
Gölbaşı	52.59	97.05
Besni	52.26	98.40
Tut	53.04	96.72
Merkez	52.44	98.00
Samsat	52.12	104.36
Kahta	52.26	97.49
Çelikhan	53.36	96.05
Sincik	52.75	95.91
Gerger	52.72	95.7

Tablo 4.8'de yıllık toplam global radyasyon değeri 473.04 kWh/m<sup>2</sup>gün ve toplam güneşlenme süresi ise 880 saat/yıl olarak hesaplanmıştır (YEGM, 2012). Bu değer Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin en çok güneş enerjisi potansiyeline sahip olan ilin Adıyaman olduğunu göstermektedir. Adıyaman ilinde aktif olarak kurulu güneş enerji santralleri toplamda 12 adettir. Tablo 4.9'da detaylı olarak gösterilmektedir.

Tablo 4.9. Adıyaman ili aktif güneş enerji santralleri (Adıyaman DSİ Genel Müdürlüğü, 2019)

SANTRAL ADI	İLÇE	FİRMA	KURULU GÜÇ (MW)
DSİ Adıyaman GES	Merkez	DSİ	2,00
SEVA GES	Kahta	SEVA	1,00
Adıyaman Gölbaşı GES	Gölbaşı	Ahmet Dağılımş	1,00
Ecoturco Adıyaman GES	Merkez	Ecoturco	0,99
Dehlevi Petrol Adıyaman GES	Kahta	Dehlevi Petrol Harfiyat	0,99
Kaplan GES	Merkez	Gafur Kaplan	0,94
Akmkent GES	Gölbaşı	Akmkent Enerji	0,50
Dağpen Plastik Adıyaman GES	Gölbaşı	Dağpen Plastik	0,50
Cihan PVC Adıyaman GES	Gölbaşı	Cihan PVC İNŞ.	0,47
GTC Dış Ticaret GES	Merkez	GTC Dış Ticaret	0,40
Akbulgur Gıda GES	Merkez	Akbulgur Gıda	0,38
Tekyılmaz Gıda GES	Merkez	Tekyılmaz Gıda	0,19
<b>TOPLAM</b>			<b>10,3 MW</b>

Tablo 4.9’u incelediğimizde Adıyaman ilinde toplam on iki adet aktif güneş enerji santrali bulunmaktadır. Bunların altı adedi Adıyaman Merkez’inde, dört adedi Gölbaşı ilçesinde, iki adedi de Kahta ilçesinde yer almaktadır. Adıyaman ilinde 10.3 MW kurulu gücünde güneş enerjisi sistemleri kurulmuş olup faaliyetlerine devam etmektedir. Adıyaman ili için yapım aşaması noktasında iki adet GES bulunmaktadır. Bunlar Besni Belediyesi ve Besni Şahin Halıgür firmalarına ait kurulu gücü ise 0,81 MW ve 0.47 MW olarak toplamda 1.28 MW olarak yapılmaktadır. Aynı zamanda yapılması planlanan Desun GES santrali 2.05 MW olarak enerjiye katkı sağlanması düşünülmektedir.



Şekil 4.8. Adiyaman ilinin GES kurulu güçlerin (MW) grafiksel gösterimi (Adiyaman DSİ Genel Müdürlüğü, 2019).

Şekil 4.8 incelendiğinde, GES'ler içerisinde DSİ Adiyaman 2.00 MW ile en yüksek seviyede elektrik üretirken Tekyılmaz GES ise en düşük seviyede elektrik üretmektedir.

Güneş enerjisinden üretilen elektrikle yapılabilecek çalışmalar Adiyaman ilinde bazı önemli projelerin başlamasına olanak sağlamıştır. İpekyolu Kalkınma Ajansı ve Adiyaman Üniversitesi tarafından destek sağlanıp, hazırlanan 'Güneşin Gözyaşları' adlı proje ile Adiyaman ilinde güneş enerjisinin kullanılmasına olan ilgi önemli derecede arttırılmıştır. Bu proje kapsamında (ADYUTAYAM) Adiyaman Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi Bağcılık Uygulama Alanı Arazi'sinde yer alan 40.000 m<sup>2</sup> bağın damlama sulamasının yapılması, arazinin çevresinin aydınlatılması ve güvenliğinin sağlanması, kurulan güneş enerjisi santrali sayesinde sağlanmıştır. Şekil 4.9'da bu projenin kapsamında kurulan güneş enerji santrali görülmektedir.



Şekil 4.9. Güneşin gözyaşları projesi kapsamında kurulan güneş enerjisi santrali (Behçet, 2013).

Bölge insanlarını çevre dostu, sürdürülebilir, alternatif enerji kaynaklarına yönlendirmek kapsamında bu tarz projelerin yaygınlaştırılması büyük önem taşımaktadır.

### 4.3. Adıyaman İlinin Rüzgâr Enerji Potansiyeli

Rüzgâr enerjisi yenilenebilir enerji kaynakları içinde önemli bir yer paya sahiptir. Türkiye coğrafi konumundan dolayı rüzgâr enerji kaynakları bakımından verimli bir potansiyele sahiptir. Türkiye, orta kuşakta yer alan bir ülke olmasından ötürü, soğuk ve sıcak hava kütlelerinin karşılaştığı bir noktadadır. Rüzgârın oluşabilmesi için gerekli olan basınç farkını bu iki farklı hava kütlesi sağlamaktadır.

Türkiye’de 7.5 m/s üzeri rüzgâr hızına sahip bölgelerde ve yerden yüksekliği 50 m olan, km<sup>2</sup> başına 5 MW’lık rüzgâr enerji santrali kurulabileceği öngörülmektedir. Bu amaçla mikro ölçekli rüzgâr akış modeli kullanılarak ülkemizdeki rüzgâr kaynaklarının karakteristik özelliklerini ve dağılımını belirlemek amacı ile 2006 yılında Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) tarafından Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA) hazırlanmıştır.

REPA’da verilen rüzgâr kaynağı haritaları ve diğer bilgiler rüzgâr enerjisini etkin ve en verimli şekilde kullanılacak bölgelerin belirlenmesinde yararlanılacak kaynak sağlamaktadır. Yıllık ortalama değerleri incelendiğinde Türkiye'nin en iyi rüzgâr kaynağı bölgeleri; ülkemizin batı kıyıları boyları, Marmara Denizi çevresi ve Antakya civarındaki bazı bölgelerdir. Türkiye'nin bölgelere göre ortalama rüzgâr gücü yoğunluğu aşağıdaki Tablo 4.10’da verilmektedir.

Tablo 4.10. Türkiye'nin bölgelere göre ortalama rüzgâr gücü yoğunlukları (Behçet, 2013).

Bölge Adı	Ortalama Rüzgâr Gücü Yoğunluğu (W/m <sup>2</sup> )
Güney Doğu Anadolu Bölgesi	29.33
Akdeniz Bölgesi	21.36
Doğu Anadolu Bölgesi	13.19
İç Anadolu Bölgesi	20.14
Ege Bölgesi	23.47
Marmara Bölgesi	51.91
Karadeniz Bölgesi	21.31

Tablo 4.10’u incelediğimizde ülkemizin rüzgâr enerjisi potansiyelinin büyük çoğunluğu Marmara, Ege ve Doğu Akdeniz bölgelerinde bulunmaktadır.

Adıyaman ilinin rüzgâr enerji potansiyelini incelediğimizde Tablo 4.11’de görüleceği üzere sürekli devam etmesi ile yenilenebilir, çevre açısından temiz bir enerji kaynağı durumundadır. Adıyaman ilinin ortalama rüzgâr hızı 2.4 m/sn.dir (Güven ve Kaygın, 2015). RES yatırım sistemlerinin ekonomik olarak çalışabilmesi için 7 m/s yada üzerinde rüzgâr hızı gerekmektedir (Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, 2019). Adıyaman’ın kuzey bölgelerinde ise, Gölbaşı, Tut, Sincik, Çelikhane ve Adıyaman Merkezinin kuzeyi 6.5-7 m/s hız sınırı aralığındadır.

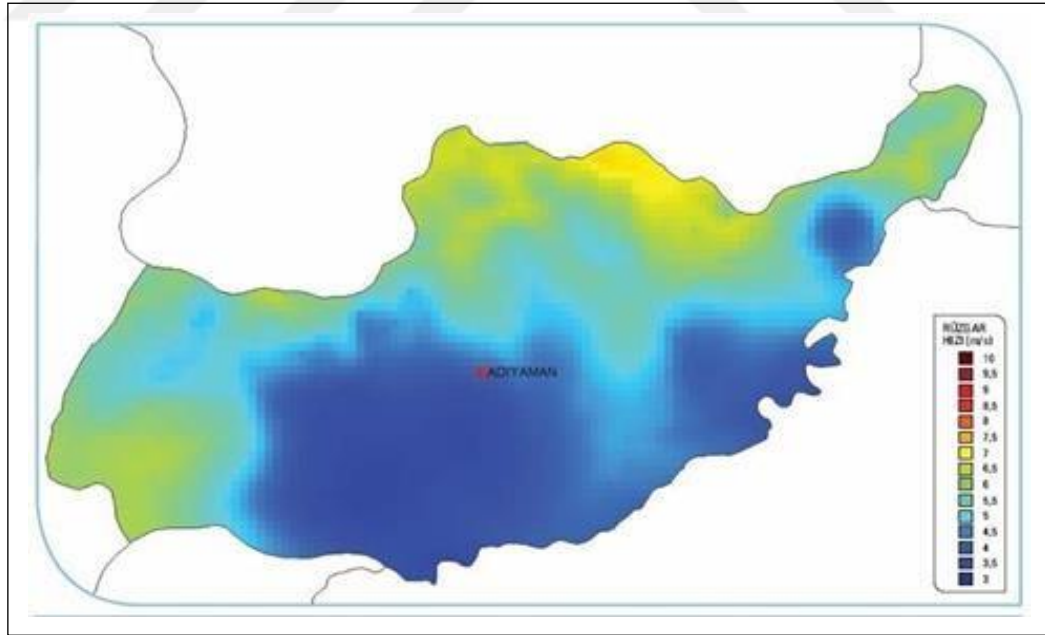
Tablo 4.11. Adıyaman iline kurulabilecek rüzgâr enerji santralının güç kapasitesi

Ortalama 50 m’de Rüzgâr Gücü (W/m <sup>2</sup> )	Ortalama 50 m’de Rüzgâr Hızı(m/s)	Toplam Alan(km <sup>2</sup> )	Toplam Kurulu Güç (MW)
300-400	6.8- 7.5	176.32	881.6
400-500	7.5- 8.1	50.96	254.8
500-600	8.1- 8.6	12.1	60.48
600-800	8.6-9.5	0	0
>800	>9.5	0	0
<b>TOPLAM</b>		<b>239.38 km<sup>2</sup></b>	<b>1.196.88 MW</b>

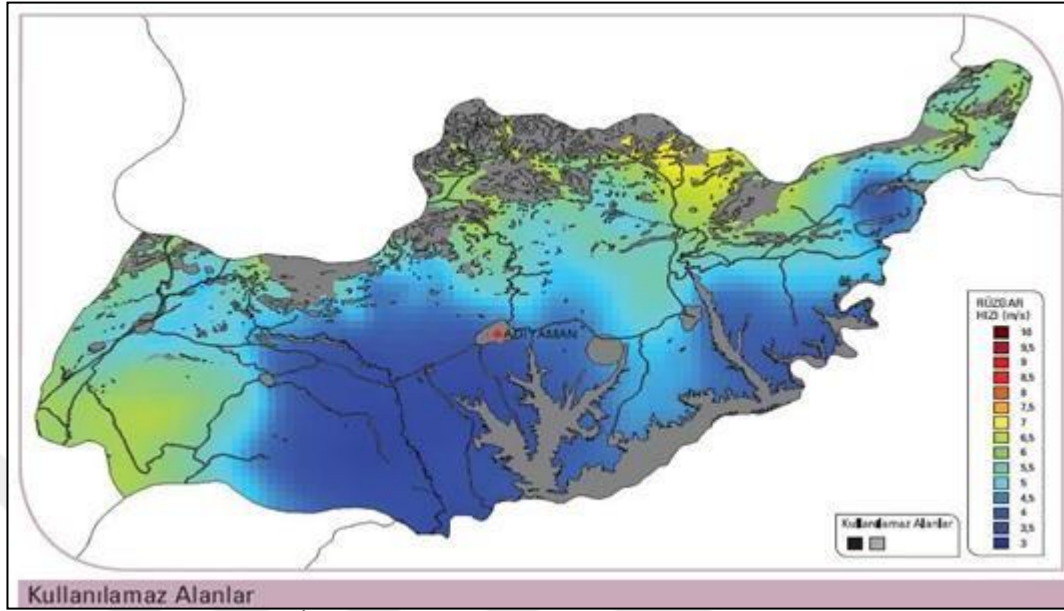


Tablo 4.11'i incelediğimizde Adıyaman İlinde rüzgâr enerji santrali toplam 239.38 km<sup>2</sup> 'lik bir alana kurulabilir ve toplam kurulu güç kapasitesinin ise 1.196.88 MW olduğu tespit edilmiştir. Aşağıdaki Şekil 4.10'da görüldüğü gibi Adıyaman'ın batı ve kuzey kesimi rüzgâr enerjisi açısından yeterli potansiyele sahiptir ve yatırım yapılabilir yerler olarak yatırımcılara firmalara fırsatlar sunmaktadır. Adıyaman'ın kuzey doğusunda yer alan Sincik ilçesinin rüzgâr enerji santrali kurulması doğrultusunda uygun bir yer olduğu görülmektedir.

Adıyaman da rüzgâr enerji santralleri kurulabilmesi için öncelikle kurulabilir alanların belirlenmesi gerekmektedir. Şekil 4.11'de rüzgâr enerji santrali kurulabilir alanlar incelenecek olursa, gri renkli alanlara rüzgâr enerji santrali kurulamayacağı görülmektedir.



Şekil 4.10. Adıyaman ili rüzgâr enerji potansiyeli (REPA, 2019).



Şekil 4.11. Adiyaman İlinde rüzgar enerji santrali kurulabilir alanlar (REPA, 2019).

Adiyaman'ın Sincik ilçesinin Alancık bölgesinde kurulu Sincik Rüzgâr Enerji Santrali bulunmaktadır. Tektuğ Elektrik Üretim Şirketi tarafından gerekli deneyler yapıldıktan sonra lisansı için EPDK'ya başvuru yapılmıştır. EPDK tarafından uygun bulunan Sincik RES 02.10.2010 tarihinde üretim lisansı verilen şirketin, ilk lisansı alınan rüzgâr enerjisine dayalı elektrik üretim projesi olmuştur.

Gerekli izinler sağlandıktan sonra 2014 yılı Ocak ayında işletmeye açılmıştır. 11 adet rüzgr türbininden oluşmaktadır. RES' in bağlantı noktaları yine aynı şirket tarafından yapılmıştır (URL:10, 2019).



Şekil 4.12. Adiyaman Sincik rüzgâr enerji santrali.

Sincik Rüzgâr Elektrik santrali 25 MW kurulu gücü ile Adiyaman'ın 5. Türkiye'nin ise 362. büyük enerji santralidir. Sincik RES'te 11 adet Rüzgâr Türbini kullanılmıştır. Santral ortalama 63.217.619 kilovatsaat elektrik üretimi gerçekleştirmektedir. Aynı zamanda 19.099 kişinin günlük hayatında (konut, sanayi, metro ulaşımı, resmi kurum, çevre aydınlatması vb.) ihtiyaç duyduğu tüm elektrik enerji ihtiyacını karşılayabilmektedir. Sincik Rüzgâr Santrali sadece konutların elektrik tüketimi dikkate alındığı takdirde ise 20.069 konutun elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayabilecek potansiyeli bulunmaktadır. Tesis 24 Ocak 2014 elektrik üretimine başlamıştır (Kaplukan, 2017).

4.12. Adiyaman İli Sincik rüzgâr enerji santrali ort (kw-h) enerji üretimi (Anonim, 2019)

Yıl	Enerji Üretimi (Ort/ kW-h)
2014	44.147.777
2015	42.047.830
2016	45.287.460
2017	47.056.766

Tablo 4.12 incelendiğinde, Adıyaman İli Sincik Enerji Santrali'nin 2014 yılında 44.147.777 kw-h, 2015 yılında 42.047.830 kw-h, 2016 yılında 45.287.460 kw-h ve 2017 yılında 47.056.766 kw-h elektrik enerjisi üretimi kapasitesinin olduğu görülmektedir.

#### 4.4. Adıyaman İlinin Hidroelektrik Enerji Potansiyeli

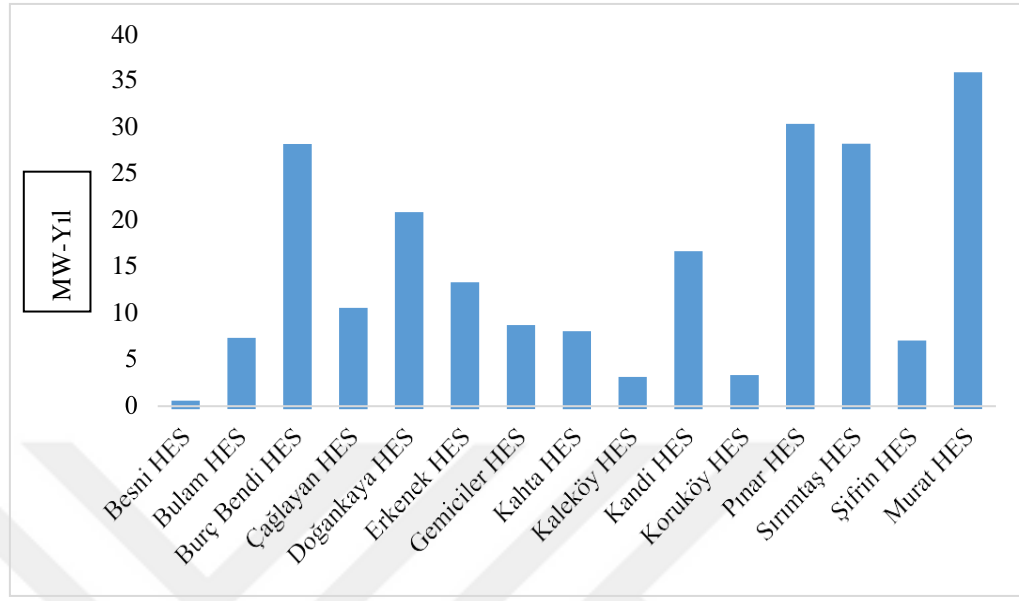
Yenilenebilir enerji kaynakları içinde önemli bir yere sahip olan hidroelektrik enerji giderek önemini arttırmaktadır. Türkiye hidroelektrik enerji kaynakları bakımından potansiyeli yüksek olan bir ülkedir. Ülkemizde 597 adet hidroelektrik santrali bulunmaktadır. Toplam hidroelektrik santrallerinin toplam kurulu gücü 26.694.92 MW'dır. Güneydoğu anadolu bölgesi ise hidroelektrik enerji kaynakları açısından önemli derece de zengin bir alandır. 2014 yılından itibaren 13 adet hidroelektrik santrali (HES) kurulmuştur. Enerji yatırımlarında GAP %74 oranında fiziki gerçekleştirme sağlamıştır. İşletmeye alınan HES' lerle beraber bölge yılda 20.6 milyar kilovat-saat elektrik üretimi oluşturmaktadır. 2014 yılı sonunda bu HES'lerde 403.5 milyar kilovat-saat elektrik enerjisinin üretimi sağlanmış olup, üretilen bu enerjinin parasal değeri ise 24.2 milyar dolar olarak hesaplanmıştır. Türkiye de 2014 yılında toplam üretilen hidrolik enerji 23.1 milyar kilovat-saat olarak belirtilirken, GAP'ın bu enerjideki katkısı ise 11.4 milyar kilovat-saat ile %49.3 gibi yüksek bir oran ortaya çıkarmaktadır. Adıyaman ili hidrolik enerji kaynakları bakımından oldukça zengin bir potansiyele sahip ilimizdir. Adıyaman ilinde 15 adet Hidroelektrik Enerji Santrali (HES) bulunmaktadır. Bu HES'lerin toplam kurulu gücü 214.756 MW faaliyet göstermektedir. Tablo 4.13'de Adıyaman ilinde bulunan HES'ler, yerleri ve kurulu güçleri detaylı olarak verilmektedir.

Tablo 4.13. Adıyaman ilinde bulunan HES'ler ve ortalama gücü (Anonim, 2019).

HES ADI	İLÇE	KURULU GÜCÜ (MW)
Besni HES	Besni	0,272 MW
Bulam HES	Çelikhan	7,03 MW
Burç Bendi HES	Besni	27,9 MW
Çağlayan HES	Sincik	10,26 MW
Doğankaya HES	Tut	20,55 MW
Erkenek HES	Gölbaşı	13,028 MW
Gemiciler HES	Gölbaşı	8,40 MW
Kahta HES	Kahta	7,726 MW
Kaleköy HES	Besni	2,82 MW
Kandi HES	Sincik	16,342 MW
Koruköy HES	Merkez	3,03 MW
Pınar HES	Tut	30,09 MW
Sırımtaş HES	Sincik	27,934 MW
Şifrin HES	Çelikhan	6,744 MW
Murat HES	Besni	35,63 MW
<b>TOPLAM</b>		<b>214,756 MW</b>

Tablo 4.13'i incelediğimizde 4 adedi Besni ilçesinde, üç adedi Sincik ilçesinde 2'şer adedi Gölbaşı, Çelikhan ve Tut ilçesinde, bir adet Merkez de bir adedi ise Kahta ilçesinde bulunmak üzere toplam kurulu HES'i onbeş tanedir. Toplam üretilen enerji 214.756 MW olarak hesaplanmaktadır. Bu HES'lerin yıllık ortalama enerji üretimi toplam 762.72 GWh/ yıl'dır. Kahta ilçesinde yapımına onay verilen Karakuş HES'in ise kurulu gücü 8.94 MW olarak bilinmektedir. Bununla beraber toplam on altı adet HES ve kurulu gücü 223.696 MW olarak ilin enerjisine katkı sağlanmaktadır.

Aynı zamanda yapılması planlanan, proje aşamasında olan Koçali HES 38.6 MW kurulu güç ile 98.75 GWh yıllık enerji üretilmesi planlanmaktadır. Bu proje ile beraber ilin içme suyu ihtiyacının karşılanması, Adıyaman ile Kahta ilçesi arasındaki 18.119 ha kalan arazilerin sulanması ve büyük miktarda enerji ihtiyacının karşılanması öngörülmektedir.



Şekil 4.13. Adiyaman ilindeki HES'lerin kurulu güçlerinin grafiksel gösterimi (Anonim,2019).

Şekil 4.13 incelendiğinde HES'lerinin kurulu güçleri grafiksel olarak verilmektedir. Adiyaman ili toplam 214.756 MW elektrik üretimi gerçekleştirilmektedir.

#### 4.5. Adiyaman İlinin Jeotermal Enerji Potansiyeli

Adiyaman ilinin mevcut jeotermal enerji kaynağı potansiyeli bulunmamaktadır. Ancak son yıllarda konu ile ilgili Adiyaman'ın Kahta ilçesinde araştırmalar yapılmaya başlanmıştır.

#### 4.6. Adiyaman İlinin Hidrojen Enerji Potansiyeli

Adiyaman ilinin mevcut hidrojen enerji kaynağı potansiyeli bulunmamaktadır.

#### 4.7. Adiyaman İlinin Dalga Enerji Potansiyeli

Adiyaman ilinin mevcut dalga enerji kaynağı potansiyeli bulunmamaktadır.

## 5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

### 5.1. Sonuçlar

Doğanın dengesini koruyabilmek için, tüm insanların çevreye zarar vermeden yaşamını sürdürmesi gerekmektedir. Artan tüketim, gelişen teknoloji, sanayileşme ve nüfus popülasyonunun yoğunlaşması doğanın dengesine zarar vermektedir. Doğal yaşamın korunabilmesi için doğadan aldığımızı tekrar doğaya vermemiz gerekmektedir. Böylece doğa kendi kendini toparlayabilir ve yenilenebilir. Küresel ısınma, iklim değişikliği, çevresel tehditler, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimi zorunlu hale getirmiştir. Temiz enerji temini, güvenliği, sürdürülebilir olması, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik yatırımların yapılmasını zorunlu hale getirmiştir. Türkiye yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli açısından oldukça zengin bir ülke konumundadır.

Bu çalışmada, Adıyaman ilindeki yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli incelenmiştir.

Adıyaman ili için yenilenebilir enerji kaynaklarından biokütle enerji kaynakları potansiyeli detaylı olarak araştırılmıştır. Adıyaman ili, tarım ve hayvancılığın aktif olarak yapıldığı illerimizden biri olmasından dolayı biyogaz yatırımlarının cazip olacağı illerden biridir. Adıyaman ilinin hayvansal kökenli atıklardan elde edilebilecek biyogaz potansiyeli ve bu potansiyelin alansal dağılımını incelemeyi amaçlayan bu tez çalışmasında BEPA Yazılım kullanılmıştır. Bu yazılım ile ilk olarak büyükbaş, küçükbaş, kanatlı kümes hayvanları Adıyaman Merkez ve sekiz ilçesi için hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucunda Adıyaman ilinde büyükbaş canlı hayvan sayısının 91.771 adet, küçükbaş canlı hayvan sayısının 297.730 adet ve kanatlı kümes hayvanının ise toplam 278.939 adet olduğu tespit edilmiştir. Daha sonra Adıyaman Merkez ve sekiz ilçesi için hayvansal atıkları tablolar halinde verilmiş ve bulunan mevcut hayvansal atıklardan oluşabilecek biyogaz atık miktarından teorik olarak elde

edilebilecek elektrik enerjisi potansiyeli sunulmuştur. BEPA Yazılımı ile elde edilen verilerden yararlanılarak yapılan hesaplamalara bakılarak, ilde bulunan atıklardan teorik olarak elde edilecek biyogaz potansiyeli 29.036.593 m<sup>3</sup>/yıl'dır. Yine bu potansiyele dayalı teorik olarak üretilebilecek elektrik potansiyeli 346.616 kw-h/gün ve yıllık 1.330.847 kw/h'dir. İl genelinde hayvansal kökenli atıklarından elde edilebilecek gübre miktarı ise 670.071 ton/yıl olarak tespit edilmiştir.

Çevresel etkileri yönünden bakılacak olursa; biokütle enerjisi ise kendiliğinden meydana gelen karbon döngüsünde oldukça büyük bir öneme sahip enerji kaynağıdır. Bitkiler fosil kaynaklı yakıtlardan enerji üretimi sonucunda oluşan CO<sub>2</sub>'i tekrar atmosferden alıp sera gazlarının atmosferdeki oranının azaltılmasına yardımcı olmaktadır.

Adıyaman ili güneş enerji potansiyelinin araştırılmasında ETKB tarafından hazırlanan Türkiye 'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası'ndan yararlanılarak bölgelere göre toplam güneş enerjisi (kwh/m<sup>2</sup>yıl) ve toplam güneşlenme süresi (saat/yıl) tespit edildi. Adıyaman ilinin içinde bulunduğu Güneydoğu Anadolu Bölgesi en fazla güneş enerjisi ve güneşlenme süresi potansiyelinin bulunduğu bölge olduğu belirlendi. Daha sonra Solar Med Atlas yazılımı ile bölgedeki il ve ilçelerin DNI ve GHI güneş ışınım değerleri incelendi. Bu incelenmeler neticesinde Adıyaman ilinin güneşlenme süresi 2.961 saat/yıl ve 1.595 kwh/m<sup>2</sup>yıl Türkiye ortalamasından daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. İl ve ilçerin yer aldığı, direk normal ışınım değerlerinde en yüksek ışınım ili Adıyaman en düşük ise Şırnak ili olduğu ve yatay toplam ışınım değerlerinde ise en yüksek Adıyaman ilinde en düşük ise Batman olduğu belirlenmiştir. Adıyaman ilinde en fazla güneşlenme süresi Temmuz ayında gerçekleşirken, en az güneşlenme süresi Aralık ayında gerçekleşmektedir. Adıyaman ilinde aktif olarak faaliyet gösteren on iki adet GES bulunmakta ve toplamda 10.3 MW kurulu gücü bulunmaktadır. Enerjiye katkı noktasında yapımı planlanan GES' lerde mevcuttur. Adıyaman ili için güneş enerjisi potansiyelinin Türkiye ortalamasından daha yüksek değerde olduğu tespit edilmiştir. Adıyaman genelinde güneş enerjisi yüksek oranda konutlarda sıcak su temini amacıyla



kurulan güneş enerjisi kolektörleri yardımıyla kullanılmaktadır. Bu şekilde güneş enerjisinden faydalanılmaktadır.

Çevresel etkileri yönünden bakılacak olursa; yenilenebilir enerji kaynaklarından olan Güneş Enerjisi fosil yakıtlarla kıyaslandığında çok daha az çevresel etkiye neden olmaktadır. Kullanılan güneş enerji sistemleri, düzlemsel kollektör modelleri çevreye zararlı etkileri en az seviyede bulunan sistemlerdir.

Adıyaman ilinin rüzgâr enerjisi potansiyelini belirlemek için 2006 yılında Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) tarafından, Rüzgâr Enerji Potansiyeli Atlası (REPA) kurulmuştur. İlk olarak Türkiye'nin bölgelere göre ortalama rüzgâr gücü yoğunluğu tablo halinde getirilmiştir. Daha sonra Adıyaman iline kurulabilecek rüzgâr enerji santrali gücü tablo halinde verilerek toplam kurulu güç kapasitesinin 1.196.88 MW ile 239.38 km<sup>2</sup> bir alan olduğu tespit edilmiştir. Rüzgâr enerji potansiyeli için Adıyaman da kurulabilecek alanlar ve kurulamayacak alanlar şekil olarak verildi. Verilen bu şekillerde batı ve kuzey bölümünün rüzgâr enerjisi potansiyeli bakımından yeterli potansiyele sahip olduğu ve yatırımcılar için fırsatlar sunduğu tespit edilmiştir. Adıyaman Sincik ilçesinde 2014 yılında işletmeye açılan Sincik Rüzgâr Enerji Santralinin 11 adet rüzgar türbininden oluşup, toplam 25 MW kurulu gücü ile Adıyaman'ın 5., Türkiye'nin ise 362.büyük enerji santrali olduğu belirlenmiştir. Ayrıca santral 63.217.619 kW-h elektrik üretimi ile 19.099 kişinin günlük hayatındaki enerji ihtiyacını karşılayabilecek kapasitenin olduğu tespit edilmiştir. Sincik Rüzgâr Enerji Santrali sadece konutlarda kullanılacak elektrik tüketimi dikkate alındığı takdirde ise 20.069 konutun elektrik enerjisi talebini karşılayabilecek elektrik üretimi potansiyelini sağlayabilecek güçtedir.

Çevresel etkileri yönünden bakılacak olursa; rüzgâr enerjisi en az çevresel etki oluşturan enerji kaynağıdır. Rüzgâr türbinlerinin kanatları elektromanyetik dalgalar oluşturarak az da olsa haberleşmeyi etkilemekte, estetik görünüşün bozulmasını etkilemektedir. Fakat karşılaşılan bu sorunlar düzgün tasarım ve sağlam tesisatlarla

önlenebilmektedir. Rüzgâr türbinleri genellikle yerleşim bölgeleri dışına inşa edildiği için gürültü kirliliği oluşturmazlar.

Hidroelektrik enerji kaynakları potansiyelini belirlemek için Adıyaman DSİ İl Müdürlüğü'nden ve Adıyaman Belediye'sinden veriler alınmıştır. Bu veriler dâhilinde yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde önemli bir yere sahip hidroelektrik enerji kaynakları potansiyeli Adıyaman ili için belirlenmiştir. Adıyaman ili hidroelektrik enerji kaynakları bakımından oldukça zengin bir noktada yer almaktadır. Adıyaman ilinde mevcut olarak faaliyet gösteren 15 adet HES bulunmaktadır. HES'ler toplam 214.756 MW Kurulu gücü ile Adıyaman iline katkı sağlamaktadır. Adıyaman genelinde hidroelektrik santraller içme suyunun karşılanmasının yanı sıra gerek arazilerin sulanmasında gerek enerji ihtiyacının karşılanmasında bölgeye katkı sağlamaktadır.

Çevresel etkileri yönünden bakılacak olursa; hidroelektrik santralleri enerji üretimi sırasında zararlı emisyonların salınımına neden olmaz, selleri önler, sulama gibi önemli avantajları bünyesinde barındırırlar. Hidrojen enerjisinden enerji üretimi sırasında, su ya da su buharı açığa çıkmaktadır. Oluşan su tekrar H<sub>2</sub> gazı üretiminde kullanılmaktadır. Bu sırada herhangi bir zararlı atık atmosfere verilmemektedir.

Jeotermal enerji, genel olarak çevre dostu, temiz bir enerjidir. Fakat jeotermal enerji santrali çalışırken oluşan zararlı kimyasallar oluşmaktadır. Fakat oluşan bu kimyasallar geri enjeksiyon (reinjeksiyon) sistemi ile tekrar jeotermal kaynağa pompalanarak yüzeye çıkması önlenmektedir. Bu nedenle çevreye zarar vermesi önlenebilmektedir.

Adıyaman ilinin toplam yenilenebilir enerji potansiyeli güneş, rüzgâr, hidroelektrik enerjisinden toplam 251.252 MW/ yıl, iken biyogaz enerji potansiyelinden teorik olarak üretilebilecek yıllık elektrik enerjisi 1.330 MW/yıl' dır. Toplam yenilenebilir enerjiden sağladığı enerji miktarı ise; bir yılda 252.582 MW/yıl'dır.

## 5.2. Öneriler

- ✓ Enerji ihtiyacına karşılık verebilmek için öncelikle ülkemizdeki mevcut potansiyel enerji kaynaklarımızı incelememiz gerekmektedir.
- ✓ Dışa bağımlılığı azaltma noktasında yerli kaynak üretimi ve tüketiminin mümkün olduğunca üst düzeye çıkarılması gerekmektedir.
- ✓ Enerji kaynaklarının kullanımında çevreye verilecek hasarın minimuma indirilmesi için ilk olarak enerji güvenliğinin en iyi şekilde anlaşılması gerekmektedir.
- ✓ Yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili araştırmalara ağırlık verilmeli, gerekli teknolojik uygulamaların gerisinde kalınmaması için çalışmalar gerçekleştirilmelidir.
- ✓ Yoğun kullanım gerektiren enerji kaynaklarının maliyetinin yanı sıra risk, güvenlik unsurları, beklenti de göz önüne alınarak enerji modeli değiştirilebilir ve geliştirilmelir olmalıdır.
- ✓ Yasal düzenlemeler bir bütün olarak yapılandırılmalı, sade, anlaşılır ve şeffaf bir şekilde kamu ile paylaşılmalıdır.
- ✓ Bölgesel ve iller bazında enerji kaynaklarına yönelik yatırım arttırılmalıdır.
- ✓ Çevresel değerlerin yanı sıra ülke ekonomisine, enerji üretimine önemli katkılar sağlayacaktır. Ülkemizin gerçeklerine koşullarına uygun bir şekilde, sürdürülebilir, yenilenebilir, güvenli, temiz bir enerji politikasının önemli derecede oluşturulacağı öngörülmektedir.

## KAYNAKLAR

- ANONİM, 2018. GAP Bölgesi Araştırma Enstitüsü, Bölgesel Araştırma ve Eğitim Projesi, 2018 Yılı Gelişme Raporu, Adıyaman.
- ANONİM, 2018. 2018 Yılı Çevre Durum Raporu, Adıyaman Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Adıyaman.
- ANONİM, 2019. Adıyaman DSİ İl Genel Müdürlüğü, 2019 Yılı Gelişme Raporu, Adıyaman.
- ADIYAMAN, Ç., 2012. Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Politikaları. Niğde Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Niğde, 163s.
- AĞAÇBIÇER, G., 2010. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Türkiye Ekonomisine Katkısı ve Yapılan Swot Analizler. Çanakkale On Sekiz Mart Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 172s.
- AKBULUT, A. ve DİKİCİ, A., 2004. Elazığ İli' nin Biyogaz Potansiyeli Ve Maliyet Analizi. Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları Dergisi. 2(2): 36-41.
- AKELLA, A.K., SAINI, R.P. and SHARMA, M.P., 2008. Social, Economical and Environmental Impacts of Renewable Energy Systems. Renewable Energy, 34 (2009) 390–396.
- AKKURT, Ş., 2016. Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Çevresel Etkileri ve Kayseri Örneği. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri, 123s.
- ALY A. and HUSSIEN, R.A., 2014. Environmental Impacts of Nuclear, Fossil and Renewable Energy Sources: A Review. International Journal of Environment, 3(2): 73-93.
- ARIK, A., 2016. Yenilenebilir Enerji Politikalarının Sürdürülebilirliği: AB Ülkeleri ve Türkiye Açısından Bir Değerlendirme. Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ordu, 106s.
- AŞCI, M. F., 2018. Hatay İli Biyogaz Enerjisi Potansiyelinin İncelenmesi, İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Hatay, 113s.
- BEHÇET, R., ORAL, H. ve GÜL, H., 2013. Adıyaman İlinin Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Kullanımı, Batman Üniversitesi, Yaşam Bilimleri Dergisi, Cilt: 3, Sayı 2.
- BEPA Analiz Programı, 2019. Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü.
- BIERMANN, E., GRUPP, M. and PALMER, R., 1999. Solar Cooker Acceptance in South Africa: Results of a Comparative Field-Test. Solar Energy, 66(6): 401– 7s.
- BOZTEPE, M., İzmir. İzmir ve Çevresinde Yenilenebilir Enerji Kaynakları Potansiyeli ve Kullanımı, TMMOB İzmir Kent Sempozyumu, 197-205, 2009.
- BRANDER, M., SOOD, A., WYLIE, C., HAUGHTON, A., and LOVELL, J., 2011. Electricity-Specific Emission Factors for Grid Electricity, Technical Paper, Ecometrica, 10(15): 25s.
- ÇELİK, S.N., 2012. Türkiye'nin Enerjide Dışa Bağımlılığının Azaltılmasında Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Önemi. Eskişehir Anadolu Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir, 102s.
- DEMİRKOL, Z., 2013. Afyonkarahisar İli Yenilenebilir Enerji Kaynakları Potansiyeli, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya, 91s.

- DEVİREN, H., İLKILIÇ, C. ve AYDIN, S., 2017. Biyogaz Üretiminde Kullanılabilen Materyaller ve Biyogazın Kullanım Alanları Batman Üniversitesi, Yaşam Bilimleri Dergisi, 7(2): 2, 11s.
- DURŞUN, N. ve GÜLŞEN, H., 2019. Biyohidrojen Üretim Yöntemleri ve Biyohidrojen Üretiminde Biyoreaktörlerin Kullanımı, Iğdır Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 9(1): 66-75.
- Energy Statistics Handbook, 2010. International Energy Agency (IEA), Paris, 510s
- ERGÜR, H. S. ve OKUMUŞ, F., 2010, Cost and Potential Analysis of Biogas in Eskişehir. Uludağ University, Journal of The Faculty of Engineering, Bursa, 6s.
- FINDIKOĞLU, Z.Z., 2017. Türkiye’de Yeşil Ekonomi Açısından Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Durumu. İstanbul Ticaret Üniversitesi, Dış Ticaret Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 102s.
- GENÇOĞLU, M.T., 2006. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Türkiye Açısından Önemi. Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Dergisi, Elazığ, 232s.
- GÜLER, Ç., 2012. Çevre Sağlığı. Yazıt Yayıncılık, Sözkese Matbaası, Ankara, 992s.
- GÜLER, Ç. ve ÇOBANOĞLU, Z., 1997. Enerji ve Çevre, T.C. Sağlık Bakanlığı Sağlık Projesi, T.C. Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara, 8s.
- GÜLŞEN, H. ve ÇİFTÇİ, C., 2017. Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları Bakımından Potansiyelinin Araştırılması, Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Akademia Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 1(3), 48-56s, Şanlıurfa.
- GÜNEŞ, M.A., 2009. Türkiye’nin Enerji Sorunu İçin Alternatif Çözüm Önerileri ve Rüzgâr Enerjisinin Önemi. Adnan Menderes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Aydın, 121s.
- GÜVEN, B. ve KAYGIN, E., 2015. Adıyaman ili Swot Analizi, Veritas Akademi, Veritas Yayıncılık, İstanbul, 22s.
- KAPLUHAN, E., 2017. ‘Enerji Coğrafyası Açısından Bir İnceleme: Rüzgar Enerjisinin Dünya’daki ve Türkiye’deki Kullanım Durumu’, Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi, S. 31, C. 7, s.813 -825.
- KARACA, C., 2012. Güneş ve Rüzgâr Enerjisinden Elektrik Enerjisi Üretimi Sistemi Tasarımı. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya, 114s.
- KARAGÖL, İ.T. ve KAVAZ, İ., 2017. Dünyada ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerji. Analiz, 197s.
- KARATAŞ, S., 2009. Türkiye’de Yenilenebilir Kaynaklar İçerisinde Rüzgâr ve Güneş Enerjilerinin Yeri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, 160s.
- KAYA, T.O., 2018. Sürdürülebilirlik Kapsamında Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımı ve Önemi. Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Aksaray, 106s.
- KESKİN, K., 2012. Çevre Mühendisliğinde Ar-Ge Uygulamalarının Araştırılması; Yenilenebilir Enerji Örneği. Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Bursa, 106s.

- KIRTILOĞLU, Y., 2011. Doğu Anadolu Bölgesindeki İklim Değişikliğine Bağlı Yenilenebilir Enerji Potansiyelinin İncelenmesi. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum, 81s.
- KLUGMANN, E. and RADZIEMSKA., 2014. Environmental Impacts of Renewable Energy Technologies. International Conference on Environmental Science and Technology. 69(2), 123-125.
- KONSTANTIN, H.P., 2017. Japonya'nın Yenilenebilir Enerji Potansiyeli ve Fosil Yakıtlara Bağımlılığı Azaltmanın Olası Yolları. Ritsumeikan Asia Pacific University, Asya Pasifik Etütleri Enstitüsü, Japonya, 84s.
- KÜLEKÇİ, Ö.C., 2009. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Arasında Jeotermal Enerjinin Yeri ve Türkiye Açısından Önemi, Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi, Ankara, 83:91,
- KUMBUR, H., ÖZER, Z., ÖZSOY, H. D. ve AVCI, E.D., 2005. Türkiye'de Geleneksel ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Potansiyeli ve Çevresel Etkilerinin Karşılaştırılması, EMO-III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, 15-18 Mart, Mersin, 25-30s.
- LEHMANN, J. and JOSEPH, S., 2009, Biochar Environmental Management, Earthscan Yayıncılık, 18s.
- LÜLE, F., 2018. Adıyaman İlinin Enerji Kaynakları Potansiyeli, Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 2018, 14 (1), 1-5s.
- Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA). 2009. Türkiye'de Jeotermal Enerji Çalışmaları, s.2-3.
- MUTLU, E., 2013. Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Ekonomisi ve Ankara iline Ait Swot Analizler, İstanbul Kültür Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 97s.
- NADABO, S.L., 2010. Nijerya'nın Enerji Krizine Çözüm Olarak Yenilenebilir Enerji. Vaasa University of Applied Sciences, İşletme Ekonomisi ve Turizm Fakültesi, Nijerya, 76s.
- NANDWANI, SS., 1996. Solar Cookers Cheap Technology with High Ecological Benefits. Ecological Economics; 17:73– 8s.
- ÖDEN, T., ÇAĞDAŞ, F. ve TÜZÜN, N., 2009. 5. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu. Diyarbakır, 225s.
- ÖZCAN, M., 2013. Türkiye Elektrik Enerjisi Üretim Genişletme Planlamasında Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Etkileri, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Kocaeli, 136s.
- ÖZTÜRKMEN, B.S., 2017. Gap Bölgesi'nde Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Çevresel Etkileri, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa, 44s.
- PANWAR., KAUSHİK, S.C. and KOTHARİ, S., 2010. Role of Renewable Energy Sources in Environmental Protection: A Review. 58: 65–67.
- SAIDUR, R., RAHİM, N.A., ISLAM, M.R. and SOLANGI, K.H., 2011. Environmental Impact of Wind Energy. Renewable and Sustainable Energy Reviews: p.2423-2430.
- SARIKAYA, U., 2010. Niğde İli Yenilenebilir Enerji Kaynakları Potansiyeli, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Niğde, 68s.

- THIRUGNANASAMBANDAM, M., INIYAN, S. and GOIC, R., (2010). A Review of Solar Thermal Technologies. Renewable and Sustainable Energy Reviews: 14:(312), 22s.
- TOPRAKÇIOĞLU, G., 2016. Siirt ve Batman İllerinin Biyogazdan Elektrik Enerjisi Üretim Potansiyellerinin Belirlenmesi. Siirt Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Siirt, 65s.
- TORUNOĞLU GEDİK, Ö., 2015. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Çevresel Etkileri. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 156s.
- URL1: <http://www.adiyaman.gov.tr/erişimtarihi:02.04.2019>
- URL2: <http://www.Dek.gov.tr/erişimtarihi:02.04.2019>
- URL3: <http://www.dsi.gov.tr/stratejik-planlama/faaliyet-raporlari2018./erişimtarihi:02.04.2019>
- URL4: <http://www.eie.gov.tr/erişimtarihi:12.10.2019>
- URL5: <http://www.etbk.gov.tr/erişimtarihi:22.11.2019>
- URL6: <http://www.yegem.gov.tr/erişimtarihi:05.09.2019>
- URL7: <http://www.ygda.gov.tr/erişimtarihi:10.10.2019>
- URL8: <http://www.eie.gov.tr/erişimtarihi:11.11.2019>
- URL9: <http://www.eie.gov.tr/erişimtarihi:11.10.2019>
- URL10: <http://www.tektug.com/erişimtarihi:19.11.2019>
- URL11: <http://www.yegm.gov.tr/erişimtarihi:11.08.2019>
- URL12: <https://www.enerjiatlas.com/erişimtarihi:11.11.2019>
- URL13: <https://www.ktb.gov.tr/erişimtarihi:11.9.2019>
- URL14: <http://www.bbc.co.uk/erişimtarihi:17.11.2019>
- URL15: <http://tuik.gov.tr/erişimtarihi:10.11.2019>
- URL16: <http://www.solar-med-atlas-org/erişimtarihi:10.11.2019>
- URL17: <http://www.dek.org/erişimtarihi:05.07.2019>
- VEZMAR, S., SPAJIC, A., TOPIC, D., ŠLJIVAC, D. and JOZSA, L., 2014. Positive and Negative Impacts of Renewable Energy Sources Review. International Journal of Electrical and Computer Engineering Systems. 5(2), 9s.
- YILMAZER, Ö., 2016. Enerji Ekonomi Politikasında Yenilenebilir Enerjinin Değişen Rolü ve Türkiye Açısından Önemi. İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir, 136s.

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı** : Tuba ULUM  
**Uyruğu** : Türkiye Cumhuriyeti  
**Doğum Yeri** : Adıyaman  
**Telefon** : ----  
**e-mail** : tubaulum6743@gmail.com

### EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Adıyaman İMKB Anadolu lisesi	2012
Üniversite	: Adıyaman Üniversitesi – Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü Şanlıurfa/Haliliye	2017
Yüksek Lisans	: Harran Üniversitesi- Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı	2019

### İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2016-2017	Adıyaman Halk Sağlığı Laboratuvarı	Mühendis
2017- halen	Adıyaman Havalimanı	Yer H.Memuru

### UZMANLIK ALANI

İçme suyu Arıtma, Yenilenebilir enerji sistemleri, Tıbbi atıklar, Hava kirliliği, Atıksu arıtma, Çevre kirlenmesi ve kontrolü, Gürültü kirliliği, Hava kirliliği, Aerobik arıtma, Anaerobik arıtma, Biyolojik arıtma, Tıbbi atıklar, Su ve kanalizasyon Sistemi, Toprak kirliliği, İş sağlığı ve güvenliği.

### YABANCI DİLLER

İngilizce