



**T.C**

**GİRESUN ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ  
İKTİSAT ANABİLİM DALI**

**TÜRKİYE'NİN ENERJİ KAYNAKLARI VE SÜRDÜRÜLEBİLİR ENERJİ  
YAKLAŞIMI  
TURKEY'S ENERGY RESOURCES AND SUSTAINABLE ENERGY  
APPROACH**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**HAZIRLAYAN  
MEDİHA NAZAN KAVURAN**

**DANIŞMAN  
PROF. DR. SERVET CEYLAN**

**GİRESUN  
2019**

## JÜRİ ÜYELERİ ONAY SAYFASI

Giresun Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü'nün 11/09/2019 tarihli toplantısında oluşturulan jüri, Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi Mediha Nazan KAVURAN'nın Türkiye'nin Enerji Kaynakları Ve Sürdürülebilir Enerji Yaklaşımı başlıklı tezini incelemiş olup aday 26/09/2019 tarihinde, saat 11.30'da jüri önünde tez savunmasına alınmıştır.

Aday çalışma, sınav sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Sınav Jürisi	Unvanı, Adı Soyadı	İmzası
Üye (Başkan)	Prof.Dr. Servet CEYLAN	
Üye	Dr.Öğr. Üyesi Işıl DEMİRTAŞ	
Üye	Dr.Öğr. Üyesi Adem KULAÇ	

## YEMİN METNİ

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum “Türkiye’nin Enerji Kaynakları ve Sürdürülebilir Enerji Yaklaşımı” adlı çalışmamın, tarafımdan bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazıldığını ve yararlandığım kaynakların kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

Mediha Nazan KAVURAN  
Haziran 2019



## ÖNSÖZ

Çalışmada Türkiye'nin mevcut enerji potansiyeli ve enerji açığının giderilmesinde kullanılacak enerji kaynaklarına değinilmiştir. Enerji politikaların gelişmesi ile beraber büyüyen ve gelişen ülkemizin hem ekonomide hem de enerjide dışa bağımlı olmasının önüne geçebilecek enerji kaynaklarının potansiyeline değinilmeye çalışılmıştır.

Araştırmam için elde ettiğim kaynaklar bu kısa sürede toparlanmıştır. Varlığından haberdar olduğum ancak araştırma süresi içerisinde ulaşamadığım kaynaklarda mevcuttur. Araştırmamda eksiklerin olduğunun farkındayım. Daha sonraki araştırmalarım ile bu eksiklerimi kapatmaya çalışacağım.

Bu araştırmamda bana rehberliğiyle ve destekleriyle yardımcı olan hocam Prof.Dr. Servet CEYLAN'a, maddi ve manevi destekleriyle her zaman yanımda olan kıymetli eşim Recep Hakan KAVURAN'a teşekkürü bir borç bilirim.

**ÖZET**

Ülke ekonomilerinin belirleyici en önemli unsurlardan biri enerjidir. Ülkede mevcut enerjinin yetersizliği enerjide dışa bağımlı bir politika yürütülmesine neden olmaktadır. Fosil yakıtların enerji piyasalarında hâkim güç olmaları onlara olan bağımlılığında giderek artmasına sebep olmaktadır. Fosil yakıtlar hem maliyetli hem de çevresel olarak zararları göz ardı edilemez. Fosil yakıtlar açısından ülkemiz maalesef yeterli kaynağa sahip değildir. Ancak yenilenebilir enerji potansiyeli yüksektir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilen teknolojiler ile aktif olarak kullanılması enerjide dışa bağımlılığı azaltacağı gibi dış ticaret açığımızı düşürecek hatta dışarıya enerji satabilecek konuma gelmemizi sağlayabilecektir. Yenilenebilir enerjinin de kullanılmasında önemli olan hususlar doğaya, insana ve çevreye zarar vermeyen kendi döngüsü içerisinde sürekliliğini kaybetmeyen sürdürülebilir bir yaklaşım benimsenmesidir. Bu çalışmada Türkiye'deki enerji kaynaklarının neler olduğu ve sürdürülebilir enerjinin uygulanabilmesinin ülkeye katkılarına değinerek uygulanabilecek önerileri sunmaya çalışılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Enerji, Sürdürülebilirlik, Yenilenebilir Enerji, Çevre, Fosil Yakıt.

### III

#### ABSTRACT

One of the most significant elements of nations' economic situations is energy. The shortage of existent energy resources in the country causes a foreign dependent policy in terms of energy. Being dominant in energy market, fossil fuel dependency has been increasing gradually. There is no denying the fact that fossil fuels are harmful in that they are both costly and damaging for environment. Our country does not have sufficient fossil fuel resources. However, renewable energy potential is high. The active use of renewable energy resources with the help of advanced technology may reduce dependency on foreign markets and trade deficit and it can even enable the county to reach the position of selling energy to foreign countries. The important factors of using renewable energy sources are that they neither harm to the nature, human-beings and environment or lose its sustainability in its own cycle. In this study, the types of energy resources in Turkey, the contributions of sustainable energy use to the country and recommendations regarding their use have been examined.

**Key Words:** Energy, Sustainability, Renewable Energy, Environment, Fossil Fuel.

**İÇİNDEKİLER**

<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>I</b>
<b>ÖZET</b> .....	<b>II</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>III</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>IV</b>
<b>KISALTMALAR</b> .....	<b>VI</b>
<b>ŞEKİL DİZİNİ</b> .....	<b>VIII</b>
<b>BİRİNCİ BÖLÜM</b> .....	<b>3</b>
<b>1. ARAŞTIRMANIN AMAÇLARI, KONUSU, DENENCCELERİ VE ÖNEMİ</b> .3	
1.1. Araştırmanın Konusu ve Önemi.....	3
1.2. Araştırmanın Denencesi ve Amaçları .....	3
1.3. Araştırmanın Yöntemi.....	4
1.4. Bilgi Toplama ve İşleme Araçları .....	4
1.5. İşlevsel Kavram Tanımları .....	4
<b>İKİNCİ BÖLÜM</b> .....	<b>5</b>
<b>2. ENERJİ KAVRAMI VE ENERJİ KAYNAKLARI</b> .....	<b>5</b>
2.1. Birincil Enerji Kaynakları .....	6
2.1.1. Yenilenebilir Enerji Kaynakları .....	6
2.1.2. Yenilenemez Enerji Kaynakları .....	20
2.2. İkincil Enerji Kaynakları .....	31
2.3. Dünyada ve Türkiye’de Birincil Enerji Kaynakları ve Dağılımı .....	31
<b>ÜÇÜNCÜ BÖLÜM</b> .....	<b>34</b>
<b>3. TÜRKİYE’DEKİ ENERJİ KAYNAKLARI</b> .....	<b>34</b>
3.1. Türkiye’nin Yenilenemez Enerji Kaynakları .....	34
3.1.1. Türkiye’de Petrol.....	35
3.1.2. Türkiye’de Doğal Gaz .....	37
3.1.3. Türkiye’de Kömür .....	38
3.1.4. Türkiye’de Nükleer Enerji.....	39
3.2. Türkiye’nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları .....	44
3.2.1. Türkiye’de Hidrolik Enerji .....	45
3.2.2. Türkiye’de Rüzgâr Enerjisi .....	49
3.2.3. Türkiye’de Güneş Enerjisi.....	51

3.2.4. Türkiye'nin Jeotermal Enerjisi .....	54
3.2.5. Türkiye'de Biyoenerji .....	55
<b>DÖRDÜNCÜ BÖLÜM .....</b>	<b>60</b>
<b>4. TÜRKİYE'DE YENİLENEBİLİR ENERJİ POLİTİKALARI VE</b>	
<b>SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK .....</b>	<b>60</b>
4.1 Enerji Verimliliği .....	60
4.2. Enerji Yoğunluğu .....	61
4.3. Ulusal Yenilenebilir Enerji Stratejisi .....	61
4.4. Enerji Arz Güvenliği .....	63
4.5. Sürdürülebilir Kalkınma Ve Sürdürülebilir Enerji Kavramı .....	65
4.6. Yenilenebilir Enerjilerin Sürdürülebilirliği .....	68
4.7. Türkiye'deki Önemli Enerji ve Enerji Verimliliği Üzerine Faaliyet Gösteren Kurumlar .....	71
<b>SONUÇ .....</b>	<b>72</b>
<b>KAYNAKÇA .....</b>	<b>75</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>88</b>



**KISALTMALAR**

AB	:Avrupa Birliği
ABD	:Amerika Birleşik Devletleri
AEK	:Atom Enerji Komisyonu
AR-GE	:Araştırma ve Geliştirme
Bcm	:Milyar Metreküp
BM	:Birleşmiş Milletler
BP	:Britanya Petrol
CO <sub>2</sub>	:Karbondioksit
CSP	:Odaklanmış Güneş Enerjisi
ÇED	:Çevresel Etki Değerlendirmesi
DYH	:Distilasyon Yem Hammaddesi
EPDK	:Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
EÜAŞ	:Elektrik Üretim Anonim Şirketi
GOÜ	:Gelişmekte Olan Ülkeler
GWth	:Gigawatt Termal
HES	:Hidro Elektrik Santrali
IEA	:Uluslararası Enerji Ajansı
ISO	:Uluslararası Standartlar Örgütü
İTÜ	:İstanbul Teknik Üniversitesi
KDV	:Katma Değer Vergisi
KW	:Kilowatt
KWh	:Kilowatt Saat
m <sup>2</sup>	:Metrekare
m <sup>3</sup>	:Metreküp
MBEAE	:Marmara Bilimsel ve Endüstriyel Araştırma Enstitüsü
MTA	:Maden Tetkik ve Arama
MW	:Megawatt
NCG	:Kondanse Olmayan Gazlar

## VII

NELSAK	:Nükleer Elektrik Santralleri Kurumu
NO <sub>x</sub>	:Nitrik Oksit
NPT	:Nükleer Silâhların Yayılmasını Önleme Antlaşması
ODTÜ	:Orta Doğu Teknik Üniversitesi
OECD	:Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü
ÖTV	:Özel Tüketim Vergisi
PV	:Fotovoltaik
RES	:Rüzgâr Enerji Santrali
SNPTC	:Çin Nükleer Teknik Şirketi
SO <sub>2</sub>	:Kükürtdioksit
SSCB	:Sovyet Sosyalist Cumhuriyetleri Birliği
TAEK	:Türkiye Atom Enerjisi Kurumu
TEK	:Türkiye Elektrik Kurumu
TETAŞ	:Türkiye Elektrik Ticaret ve Taahhüt Anonim Şirketi
THO <sub>2</sub>	:Toryumoksit
TMMOB	:Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği
TPAO	:Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
TÜBİTAK	:Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
UAEA	:Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı
WCED	:Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu
WEC	:Dünya Enerji Konseyinin
YEK	:Yenilenebilir Enerji Kanunu
YEKA	:Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları
YEKDEM	:Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması

## VIII

### ŞEKİL DİZİNİ

<b>Şekil 1:</b> Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması.....	3
<b>Şekil 2:</b> 2017 Yılı Küresel Ölçekte Birincil Enerji Tüketim Oranları.....	31
<b>Şekil 3:</b> 1990–2040 Enerji Kaynakları Bazında Dünya Enerji Talebi Projeksiyonu...32	
<b>Şekil 4:</b> 2016-2040 Yılları Arasında Yeni Politikalar Senaryosu Dikkate Alındığında Kaynaklara Göre Enerji Arzı Altyapısı İçin Yatırımla Oranlanması.....	32
<b>Şekil 5:</b> 2017 Yılı İtibariyle Küresel Bölge Bazında Petrol Rezerv Miktarları.....	33
<b>Şekil 6:</b> 2017 Yılı İtibariyle Dünyada Bölge Bazında Doğal Gaz Rezervi Ve Ömrü...33	
<b>Şekil 7:</b> 2017 Yılı İtibariyle Türkiye Birincil Enerji Arzı İçerisinde Kaynakların Dağılımı.....	34
<b>Şekil 8:</b> 2017 Yılı Dünyada Bölge Bazında Kömür Rezervi ve Rezerv Ömrü .....	35

## BİRİNCİ BÖLÜM

### 1. ARAŞTIRMANIN AMAÇLARI, KONUSU, DENENCELERİ VE ÖNEMİ

Bu bölümde araştırmanın amacı, konusu ve önemi açıklanmış olup, sonrasında araştırmanın denencesi, yöntemi, işleme araçları, bilgi derleme ve araştırmanın sunuş sırası hakkında bilgi verilmiştir.

#### 1.1. Araştırmanın Konusu ve Önemi

Araştırmanın konusu “Türkiye'nin Enerji Kaynakları ve Sürdürülebilir Enerji Yaklaşımı”dır. Yenilenebilir ve Yenilenemez enerji kaynaklarının neler olduğu aktarılacaktır olup sahip olunan enerjinin Ekonomik, sosyal ve çevresel etkileri incelenip sürdürülebilir enerji yaklaşımının aktarılması açısından önemlidir.

#### 1.2. Araştırmanın Denencesi ve Amaçları

Araştırmanın 3 denencesi vardır.

Denence-1: Enerji kaynakları ekonomik gelişmişlik göstergesidir.

Denence-2: Sürdürülebilir enerji kaynakları geliştirilmeli ve aktif hayat içinde yer almalıdır.

Denence-3: Türkiye’de ki yenilenemeyen (fossil) kaynakların bağımlılığından kurtulmak için insana, çevreye ve ekonomiye fayda sağlayacak yenilenebilir enerji kaynaklarına destek verilmelidir.

Araştırmanın amacı, Türkiye deki enerji sistemlerinden yenilenebilir kaynaklar üzerinden teşvik ve yatırımlar yapılarak ekonomide enerjinin dışa bağımlılığın azaltılmasıdır. Bu şekilde hem enerjide sürdürülebilirlik söz konusu olurken hem de insan ve çevre yaşamına da pozitif bir etki bırakacaktır.

Enerji sektörü ülkelerin ekonomisi belirleyen en önemli faktörler arasındadır. Gelişmişlik düzeyinin belirlenmesi aşamasında da enerji kullanımı rol almaktadır. Enerji sektöründe dışa bağımlı olmak maliyetlerin artmasına neden olmaktadır. Dünya genelinde yenilenemeyen kaynakların belli zaman sonra tükeneceği gerçeği alternatif ve süreklilik arz eden enerji kaynaklarına yönelme gereksinimi doğurmuştur.

### 1.3. Araştırmanın Yöntemi

Bu araştırmada tarihsel araştırma ve betimsel araştırma yönteminden faydalanılmıştır.

### 1.4. Bilgi Toplama ve İşleme Araçları

Bu araştırmada yazılı kaynaklardan, canlı kaynaklardan ve araştırmacının kendi ürettiği bilgilerden yararlanılmaktadır. Derlenen bilgiler sözel çözümlene yöntemleriyle çözümlenmektedir.

### 1.5. İşlevsel Kavram Tanımları

Araştırma için belirlenen anahtar kelimeler (kavramlar, konular) ve bunların tanımları şöyle ifade edilebilir:

**Enerji:** Enerji, dolaysız ölçülemeyen bir güçtür. Fiziksel bir düzenin mevcut hâlini dönüştürmek için yapılması gereken iş görme kapasitesidir.

**Yenilenebilir Enerji:** Tabiattaki kaynaklardan temin edilebilen ve tabiat tarafından bitimsiz biçimde berkitilebilen enerjiye denir.

**Fosil yakıt:** Hidrokarbon ve yüksek oranlarda karbon içeren kömür, doğal gaz ve petrol gibi tabii enerji kaynaklarıdır.

**Sürdürülebilir enerji:** Müstakbel nesillerin gereksinimlerini karşılayabilmeleri için ihtiyacı olan kaynakları tüketmeden ve mevcudiyetini tehlikeye atmadan, bugünün taleplerini karşılayabilen enerji durumunu ifade eden bir terimdir.

## İKİNCİ BÖLÜM

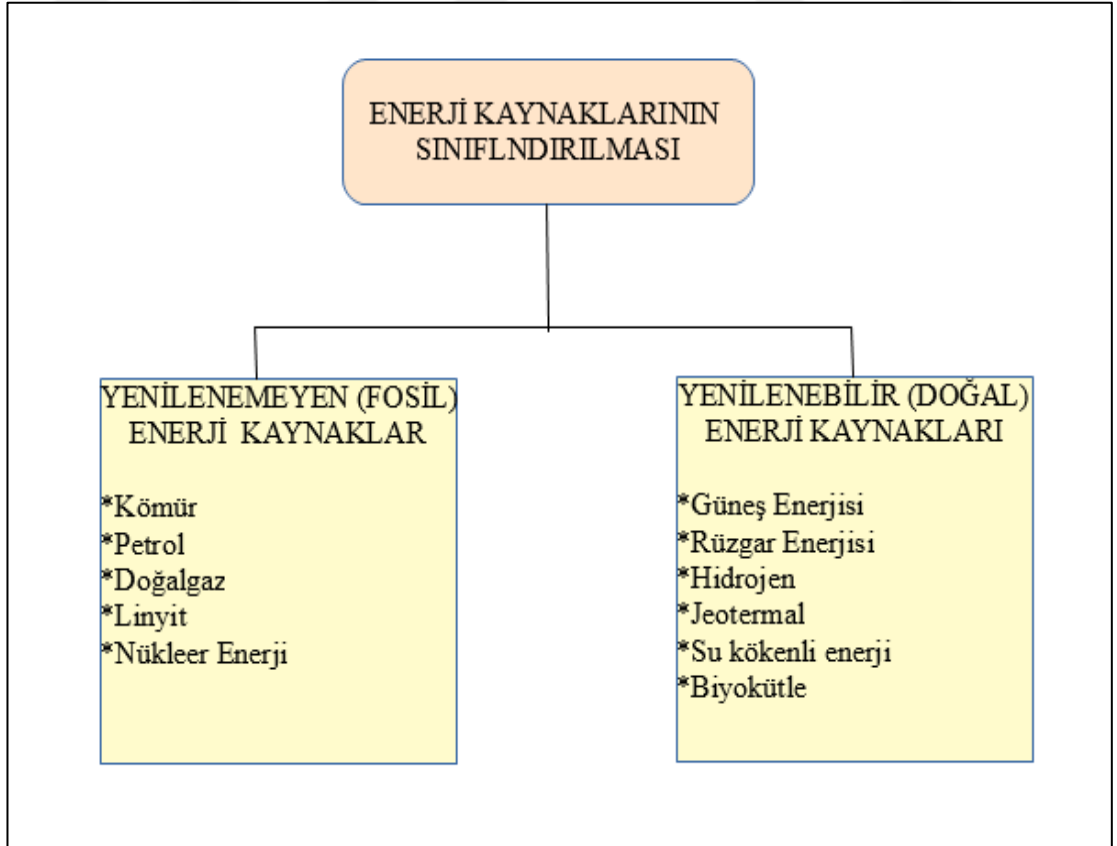
### 2. ENERJİ KAVRAMI VE ENERJİ KAYNAKLARI

Enerji, yalın tanımıyla hareket ettirici güç anlamına gelmektedir. Ayrıca enerji iş yapma anlamına da gelmektedir. Bundan dolayı her üretim belli bir enerji gerektirmektedir. Yaptığımız birçok faaliyette enerjiye ihtiyaç duyarız (www.enerjiportali.com).

Enerji kısaca iş yapabilme yeteneğidir. Sekiz adet enerji bulunmaktadır. Bunlar ışık, kinetik, potansiyel, kimyasal, elektrik, ısı, ses ve nükleer enerjisidir (www.yegm.gov.tr).

Enerji, bir maddenin ya da maddeler düzeninin iş görme kapasitesi olarak tanımlanmakla beraber farklı kaynaklar kullanılarak üretilmektedir. Enerji Kaynakları, farklı yöntemler kullanılarak enerjinin elde edilmesini sağlamaktadır. Dünyada bulunan enerji kaynakları, fosil ve yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Enerjinin ayrımı aşağıdaki şekil 1 de gösterilmiştir. (Öztürk, 2013: 2)

Şekil 1: Enerji kaynaklarının sınıflandırılması



## 2.1. Birincil Enerji Kaynakları

Birincil enerji, tabiatta kendiliğinden meydana gelen temizleme ve ayrıştırmanın dışında herhangi bir devir veya değişim geçirmeyen kaynaklardır (Aydın, 2014: 25).

### 2.1.1. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Yenilenebilir enerji, kesintisiz biçimde aktif olan tabii ortamlarda mevcut olan enerji akışından meydana gelen enerjidir. Yenilenebilir enerji kaynağı tanımlanırken kendine eşit veya kendi kullanımından daha hızlı bir şekilde kendini yenilemesi olarak tanımlanmaktadır. (Kocaeren, 2016; 222).

Yenilenebilir enerji kaynaklarının önemli artıları ve eksileri de bulunmaktadır. Bunları şu şekilde sıralayabiliriz (Öztürk, 2013;14).

#### Önemli Artıları

- Enerji Kalkınma için vazgeçilemeyecek araçların başında gelmektedir.
- Fosil kaynaklar elektrik üretiminde çok kullanılmaktadır. Bundan dolayı fosil kaynakların atmosfer, çevre ve dünyada sebep olduğu zararları minimuma indirir ve yaşam ortamının iyileşmesine olanak sağlar.
- Yerli kaynakların geliştirilmesine ortam hazırlar.
- Enerjide ithalata olan bağımlılığı azaltır. Alternatif kaynakların artmasını sağlayarak arz güvenliğini destekler.
- Uluslararası anlaşmaların uygulanmasını sağlar.
- Enerji üretim tesislerinin inşa edilmesi ve işletilmesi ile doğrudan ve dolaylı istihdam arttırılabilmektedir.
- İşletmelerin kurulduğu bölgelerde iş sahalarının çeşitlilik göstermesine olanak sağlamaktadır.
- Ulaşımında yeterli bir şekilde gelişemeyen kırsal bölgelerde, elektriğe ulaşılmasında doğal kaynak kullanımıyla büyük ölçüde sermaye, alt yapı ve dağıtım faaliyetlerinden tasarruf sağlanabilmektedir.
- Mali teşvikler ile yenilenebilir kaynaklar desteklenerek elektrik elde edilebilmektedir.

## **Eksileri**

Elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının dâhil edilmesi yeni yeni gelişmektedir.

- Yatırımlarda ilk maliyetleri fazladır.
- Enerji üretiminde performans düşüklüğü ve arzda sorunlar yaşanması olasılığı bulunmaktadır.
- Şebekeye erişim güçlüğü yaşanabilir.
- Yenilenebilir enerji kaynakları ile fosil yakıtlar arasında rekabet güçlüğü vardır.

Yenilenebilir enerji kaynakları; Rüzgâr, Güneş, hidrojen, biyokütle, jeotermal ve su kökenli enerjilerdir.

### **2.1.1.1. Güneş Enerjisi**

Güneş çekirdeğinde gerçekleşen ve füzyon süreciyle oluşan ışıınımdan güneş enerjisi elde edilmektedir (Öztürk, 2013: 22).

Dünyaya ulaşan güneş enerjisi 130 trilyon ton kömüre denk gelmektedir. Dünyada tüketilen toplam enerji miktarının 15 bin katına eş değer durumadır (Acaroğlu, 2013; 42).

Güneş enerjisinde herhangi bir zararlı gaz salınımı olmamakta ve bundan dolayı da tertemiz enerji kaynağıdır. Dünyada enerji ihtiyacı sanayileşmenin ve nüfusun hızlı bir şekilde çoğalması ile doğru orantılı olarak artış göstermiştir. Petrolde ve doğal gazda mevcut kaynaklarının giderek azalmasıyla beraber bu kaynaklara yeteri kadar sahip olamayan ülkelerin artan enerji ihtiyacını karşılamak sıkıntılı olmaktadır. Bu nedenle, bu sıkıntıların ortadan kaldırılması için daha az maliyetli ve temiz yenilenebilir enerji kaynaklarına doğru yönelim önem arz etmektedir. Güneş enerjisi ile elektrik üretimi her geçen gün giderek artmakta ve güneş enerjisi alanında yapılan çalışmaların önemi artmaktadır ([www.teknoraysolar.com.tr](http://www.teknoraysolar.com.tr)).

Güneş ışınlarından faydalanmak için farklı teknolojiler geliştirilmiştir. Teknolojilerin bazıları, enerjiyi ısı ya da ışık enerjisi gibi doğrudan kullanırken, başka teknolojilerde ise güneş enerjisiyle elektrik elde etmek için kullanılmaktadır (Aydın, 2014; 200).



- Güneş enerjisinin kullanım alanlarını aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz.
- Kullanma suyunda, suyun damıtılmasında, yüzme havuzlarını ısıtmada, kaynatma ve pişirmede kullanılmaktadır.
- Bitkisel üretimleri kurutulmasında
- Yapıların ısıtılmasında ve iklimlendirilmesinde
- Sanayide işlemler yapılırken ısıyı sağlanmasında
- Termodinamik veya elektriksel çevrimli sulama suyu pompasında
- Isı ve elektriğin üretiminde bütünleşmiş sistemlerin kullanılmasında

Güneş enerjisi güneşlenme oranı yüksek olan ülkeler için enerjide önemli bir alternatiftir. Kırsal alanlarda ki şebeke dışındaki elektrik üretimlerinde güneş enerjisi teknolojileri çok kullanışlıdır. Güneş enerjisinin üstünlükleri olduğu gibi eksik yönleri de bulunmaktadır.

- Güneş enerjisinin üstünlükleri aşağıdaki gibi sıralanmaktadır;
- Çok uzun dönemde tükenmesi beklenmeyen bir enerjidir.
- Çevreye zarar vermeyen temiz enerji kaynağıdır.
- Güneş, dünyanın tamamının fayda sağlayabileceği enerji kaynağıdır. Bundan dolayı ülkeler için enerji ihtiyaçlarında bağımsız olabilme ortamı oluşmaktadır.
- Güneşlenme süresi az ve çok olan yerlerde, güneşten faydalanma oranları farklılık göstermektedir. Her türlü farklı coğrafik bölgelerde, zorlu arazilerde güneş enerjisinden faydalanmak mümkündür.
- Güneş enerjisinin kullanımında zorlayıcı teknolojiler yer almaz. (Öztürk, 2013; 45)
- Güneş enerjisinin eksik yönleri şu şekilde sıralanmaktadır;
- Güneş enerjisi sürekli değildir ve yoğunluğu azdır.
- İlk yatırımlarda maliyetler yüksektir.
- Güneş enerjisinden faydalanma oranı kontrol edilememektedir.
- Güneş enerjisi ile edinilen ışınım talebinin yüksek olduğu dönemlerde daha sonra kullanılmak için depolanması gerekir (Kocaeren,2016;224).

### 2.1.1.2. Rüzgâr Enerjisi

Rüzgâr enerjisinin kaynağı güneştir. Temiz bir enerji kaynağı olan rüzgâr, doğal, yenilenebilir bir güç kaynağıdır. Güneşin gelen enerjinin %1-2'si rüzgâr enerjisini oluşturmaktadır. Güneş yeryüzünün her yerini aynı oranda ısıtmaz ve bundan dolayı sıcaklık ve basınç farkları ortaya çıkar buda hava akımının oluşmasını sebep olmaktadır. Havanın yüksek basınç sahasından alçak basınç sahalarına yönelmesi rüzgârın oluşmasını sağlamaktadır (Acaroğlu, 2013; 231)

Dünyada rüzgâr enerjisi elektrik gereksiniminin %2'sini karşılayabilmektedir. Rüzgâr santrallerinden elektrik üretiminin çevreye verdiği zararlı etkileri çok azdır. Karada faaliyet gösteren rüzgâr santrallerinin tarım ve hayvancılık faaliyetlerine olumsuz bir etkisi bulunmamaktadır. (<http://www.wwf.org.tr>)

Genel olarak, 1 MW gücündeki bir rüzgâr türbini ortalama 350 konutun bir yıllık ihtiyacı olan yeterli miktarda elektrik üretir. Rüzgâr türbinleri genel olarak %30-40 kapasitede çalışmaktadır. Bu nedenle, gücü 1 MW olan bir rüzgâr türbini, bir yılda yaklaşık 3 milyon kWh elektrik üretir (Öztürk, 2013; 224).

Rüzgâr enerjisinin tükenmez bir kaynak olarak potansiyelinin fark edilmesi dünyada kullanım oranının giderek artmasına sebep olmaktadır. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) çeşitli araştırmalar yaptırarak yeryüzü rüzgâr enerji potansiyelini belirlenmeye çalışılmaktadır. Rüzgâr enerjisi potansiyeli yüksek bölgeler/kıtalar sırasıyla; 1. K. Amerika, 2. D. Avrupa ve Rusya, 3. Afrika, 4. G. Amerika, 5. B. Avrupa, 6. Asya ve 7. Okyanusya şeklindedir (Şenel ve Koç, 2015; 48).

#### ➤ Rüzgâr enerjisinin avantajları:

- Temiz enerji kaynağı olması yanında sera gazı oluşturmaz.
- İşletmenin maliyetleri fazla olmayıp yakıt açısından bir maliyeti bulunmamaktadır.
- Doğal çevre koşullarından faydalanan bir enerji olduğundan enerjide dışa bağımlılığın azalmasına etkisi vardır.
- Düzenli bakımlarla 20-30 yıl sorunsuz bir şekilde çalışma imkânı vardır.
- İşletmenin kurulması ve çalışmaya başlaması 3 aylık kısa bir sürede gerçekleştirilebilmektedir.

- Rüzgâr enerjisinin Dezavantajları:
  - Rüzgârın esme hızının düşmesi veya kesilmesi sonucunda enerji üretimini etkilemektedir.
  - İlk kurulumda türbinlerin maliyetleri yüksek olabilmektedir.
  - Rüzgâr türbinleri yüksek ve dönel bir mekanik alet olması kuşların bunlara çarpmasına neden olmaktadır.
  - Türbinler; elektromanyetik dalgayı etkileyebilirler.

### 2.1.1.3. Jeotermal Enerji

Yer altından bulunan suyun çatlaklar boyu ilerlemesi ile magmanın ısıttığı kayalara ulaşarak ısınması ile oluşan enerjiye, jeotermal enerji denir. Jeotermal enerji her MW kapasitesi rüzgârın ve güneşin sağladığı enerjiden daha fazla elektrik enerjisi üretimine olanak sağlamaktadır. (Yavuz Tiftikçigil ve Yesevi, 2015; 84).

Jeotermal enerji etkin maliyetli, güvenilir, sürdürülebilir ve çevre dostudur. Jeotermal kuyular açılırken sıkışan sera gazlarının açığa çıkarak atmosfere karışmasına neden olmaktadır. Ancak ortaya çıkan sera gazı miktarı fosil yakıtların oluşturduğu etkilere göre çok düşük seviyededir. Jeotermal enerjinin yaygın kullanımı ile beraber fosil yakıtları yerine kullanılma potansiyeli bulunmaktadır. (Aydın, 2014; 204).

Jeotermal buhardan ticari olarak elektrik üretimi, 250kW gücünde yerleşik kapasite ile 1913 yılında İtalya-Larderello'da başlamıştır. Sıcaklığı 100-200 °C arasından olan jeotermal akışanlar, doymuş buhar durumunda olup, 150 °C'nin üzerindeki jeotermal kaynaklardan elektrik üretilebilir (Öztürk, 2013; 323).

Jeotermal kaynaklar teknolojinin gelişmesiyle yaygınlaşmış ve çeşitlenmiştir. Sıcaklıklarına bağlı olarak kullanım alanlarının bazıları şu şekilde sıralanabilir (<http://www.yegm.gov.tr>);

- Kerestelerin kurutulması, balıkların kurutulmasında
- Konservecilik faaliyetlerinde
- Şeker endüstrisinde
- Temiz su eldesi, tuzluluk oranının arttırılmasında
- Çimento kurutulmasında
- Organik maddelerin kurutulmasında

- Evlerin ve seraların ısıtmasında
- Kümes ve ahırların ısıtmasında
- Kaplıca tedavilerinde
- Jeotermal Enerjinin Avantajları:
  - Fosil kaynaklara nazaran jeotermal rezervler sonsuz düzeyde sayılabilir
  - Termal, ısınma ve elektrik enerjisine kolay dönüşür
  - Ev ekonomisinde kullanımı ucuzdur.
  - Ülkenin kendi doğal kaynağı olmasından dolayı yurt dışı enerji talebini azaltır.
  - Fosil enerji kaynaklarına oranla daha temiz bir enerjidir.
  - Santrallerin bakımı kolaydır. Yüzeysel tehlikelere karşı korumalıdır.
  - Kısa süren meteorolojik olayların olumsuzluklarından etkilenmez
  - Petrole oranla bulunma oranı %50 den fazladır ve sondajları petrole oranla daha sığdır.
  - Üretim kuyusu olarak arama kuyuları kullanılabilir.
  - Yatırım maliyetleri daha ucuzdur.
  - Isıtma faaliyetlerinde genellikle ekstradan tesislere ihtiyaç yoktur.
- Jeotermal Enerjinin Dezavantajları:
  - İkincil sıvının maliyetleri yüksektir
  - Kaçaklara müsaade edilemeyişi
  - Isı değiştirgeçlerinin pahalı oluşu
  - Jeotermal toplam akışkanların akış oranlarının yüksek olma gereksinimi

Jeotermal enerji dünya geneline homojen olarak dağılmamıştır. En yoğun jeotermal enerji santralleri; Amerika kıtası, Orta Amerika Bölgesi, Avrupa'da İtalya ve Anadolu'da Ege Bölgesidir. ABD jeotermal enerji gücü olarak lider konumdadır. ABD'nin peşi sıra Filipinler, Endonezya ve Türkiye gelmektedir. (<https://www.enerjiatlası.com>).

#### 2.1.1.4. Hidrojen Enerjisi

Hidrojen Kâinatın ana enerji kaynağıdır. Hidrojen Güneş ile diğer yıldızların yüksek sıcaklıktaki hafif elementlerin tepkimelerine verdiği ısının yakıtıdır. Hidrojen

var olan yakıtların içinde en yüksek enerjiye sahiptir. Petrole kıyasla Hidrojen %33 oranında verimli bir yakıttır. Hidrojenin çevreye zararı ve sera gazı etkisi bulunmamaktadır (Yavuz Tiftikçigil ve Yesevi, 2015; 87).

Hidrojen farklı hammaddeler kullanılarak oluşturulan bileşimli bir yakıttır. Üretimi yapılan hidrojen tankerler ve boru hatları ile taşınmaktadır. Fosil kaynakların dünya enerjisindeki kullanım yeri fazladır. Fosil yakıtların çevreye ve atmosfere verdiği zararlar her geçen gün artmaktadır. Bunu yanında giderek azalan bir fosil yakıt kaynağı söz konusudur. Hidrojen enerjisinin kullanımını fosil yakıtlara karşı bir potansiyel oluşturmaktadır. Son zamanlarda hidrojen enerjisi üzerine araştırmalar yapılmaktadır (<http://www.emo.org.tr>).

Hidrojen enerjisi en temiz enerji olmasına rağmen elde edilirken kullanılan yöntemlerin başında ucuz yöntem olmasından dolayı fosil yakıtlar kullanılmaktadır. Ancak bu yöntem temiz, sürdürülebilir ve fosil enerji bağımlılığını azaltıcı enerji yaklaşımına uymamaktadır. Teknolojinin gelişmesi ile birlikte fosil yakıtlar kullanılarak hidrojen enerjisinin elde edilmesinin önüne geçilerek yeni yöntemler geliştirilerek üretimdeki payının artması sağlanacaktır (Kocaeren, 2016; 286).

Hidrojen ile yakma ve yakıt pili yöntemleri ile enerji elde edilmektedir:

**Yakma:** Hidrojende doğal gaz ve benzin gibi yakılabilir. Doğal gaz ve benzine göre emisyon oranı düşüktür. Az miktarda NO<sub>x</sub> çıkmaktadır. Arabalarda kullanılan içten yanmalı motorlar, endüstriye ve askeri amaçları için de hidrojen gaz türbinleri geliştirilmektedir.

**Yakıt Pili:** Hidrojen yakıt pili; su, akaryakıt, doğal gaz ve havayı ayrıştırmak suretiyle hidrojenini alır yakıt olarak kullanarak elektrik üretir. Yani yakıt pili hem hidrojen üretmekte hem de ürettiği hidrojen ile elektrik üretmektedir. Otomobiller başta olmak üzere elektriğin lazım olduğu her yerde kullanılmaya başlanmıştır. Yakıt pili yakmaya oranla daha verimlidir (Yaman, 2007; 254)

#### 2.1.1.5.Su Kökenli Enerjiler

Su kökenli enerji kaynakları; Dalga, gelgit, okyanus ve hidrolik enerjisidir.

### 2.1.1.5.1. Hidrolik Enerji

Hidrolik kelimesi yunan dilinden hydraulikos kelimesinden gelmektedir. Bu kelime kök olarak su ve boru kelimelerinden gelmektedir.

Hidrolik enerji, barajlarda biriken suyun gücünden, düşü yüksekliğinden ve akma hızından faydalanarak elektrik elde edilmesi ile oluşan enerjidir (Yaman, 2007; 239)

Baraj tipi ve nehir tipi olarak hidroelektrik santraller ikiye ayrılır. Nehir tipi olanlar akan suyun enerjisini kullanırken baraj tipi santraller depolanmış suyu kullanırlar. (<http://www.wwf.org.tr>).

Baraj tipi santrallerde barajlarda biriktirilen suya kazandırılan potansiyel enerjinin yüksekten bırakılması ile kinetik enerji meydana gelmektedir. Ortaya çıkan kinetik enerji su türbinlerini döndürür ve türbin dönünce jeneratör döner bu şekilde elektrik enerjisi üretilmektedir (Kocaeren, 2016; 247).

Nehir tipi santraller orta çaplı ve daha küçük olmakla birlikte elektriğin üretimi akarsuyun akımına göre belirlenmektedir. Su yatağının sabit kalması halinde santrallerin çevreye ve doğaya verecekleri zarar azdır. Hidroelektrik santrallerinin çevreye zarar vermemesi için kurulan santrallerin akarsu kapasitesinin üzerinde olmaması gerekmektedir. Nehir tipi santrallerin projelendirilmesi aşamasında akarsu havzasının çevreyle ilgili özelliklerinin detaylı şekilde belirlenmesi gerekmektedir (<http://www.wwf.org.tr>).

#### ➤ Hidroelektrik sistemlerinin Avantajları;

- Ekonomik ömürleri uzundur
- Geri ödeme süresileri kısadır.
- Bakım ve işletme giderleri düşüktür
- Yakıt gideri bulunmaz
- %90'in üzerinde verime sahiptir.
- Yerli kaynak olduğundan dışa bağımlı değildir.

#### ➤ Hidroelektrik sistemlerinin Dezavantajları;

- Sel kontrolünde, içme suyu kullanılmasına ek bir işlevi bulunmamaktadır.
- Büyük santrallere oranla işletme giderleri daha fazladır.

- Ülkemizde bu alanda nitelikli eleman sıkıntısı bulunmaktadır. Teknik eleman yetersizliği çevresel ve ekonomik sorunların ortaya çıkmasına sebep olabilmektedir.
- Depolama olanağı bulunmadığından üretim tamamen akıma bağlıdır. Bundan dolayı da Küçük hidroelektrik santrallerinin verimi düşüktür.
- Sürekli bir üretimin sağlanabilmesi için teknolojik bakımlarının ve işletme işleyişinin takip edilmesi gerekir.
- Kullanılan akarsulardaki su seviyelerinin düşmesi akarsu etrafındaki yaşamları etkilemektedir (Gökdemir ve Diğerleri, 2012; 22 ).

#### 2.1.1.5.2. Dalga Enerjisi

Deniz dalgaları; denizin altında meydana gelen depremler, deniz üzerindeki taşıtlar, rüzgâr, güneşin ve ayın çekim kuvveti gibi etkilerle denizin yüzeyinde meydana gelen bozulmanın eksi haline dönebilmek için yaptığı hareketler bütünüdür (Kocaeren, 2016; 255).

Dalga enerjisi, Çeşitli etkenlerle deniz yüzeyinde oluşan dalgaların hareketleriyle elde edilen bir enerjidir. Aynı zamanda yenilenebilir enerji kaynakları açısından daha sürekli (https://www.enerjibes.com/ 2019).

- Dalga enerjisinin avantajlarından bazılarını şu şekilde sıralayabiliriz;
  - Bitmeyen ve sonsuz bir kaynaktır.
  - Temiz bir enerji kaynağı olduğundan doğaya ve çevreye zarar vermez.
  - Ekonomik olarak yeni iş fırsatlarına ortam hazırlar ve istihdamı artırır.
  - Elektriğin ulaştırılmadığı yerlerde elektrik ihtiyacını sağlar.
  - Okyanus ve deniz gibi yerlerde yapılan çalışmalarda yeni teknolojilerin kullanılabilmesi imkânı doğmaktadır.
  - Tuzlu suyu arındırarak içilebilen temiz, tatlı su elde etme imkânı sağlamaktadır.
  - Kıyılarındaki su kaynaklarının korunmasını sağlar.
- Dalga enerjisinin bazı dezavantajları şu şekildedir;
  - Dalga ve akımların yollarının değişmesine neden olarak, buradaki yaşam türlerinin olumsuz etkilenmesine sebep olabilmektedir.

- Kıyıya yakın olan türbinlerin oluşturduğu sesler gürültü kirliliğine neden olabilmektedir.
- Kıyıya yakın olan türbinler ayrıca görüntü kirliliği oluşturmakta ve elektrik hatları çevresel estetik kaygılar ortaya çıkarmaktadır.
- Dalga enerjisinin kullanıldığı alanlarda kurulan tesisler dalgakıran olarak etki göstermektedir. Bu durum deniz üst tabakasının durgunlaşmasına neden olmakta bundan dolayı da deniz yaşamını ve balıkçılık faaliyetlerini olumsuz olarak etkilemektedir (Tezcan Ün, 7).

Dalga enerjisini kullanan çok fazla ülke bulunmaktadır. Dalga enerjisi kullanan ülkeleri şu şekilde sıralayabiliriz (<https://www.enerjibes.com> 2019).

- Orkney (İngiltere) Dalga Enerjisi Santrali
- Agucadoura (Portekiz) Dalga Tarlası
- Islay Limpet (İngiltere)
- Mutriku Breakwater (İspanya) Dalga Tarlası
- Azura (Amerika) Dalga Enerji Santrali
- İsrail Deniz Dalgası Santrali

### 2.1.1.5.3. Gel-Git Enerjisi

Güneşin çekim kuvvetiyle okyanuslarda suyun seviyelerinden meydana gelen alçalma ve yükselmeleri ile oluşan gel-git oluşumunu kullanılmasıyla elektrik elde edilebilmesine gel-git enerjisi denir.

Gel-git akımı, suyun daha hızlı akmasına olanak sağlayan doğal boğazların olduğu sığ sularda oluşmaktadır. Gel-git akım teknolojiler farklılıklar taşısa da rüzgâr enerji teknolojileri ile benzerlik göstermektedir. Gel-git akımın hızı rüzgâr hızından düşük olmasına rağmen su havadan 800 kat daha yoğundur bu durumda suyun yoğun olması, aynı hızdaki rüzgâr enerjisinden daha çok enerji yoğunluğuna sahip olması anlamı taşımaktadır (Dinçer ve Aslan, 2009; 86 ).

Gel-git enerjisinden güç üretilen bölgeler çok azdır. Dünya üzerinde 40 adet gel-git enerjisi üretildiği Amerika Birleşik Devletleri enerji departmanı tarafından belirtilmiştir. 1966 yılında dünyanın ilk büyük ölçekli santrali olan Rance Gel-git Santrali faaliyete geçmiştir. Enerji maliyeti yüksek olan gel-git enerjisinin son



dönemdeki teknolojik gelişmelerle maliyetinin düşürüleceği ve veriminin arttırılacağı belirtilmiştir (<https://www.elektrikport.com> 2019).

#### **2.1.1.5.4. Okyanus Enerjisi**

Dünyanın %70'lik kısmını okyanuslar kaplamaktadır. Okyanuslar ayrıca dünyanın en büyük güneş toplayıcılarıdır.

Okyanus yüzeyindeki sular derinlerdeki sulara oranla güneş ışınlarından daha fazla ısınırlar. Yüzeyin ve derinlerdeki suyun arasındaki bu ısınma farkı termal bir enerji oluşturmaktadır. Bu enerjinin küçük bir kısmı dünya enerjisini karşılamaya yeterli olabilmektedir.

Okyanuslarda meydana gelen termal enerji çok fazla alanda kullanılmaktadır. Termal enerji üç temel sistem tarafından dönüştürülür. Bunlar açık, kapalı ve hibrit sistemlerdir (<http://www.cevrecienerji.org> 2019).

Okyanus enerji santralleri çevreye zarar vermezler ve elektrik enerjisi üretilmesinin yanı sıra farklı alanlarda da kullanılmaktadır. Okyanus enerjisi düşük verimlerle (yaklaşık %2) çalışmaktadır. Uygulanabilir enerji için bu tesislerin 1000 kW ve daha büyük güçte olmaları gerekmektedir (Kocaeren, 2016; 267).

#### **2.1.1.6. Biyokütle Enerjisi**

Organik maddelerin enerjiye dönüştürülmesi ile oluşan enerjiye biyokütle enerji denmektedir. Biyokütle içinde tahıllar, bitkisel yağlar, bitki artıkları, şeker bitkileri, gübre ve selülozik bitkiler gibi tarımsal kökenli organik maddeler ile artıklar, yakacak odun ve kısa dönüş amaçlı yetiştirilen odunsu bitkiler gibi odunsu malzemeler içerir. Bu kaynaklar oldukça boldur. Yapılan araştırmalara göre sadece ABD'de enerjide kullanılacak yaklaşık 1 milyar ton kullanılabilir biyokütle olduğu tahmin edilmektedir. Dünyanın birincil enerji tüketiminin %10 kadarı biyokütleden gelmektedir (Aydın, 2014; 211).

Bitkiler, besinlerini yapabilmesi için fotosentez sırasında güneş enerjisi kullanırlar. Yaptıkları besinler enerji olarak bedenlerinde depolanır. Bitkiler öldüklerinde, depolanan besinler kalıntılarında var olmaya devam eder ve içinde biriken besinlerden kaynaklanan enerji yanarak açığa ve bu şekilde biyokütle enerjisine dönüştürülebilmektedir (<https://www.enerjisistemlerimuhendisligi.com>).

Yanan biyokütlenin karbon salınımı kömürün yakılmasında ortaya çıkan salınımdan  $\frac{1}{4}$  oranında fazla karbon salmaktadır. Ancak yenilenebilir enerji kaynakları arasında sınıflandırılmaktadır. Çünkü:

- Enerji elde etmek için kullanılan bitkiler atık bitkilerdir. Bitkiler yeniden kullanılabilir.
- Doğada her zaman bulunan orman kalıntıları, tarımsal ürünler, Ağaç işleme atıkları ve atık malzemelerin doğada kalmasından ve diğer yakıtlara yöneltilmesinden farklı olarak daha verimli kullanılıp enerji üretilmesi daha uygun olacaktır.

Gıda atıklarının, insan atıklarının ve hayvan gübresinin verimli bir şekilde kullanılıp enerji dönüştürülmesi sağlayan enerji yaklaşımı, biyokütledir. (<https://www.enerjisistemlerimuhendisligi.com>).

➤ Biyokütle enerjisinin Avantajları:

- Neredeyse tüm bölgelerde yetiştirilebilmektedir.
- Kullanılan teknolojilerin ve üretimin bilgisinin iyi olması
- Enerji üretiminde her ölçek için uygun olması
- Depolanmasının kolay olması
- Ekonomik ve sosyal koşullar açısından önemlidir
- Çevre zararlı bir etki oluşturmaz
- Enerji kaynakları içerisinde sera etkisi düşüktür.
- Atmosferdeki CO<sub>2</sub> dengesini sağlamaktadır.

➤ Biyokütle Enerjisinin bazı Dezavantajları:

- Çevrim verimi düşüktür.
- Enerji elde edilebilmesi için tarım alanlarının kullanılması rekabet oluşturmaktadır.
- Su faktörü yoğun olması (Kocaeren, 2016; 281)

Biyokütle enerjisi için kullanılan üretimler, sıklıkla gelişmekteki ülkelerde yemek pişirmede odun ve odun kömürü ile ısıtma ve aydınlatmada kullanılan hayvansal atıklardan oluşmaktadır. Biyoenerji iki temel kategoride ele alınmaktadır;

- Biyoetanol, biyodizel gibi ulaşımda kullanılmak için üretilen sıvı yakıtlarda
- Organik atıklarda yakma, gazifikasyon ile piroliz gibi metotlar ile

oksijenli/oksijensiz enerji elde edilmesinde (<https://www2.deloitte.com> 2019).

2011 yılına oranla biyokütleyle dayalı elektrik üretiminin gücü 2012 yılında %10 oranında büyümüştür. Kurulu gücü en büyük ilk beş ülke; ABD, Çin, Brezilya, Almanya ile Avusturya'dır (<https://www2.deloitte.com> ).

#### **2.1.1.6.1. Biyodizel Enerji**

Biyodizel, yağlı tohumlardan (kenevir, kanola, soya vb.) elde edilen yağlar, hayvansal ve evsel yağların etanol ve metanol tipi alkollerle reaksiyona girmesi sonucunda oluşmaktadır. Biyodizel, petrolden üretilen dizelle karıştırılarak kullanılabilmesi gibi saf olarak kullanılabilir (Erdener ve Diğerleri, 2013;5).

- Biyodizel, çevresel özelliklerini şu şekilde tanımlayabiliriz;
- Yenilenebilir hammadde kullanarak elde edilir ve sürdürülebilir enerji potansiyeline sahiptir.
- Doğada kolay ve hızlı bozulduğundan birikme yaparak toksik etki oluşturamamaktadır. 28 güne kadar biyodizelin %95'i, dizelinde %40'ı bozulabilmektedir.
- Hayvansal yağlardan ile atık bitkilerden üretildiğinden atık oluşumu azdır.
- Biyodizel sera etkisi artırmaz.
- Biyodizel dizel yakıtlara oranla NOx emisyonları fazladır. Biyodizel yakıtların uygunluğuna göre motorların emisyon miktarları değişkenlik gösterebilmektedir. Biyodizelin içeriğinde kükürt bulunmamaktadır. Kükürt içermediğinden NOx biyodizel yakıtı kullanan sistemlere uygulanabilmektedir.
- Biyodizel kullanımı dizel yakıtı nazaran ozon tabakasına olan olumsuz etkileri %50 den azdır.
- Biyodizel suda yaşayan canlıları toksik olarak etkilememektedir. 1 milyon litrelik içme suyunu 1 litre ham petrolün kirletme potansiyeli vardır (Öztürk, 2013; 373-374).

### 2.1.1.6.2. Biyoetanol Enerjisi

Tarım ürünlerinden veya selüloz barındıran hammaddeleri çeşitli kimyasallarla işlemlerden sonra üretilen etil alkolün belirlenen oranlarda akaryakıtlarla karıştırılması ile oluşturulan yakıt türüdür. Biyoetanol üretilmesi aşamasında tarım ürünleri hammadde olarak kullanıldığından yenilenebilir enerji kaynaklarındandır. Biyoetanolün yanması ile ortaya çıkan karbondioksit miktarı, fosil yakıtlara oranla daha azdır (Erdener ve Diğerleri, 2013; 12). Birçok ülkede yasal zorunluluk ve uygulamalar nedeniyle oktan sayısı ve emisyon kalitesini arttırmak ve hava kirliliğini azaltmak amacıyla; %2, %5,7, %7,7, %10 ve %15 oranlarında benzine karıştırılır (Öztürk, 2013; 389).

- Biyoetanolün başlıca özellikleri şunlardır;
  - Renksiz, berrak ve kendine has bir kokuya sahip sıvıdır.
  - Mısır, tatlı sorgum, şekerpancarı, vb. bitkilerden üretilir.
  - Nişastanın fermantasyonu ile üretilir. Fermantasyon sonrası biyoetanol miktarı %12-14 oranındadır.
  - Distilasyon (damıtma) yem hammaddesi (DYH), buğdayın nişastası alınarak geriye kalan kısmıdır.
  - Bir tonluk her hammaddeden; 330 kg biyoetanol, 330 kg karbondioksit ve 330 kg DYH elde edilmektedir.
  - DYH, kolay hazmedilebilmesi ve zengin protein içeriği nedeniyle, büyükbaş hayvancılık için mükemmel bir yemdir

Biyoetanol piyasasının önde gelen ülkeleri AB, Çin, Brezilya ve Amerika'dır. Biyoetanol üretiminin %85'i biyoyakıt piyasasını oluşturmaktadır. Biyoetanol üretiminin dünyada %86'sını ABD ve Brezilya gerçekleştirmektedir (Akalin ve Seyrekbasan, 2015; 158-159).

### 2.1.1.6.3. Biyogaz Enerjisi

Biyogaz biyokütle enerji kaynaklarından bir diğeridir. Biyogaz, bitkisel ve hayvansal atıkların oksijensiz ortamda fermantasyon sonucu ortaya çıkan gazdır. Bölgesel ve sağlık problemlerine yol açan organik atıkların işlenmesi sonucu zararsız hale getirilerek atıklardan enerji elde edilmesi biyogaz teknolojisinde yenilenebilir enerji üretiminde ilk sırada yer almaktadır. Organik atıklardan enerji elde etme

hedefiyle kullanılan biyogaz teknolojisi birçok ülkede yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (<https://malzemebilimi.net/> 2019).

Biyogazın üretimindeki temel amaç çevreye zarar vermeden elektrik ve ısı enerjisi üretimidir. Bunun yanı sıra mühim bir diğer gayesi de organik atıkların depolanması, kokularının giderilmesi ile ziraatçılıkta organik gübre kullanımını kolaylaştırmasıdır (Acaroğlu, 2013; 183).

- Biyogaz tesislerinin üstünlükleri şu şekilde sıralanabilir:
  - Çevreye atılan hayvan atıklarının metan gazı, sera etkisi yapacağı için metan gazı tesislerde işlenerek karbondioksit'e dönüştürülür.
  - Biyogaz ile ısı ve elektrik üretilmesi sonucunda ekonomik kazanç elde edilir.
  - İşlemler sonrası çıkan gübre daha kolay kullanılabilir.
  - Hesaplı ve çevreci yakıt olduğu için ve daha sağlıklı yaşam alanları için tercih edilebilir.
  - Suni gübre yerine işlenmiş gübre kullanılarak hayvancılığın gelişmesine katkı sağlayabilmektedir.

Bu avantajlar göz önünde bulundurulduğunda biyogaz teknolojisi için önemli yakıt türü denilebilmektedir.

### **2.1.2. Yenilenemez Enerji Kaynakları**

Fosil yakıtlarda sıvı, katı ve gaz halindeki kaynakların yakılması sonucu ortaya çıkan enerjilere yenilenemeyen enerji denmektedir (Yapraklı,2013;28). Enerji kaynağının bir rezervinin olup tükenmesi ya da farklı şekillerde kendini yenilemesine göre tükenir enerji kaynakları; Kömür, petrol, doğal gaz ve nükleer enerjidir (Kocaeren, 2016; 158).

Küresel enerji talebinde sürekli olarak artış söz konusudur. Fosil yakıt rezervleri de bu artışa karşın hızlı bir şekilde azalmaktadır. 178 trilyon m<sup>3</sup> doğal gaz rezervleri bulunmaktadır. Rezervlerin %40'lık kısmı Orta Doğu'da bulunmaktadır. Keşfedilmemiş ve geleneksel olmayan rezervlerin tahmini toplamı 354 trilyon m<sup>3</sup> civarında bulunmaktadır. Birincil enerji kaynaklarının %81'ini 2016 yılı itibariyle fosil yakıtlar oluşturmaktadır. 2016 yılı son çeyreğinde doğal gaz dünya yakıt üretiminde %21'lik bir orana sahiptir (<http://www.gazbir.org.tr> 2019).

### 2.1.2.1. Petrol

Günümüzde enerjinin elde edilmesi ve kullanımı ülkelerin en önemli gelişmişlik göstergelerinden biridir. Her geçen gün enerjinin elde edildiği kaynaklar çeşitlense bile birincil enerji kaynakları içerisinde petrol kullanımı hala önemli bir yer tutmaktadır (Acar ve Diğerleri: 2011; 3)

Petrolün oluşmasında birçok teori mevcuttur. Bunlardan en bileni ve geçerli olanı deniz dibine çöken canlı atıklarından meydana gelmesidir (Öztürk,2013;6).

Petrol ilk önce milattan önce 4.yy.'da aydınlatma ve ısıtma amacıyla Çinliler tarafından kullanılmıştır. 19.yy.'ın ortalarında petrolün kullanılabilir alanları kısıtlı olduğundan yeteri kadar önem verilmemiştir. 1850 yılı sonu itibariyle petrole yönelik talep artış göstermiş ve bu durum petrol çağını başlatmıştır. Meksika ve Venezüella'nın yanında, zengin Orta Doğu rezervleri 2. Dünya Savaşı sonrasında kullanıma sokulmuş ve böylece petrol maliyetleri düşmüştür. Bu durum petrol ve petrol ürünlerinin üretimini ve tüketimini arttırmış, özellikle ulaşım ve taşımacılık sektöründeki gelişmeler ve petrole dayalı sanayinin (plastik, naylon vb.) ortaya çıkması petrolü vazgeçilmez bir enerji kaynağı haline getirmiştir (Yapraklı, 2013; 31).

Mevcut petrol rezervleri yeni keşiflerin yapılmasıyla 2018 yılı itibariyle artış göstermiştir. 2015 yılı sonu itibariyle Uluslararası Enerji Ajansı'nın (IEA) araştırmalarına göre mevcut rezerv 1 trilyon 659 milyar varildir. Suudi Arabistan 2012 yılına kadar dünyada en çok petrol rezervine sahipken 2012 yılından sonra yeni rezervler keşfeden Venezüella petrolde lider ülke konumuna yükselmiştir (<https://www.enerjiatlası.com> 2019).

Orta Doğu Bölgesi Dünya petrol rezervinin %47,7'sine sahiptir. Petrol rezervlerinin geri kalanının dağılımı şu şekildedir; %19,4'lük kısmı Güney ve Orta Amerika'da, %13,7'lik kısmı Kuzey Amerika'da, %8,4'lük kısmı Avrasya'da, %7,6'lik kısmı Afrika'da, %2,5'lik kısmı Asya ve Okyanusya'da ve %0,7'lik kısmı da Avrupa'dır.

Petrol rezerv ömrü, teknolojik gelişmeler ışığında üretilen rezervlerin mevcut üretime bölünerek elde edilmesidir. Ham petrol rezervleri 1,7 trilyon varil olarak tespit edilmiştir. Rezerv ömrü 2013 senesinde 53,3 yıl olarak tespit edilirken, 2014 senesinde ise 56,8 yıl olarak tespit edilmiştir.

İnsanlara birçok avantaj sunan petrol yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak avantajları gibi dezavantajları da vardır.

➤ Petrolün avantajları;

- Petrole farklı jeolojik ortamlarda ve iklimlerde, gelişen teknolojiler yardımıyla hızlı ve kolay bir şekilde ulaşılabilmektedir.
- Az miktarda bir petrol yüksek seviyede enerji üretebilmektedir.
- Petrolün çıkarılmasında kullanılan minimum teknik ve fiziksel çaba ile maliyeti düşürülür.
- Petrolün taşınması ve nakliyesi kolaydır.
- Petrolün dünyaya dağıtılmasında boru hatları, tankerler ve gemilerin sağladığı büyük bir alt yapı mevcuttur.
- Dünyada ki yüksek enerji ihtiyaçlarını karşılayan enerji santrallerinin kaynağıdır. Ayrıca güç jeneratörleri ve her türlü makineye enerji sağlamaktadır.
- Petrol ulaşım için vazgeçilmez bir üründür. İlaç sektörü ve giyim sektörü gibi sektörlerde aktif kullanılan bir üründür.
- Güneş ve rüzgâr enerjisinden farklı olarak, petrol sürekli olarak güç üretebilmekte ve güvenilir bir enerjidir.

➤ Petrolün Dezavantajları;

- Petrol sınırlı bir enerji kaynağıdır. Petrol rezervleri enerji taleplerinin fazla olmasından dolayı zorlamaktadır. Arzdaki düşüş, petrol maliyetini arttırmıştır. Yapılan çalışmalarda petrol rezervlerinin yaklaşık olarak 2 trilyon varilinin kullanıldığının ve 1 trilyon varilin kaldığı belirtilmektedir.
- Petrol çıkarma ve yakma, sera gazı üretmektedir ve bundan dolayı çevre kirliliğine ve sonuç olarak küresel ısınmaya neden olmaktadır.
- Petrolün üretim aşamasında ve rafine edilmesi aşamasında plastik başta olmak üzere toksik ve zararlı maddeler üretmektedir.
- Petrolün suya karışması halinde, deniz yaşamı olumsuz etkilenmektedir. Suyu karışan petrolerden dolayı geniş çaplı okyanus kirliliği oluşmakta ve canlı yaşamını olumsuz etkilemekte, balık ve hayvanların ölümlerine sebep olmaktadır (<http://www.nkfu.com> 2019).

### 2.1.2.2. Kömür

Fosil yakıtlar arasında depoda en bol bulunan kömürdür. Kömür yaygın olarak elektrik, çelik, alüminyum ve çimento üretiminden kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra sıvı yakıt olarak kullanılabilir. Kömür madeninin linyit kömürü, yağsız kömür, taş kömürü ve parlak kömür şeklinde farklı türlerinin olduğu ifade edilmektedir. Kömürün küresel tüketimi artma eğilimindedir ve GOÜ (Gelişmekte Olan Ülkeler)'nün enerji ihtiyaçları arttığı için daha da fazla artacağı tahmin edilmektedir (Akça, 2014; 44).

Kömürün %40'ı Dünya elektrik üretimini karşılamaktadır. Kömür birçok ülkede enerji üretiminde başı çekmektedir. ABD ve Almanya'nın elektrik enerjisi üretiminin %53'ü kömür karşılamaktadır. Ayrıca elektrik enerjisi üretiminde Yunanistan'ın %69'u, Çin'in %75'i, Danimarka'nın %77'si, Avustralya'nın %83'ü, Güney Afrika'nın %93'ü, Polonya'nın %95'i ve Türkiye'nin %32'si oranında kömür kullanılmaktadır (<http://www.tki.gov.tr>, 2019). Kömürün %69'u ticari ısı ve elektrik enerjisinde kullanılmaktadır. %15'i sanayi sektöründe, %13'ü demir çelik sanayisinde ve %3'ü ısınma amacıyla kullanılmaktadır (TKİ, 2016; 9).

Dünya kömür rezervlerin toplamı yaklaşık olarak 1,1 trilyondur. Dünya kömür rezervinin büyük bölümü ABD'de bulunmaktadır. ABD, Rusya, Çin, Avusturya, Almanya, Hindistan, Güney Afrika, Kazakistan ve Ukrayna ülkeleri yeryüzü kömür kaynaklarının %90'ına sahiptirler (Yavuz Tiftikçigil ve Yesevi, 2015; 32).

Kömür ticaretinin büyük bölümünü taşkömürü oluşturmaktadır. Taş kömürünün iki temel kullanım alanı vardır. Bunlar elektrik üretimi ve demir çelik sanayidir. 2015 yılında Kömür ihracatının ilk sırasında Avustralya bulunmaktadır. İhracatta önde gelen ülkeler şu şekildedir; Endonezya, Rusya, Kolombiya, Güney Afrika ve ABD dir. 2015 yılında kömür ithalatında başı çeken ülke Hindistan olmuştur. İthalatta önde gelen diğer ülkeler şu şekildedir; Çin, Japonya, Güney Kore, Tayvan ve Hollanda'dır (TKİ, 2016; 10).

Kömürün çok fazla ülkede rezervinin olması önemli bir kaynak olmasını sağlamıştır. Kömür fosil yakıtlar içerisinde taşınması, depo edilmesi ve kullanımı açısından en emniyetlisidir. Dünya elektrik üretiminin %69'unu, ucuz ve rekabetçi bir yakıt olması nedeniyle kömürden karşılamaktadır. Rekabetçi fiyatlara sahip olan kömür, birçok ülkede üretimi yapılmakta ve tedarikte güvenilirlik sağlamaktadır.



Kömür kullanımının çevreyi ve insanı etkileyen olumsuzlukları da bulunmaktadır. Kömürün içeriğinde bulunan yüksek miktardaki karbondan dolayı termik santrallerde kömür kullanımı enerji üretiminde karbondioksit kirliliğine en fazla yol açan enerjidir. Kömür santrallerinin saldığı karbondioksit miktarı yıllık karbondioksit salınımının %41'ini oluşturmaktadır. Kömürün çıkarılması ve üretilmesi aşamasında karbondioksite oranla 20 kat fazla metan gazının ortaya çıkmasını ve cıvadan dolayı kirliliğe yol açmaktadır. Kömür üretiminden asit yağmurları oluşabilmektedir. Kömür santrallerinin bulunduğu bölgelerde ormanların zarar gördüğü gözlenmiştir. Doğal alanların tahrip olması erozyonun oluşmasına ortam hazırlamaktadır. Çin'de bulunan kömür santrallerinin bulunduğu 487şehirin %54,5'inde asit yağmurları gözlenmiştir. Kömürün kullanımı ile ortaya parçacık ve radyasyon çıkmaktadır. Ortaya çıkan bu durum çeşitli solunum yolu hastalıklarına, tatlı su kirlenmelerine ve ölü bebek doğumlarına ortam hazırlamaktadır (<http://www.greenpeace.org> 2019).

### **2.1.2.3. Doğal Gaz**

Doğal gaz; propan, etan, metan, gibi hafif molekülerin çoğunlukça hidrokarbonların oluşturduğu bir karışımdır. Doğal gaz yerin altında petrol ile birlikte ya da yalnız başına bulunabilmektedir. Dünya doğal gaz rezervlerinin yaklaşık %40 kadarı petrol ile birlikte aynı rezervuarı paylaşmaktadır. Doğal gaz da petrol gibi kayaçların çok küçük gözeneklerinde bulunmakta ve kayaçların içerisinde ilerleyerek üretim kuyularına ulaşmaktadır.

İlk kez Çin'de milattan önce 900'lerde doğal gaz kullanılmıştır. 1790 yılında doğal gaz aktif olarak İngiltere tarafından kullanılmaya başlamıştır. Boru hattı taşımacılığının oluşması ile birlikte doğal gaz kullanımında artış olmuştur.

ABD ilk kez dünyada doğal gazı enerji sektöründe kullanmıştır. 1950'lerde doğal gazın Dünya enerji tüketimindeki payı %10'u civarındaydı. Önceleri petrol üretiminde karşılaşılan doğal gaz atık olarak değerlendirilmekteydi Daha sonraları enerji kaynağı olarak değerlendirilmesiyle sanayide ve ev tüketimde kullanılmaya başlanmıştır (<https://www.petform.org.tr>, 2019).

Havadan hafif olan doğal gaz ayrıca tatsız renksiz ve kokusuzdur. Kullanım aşamasında kaçakların fark edilebilmesi için içerisinde koku verecek bileşikler eklenmektedir (Kocaeren, 2016; 206).

Doğal gazın diğer hidrokarbon yakıtlarıyla karşılaştırıldığında, çevresel olarak en çekici ve iletirli yakıt olduğu ifade edilmektedir. Doğal gaz dünyanın birçok bölgesinde sanayi sektörü ve elektrik enerjisi üretimi için tercih edilmektedir. Buna gerekçe olarak da kömür ve petrolle karşılaştırıldığında doğal gazın karbon yoğunluğunun daha düşük olduğu gösterilmektedir. Bu özellik, sera gazı emisyonunu azaltmaya yönelik politikalar uygulayan ülkelerde, doğal gazın tercih edilmesine neden olmaktadır. Enerji santralleri içerisinde alternatif enerji yakıtı olarak talep görme sebeplerinin başında düşük sermaye maliyetinin olmasıdır (Akça, 2014; 58-59).

2015 yılı Dünya doğal gaz rezervi 186,9 trilyon m<sup>3</sup> 'tür. Orta Doğu bölgesi bu rezervlerin %42,8'ine sahiptir. Orta Doğu bölgesindeki Katar ve İran ülkeleri önemli rezervlere sahiptir. Rezerv sahipliği açısından diğer ülkeler sırasıyla şu şekildedir; %30,4 oranla Avrupa ve Avrasya, %28,1 oranla Kuzey Amerika Bölgesi dir (TP: 2016;14). 2013 yılında üretilen küresel doğal gaz 3,30 trilyon m<sup>3</sup> dür. %1,6 artış ile beraber 2014 yılında 3,46 trilyon m<sup>3</sup> olarak gerçekleşmiştir. 2015 yılın da ise %2,4 artış göstererek doğal gaz üretimi 3,54 milyar m<sup>3</sup> olmuştur (TP: 2016; 16).

Küresel rezervin ömrü 2014 yılı itibariyle 187,1 trilyon m<sup>3</sup> rezerv miktarının, 3,46 trilyon m<sup>3</sup> olan mevcut üretime bölünmesi sonucunda 54,1 sene olduğu belirlenmiştir (TP, 2016;17). Rezerv ömrü, ispatlanmış mevcut rezervlerin geleneksel teknolojiler ile beraber üretimi sonucundaki ömrünü tanımlamaktadır. Teknolojinin gelişmesi ve yeni rezervlere ulaşılması durumunda rezerv ömrü de o ölçüde artış gösterebilecektir (TP, 2016; 17).

BP enerji görünümü raporunda %40'lik oranla en hızlı büyüyen enerji kaynağı doğal gazdır. Ayrıca doğal gazın talebinin yoğun olması ve sıvılaştırılmış gazın desteklenmesi ile küresel erişilebilirliği artmış ve giderek büyüyen bir pazar durumuna gelmiştir. Bu büyüme ile doğal gazın kömürü geride bırakarak dünyanın en büyük ikinci enerji kaynağı olacağı öngörülmektedir. (BP, 2018; 7-15-69). Doğal gaz; diğer fosil kökenli yakıtlarla karşılaştırıldığında, çevresel avantaj sağlamaktadır.

Atmosferdeki sera gazı yoğunluğunun artması sonucunda oluşan küresel ısınma, iklimde önemli değişimlerin oluşmasına neden olmaktadır. Enerji üretiminde,

konutlarda ve taşımacılıkta kullanılan fosil yakıtların yanması sonucunda oluşan CO<sub>2</sub>, sera gazlarının en önemli bileşenidir. Yanma sürecinin tüm adımları göz önüne alındığında doğal gaz, sera gazı üretiminde diğer fosil yakıtlara nazaran azdır.

Duman ve zayıf hava kalitesi pek çok alanda önemli bir çevresel sorundur. Dumanın esas bileşeni güneş ışığında hidro-karbon ve nitrojenoksitlerin reaksiyonu sonucunda oluşan yüzeye yakın ozon tabakasıdır. Hava kalitesini bozan diğer etkenler, yanma sonucunda oluşan parçacık ve sülfürdi-oksittir; insan sağlığı açısından oldukça tehlikelidir. Çevresel bozulmaya bağlı sağlık problemleri, sanayi ve konutlardaki enerji kullanımını sonucu oluşan toksit kirleticilerden kaynaklanmaktadır. Toksik kirleticiler, içerdikleri mikroskobik parçacıklarla astım, amfizem ve hatta kansere yol açabilirler. Doğal gazın yanması sonucunda oluşan parçacık madde, aynı miktarda enerji üreten petrolden 16 kat, odundan ise 100 kat daha azdır.

Kükürtdioksit ve nitrojenoksidin yoğunlaşmasıyla meydana gelen asit yağmurları, doğal gaz kullanımıyla, petrole göre %79, oduna göre %80 azalmaktadır. Doğal gazı diğer yakıtlardan ayıran önemli bir özelliği de yanma sonucunda geriye hemen hemen hiç kül bırakmamasıdır. Bu, doğal gazın yanma veriminin oldukça yüksek olması anlamına gelir (%90). Yakıtların yanma verimlerinin yüksek olması, enerji dönüşümünün büyümesini ve çevresel zararın azalmasını sağlamaktadır. Doğal gazın diğer avantajları: Depolama ve nakliye sorununun olmaması, ekonomikliği, bakım ve işletme masraflarının azlığı, otomatik kontrole uyumlu olması nedeniyle iş gücünden tasarruf yapılabilmesidir.

Tüm enerji türleri; araştırma, üretim, nakliye, depolama, dağıtım ve tüketim gibi ömür döngüleri (life cycle) boyunca, çevre üzerinde belirli bir etkiye sahiptir. Yakıtların enerji döngüsünün her kademesinde, çevresel etkileri farklıdır. Çok yönlü kullanım alanına sahip olan doğal gaz, diğer fosil kökenli yakıtlarla karşılaştırıldığında oldukça güvenli bir çevre dostudur. Ülkemizde doğal gaz kaynakları kısıtlı ve dışa bağımlıdır (<https://www.termodinamik.info>, 2019).

#### **2.1.2.4. Nükleer Enerji**

Çekirdeğin yapısını doğada bulunan maddelerin özellikleri belirlemektedir. Bu enerji nötron, proton ve çekirdek parçacıklarından oluşmaktadır. Doğa, kullanılacak en az enerji ile bu enerjiyi oluşturmaya çalışmaktadır. İl başta fazla

enerji kullanılarak oluşan atom çekirdekleri ilerleyen dönemde aşırı olan bu enerjiyi parçacık veya radyasyon şeklinde yayabilmektedir. Bu tarz çekirdeklere radyoaktif denmektedir.

Atom çekirdeklerinin bölünmesi, parçalanması ya da iki atom çekirdeğinin birleşmesi, kaynaşması ile ortaya çıkan enerjiye nükleer enerji denmektedir. Günümüzde kullanılan nükleer santraller genellikle atom çekirdeğinin nötron ile parçalanmasının sonucunda ortaya çıkan enerjinin elektriğe dönüştüren tesislerdir (TMMOB, 2011; 9).

Nükleer enerji uranyumun 1879 yılında keşfedilmesiyle başlamış ve 1934 da atomun parçalanması ile devam etmiştir. Teknolojik gelişmeler öncelikle askeri alanda çalışmaları başlatmış ve daha sonraki süreçte ticari alanlarda da nükleer enerji çalışmaları başlamıştır. Nükleer enerjide başta ABD ve Rusya gibi ülkeler bu enerjiden faydalanabilmek için çalışmalar yapmışlardır. Yapılan çalışmalar neticesinde parçalanarak atomdan oluşan ısı enerjisini elektrik enerjisine dönüştürebilen sistemler ortaya çıkarmışlardır. Nükleer enerjinin kontrollü, güvenilir ve sürdürülebilir olması nükleer santrallerin sistemli bir şekilde çalışması ile sağlanmaktadır (<https://www.enerji.gov.tr>, 2019).

2 Aralık 1942’de İlk nükleer reaksiyon Chicago Üniversitesi’nde uygulanmıştır. ABD, ilk nükleer bombasını 6 Ağustos 1945’te Hiroşima’ya, ikinci atom bombasını 15 Ağustos’ta Nagazaki’ye atmıştır. Nükleer reaktörlerin ortaya çıkmasındaki ilk neden ABD ve Rusya’nın soğuk savaş döneminde rekabet içinde olmasıdır. ABD, nükleer enerjiye dayalı santralinde ilk elektrik enerjisini 20 Aralık 1951’de üretmiştir. Sivil kullanım amaçlı ilk nükleer elektrik üretimi Sovyetler birliğinde (SSCB) 27 Haziran 1954’te gerçekleşmiştir (Yıldırım ve Örnek, 2007; 33).

Nükleer enerjiye doğru talebin artmasındaki başlıca sebepler şu şekildedir;

- Fosil yakıtlı tesislerden kaynaklanan karbon emisyonlarının küresel ısınma sonuçları konusunda artan endişe.
- Ülkenin yabancı petrol arzındaki belirsizlik konusundaki hassaslığının fark edilmesi,
- Diğer enerji kaynaklarına kıyasla uygun ekonomisi,
- Elektriğe karşı beklenen büyük talebin olması ancak yenilenebilir enerji kaynaklarının yetersiz olduğu fikridir (Murray ve Holbert, 2015; 434).

Nükleer enerji; uzay teknolojisi, uçak sanayisi, denizaltı sanayisi, buzkıran gemilerinde başarıyla kullanılmaktadır. Dünyada çeşitli alanlarda kullanılan yaklaşık olarak 160 çeşit izotop bulunmaktadır. İzotopların yardımıyla biyoloji ve biyokimyanın farklı alanlarında birçok araştırma yapılmaktadır. Sanayide otomasyon ve kontrolü sağlamak için radyoaktif izotoplar kullanılmaktadır. Bu izotoplardan; inşaat malzemelerinin imalatında, kimya analizlerinin duyarlılığını artırmak, petrol tanklarının kaçaklarını takip etmek ve ayrıca tıpta bazı hastalıkları teşhis ve tedavi etmek amacıyla yararlanılmaktadır. Tıpta izotop kullanarak bazı hastalıkların tespiti yapılabilmektedir. Aynı zamanda X - gama ışını - defektoskop cihazlarında da izotoplar kullanılmaktadır. Ayrıca izotoplardan tarımda, toprak biliminde ve tarımsal kimya teknolojisi alanlarında da faydalanılmaktadır (Çerçeve, 2018; 54).

Dünyada çok fazla farklı nükleer enerji santralleri bulunmaktadır. Elektrik üretimi yapan santrallerin çalışma prensipleri ile çok benzerdir. Nükleer tepkime sonucu ısınan suyun buhara dönüşmesi ile türbinleri döndürmesi sonucunda elektrik elde edilmektedir. Isıtılan su, su buharına dönüşmektedir. Fosil yakıtlar ile nükleer enerjisi ayıran en temel özellik türbinlerin döndürülmesini sağlayan ısının kaynağıdır (Bilim ve Teknik Dergisi, 2011; 25).

Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (UAEA) araştırma sonuçlarına göre 31 ülkede 450 ad. nükleer reaktör çalışmaktadır. 2017 yılı ile beraber Nükleer santrallerin elektrik üretimindeki payı dünya genelinde %11'dir. 59 adet nükleer reaktör inşası 18 ülkede devam etmektedir.

2017 yılında 99 nükleer reaktörün işletmede olduğu ABD'de nükleer santrallerden elektrik üretiminin %20'sini karşılamaktadır. 2 adet nükleer reaktör inşası devam etmektedir. Rusya elektrik üretiminin yaklaşık %17'sini işletmede olan 37 nükleer reaktörden sağlamaktadır. Devam eden 6 nükleer reaktörün inşası bulunmaktadır.

Çin elektrik üretiminin %3,5'ini işletmede bulunan 39 nükleer reaktörden sağlamaktadır. Ayrıca 18 nükleer reaktör de inşa halindedir. Çin hem kendi nükleer santrallerini tasarlamakta hem de uluslararası piyasaya tasarımlarını pazarlamaktadır.

Birleşik Krallıkta üretilen elektriğin %20'si işletmede bulunan 15 nükleer reaktör tarafından sağlanmaktadır.

Fransa'da elektrik üretiminin %72'si 58 nükleer reaktörden karşılamaktadır. 1 adet nükleer reaktör de inşaat halindedir (<https://nukleer.enerji.gov.tr>, 2019).

Termik santraller ve nükleer santraller prensipte birbirine çok benzerler fakat aralarında önemli farklılıklar bulunmaktadır. Termik santraller kül oluşumuna, CO<sub>2</sub> ve SO<sub>2</sub> salınımlarına neden olmasına rağmen nükleer santrallerde bu tip kirletici salınımlar olmaz. Lakin nükleer santrallerde kullanılan yakıt ve sonucundaki radyoaktif atıklar yüksek radyoaktiviteye sahip maddeler içerirler. Radyoaktif maddelerin dış ortamla temasının engellenmesi önem arz etmektedir. Bu nedenle nükleer güvenlik prensipleri, nükleer santral projelerinin tüm kademelerinde dikkate alınmakla birlikte Türkiye'de TAEK tarafından da projeler santral ömrü boyunca denetim altına alınır (<http://nukleerakademi.org>, 2019).

Nükleer santraller işletilmesi ile çevreye herhangi bir zararlı madde salmazken, oluşabilecek bir kazada çevresine çok fazla zarar verme potansiyeline sahiptir. Oluşacak nükleer kaza diğer enerji santrallerinde oluşabilecek kazaların vereceği zarardan karşılaştırılamayacak oranda büyüktür. Bundan dolayı nükleer enerji santrallerinde güvenlik ve güvenilirlik en öncelikli konudur (Bilim ve Teknik Dergisi, 2011; 32)

Nükleer enerjinin güvenliğinin sağlanması için üç temel fonksiyon bulunmaktadır;

- Nükleer reaktörler kontrollü ve etkin bir şekilde takip edilmelidir.
- Reaktörün soğutmasının çok iyi yapılması gerekmektedir.
- Ortaya çıkan Radyoaktif maddelerin kontrollü depolanması ve çevreye yayılmasının önleniminin alınması gerekmektedir.

Nükleer tesislerde güvenlik sistemleri kaza veya arıza durumlarında güvenlik fonksiyonlarını uygulamak için tasarlanmıştır. Güvenlik sistemleri ihtiyaç anında otomatik devreye girmektedir. Güvenlik sistemlerinin tasarlanmasının amacı oluşabilecek kazaların önlenmesi ve kazanın oluşması durumunda sonuçlarını asgari seviyede tutmaktır. Güvenlik sistemlerinin fonksiyonlarını yerine getirebilmesi amacının ve güvenilirliğinin artması için:

- **Tek Hata Kriterinin** uygulamasıyla, bir bileşenden kaynaklanan güvenlik işleyişinde fonksiyonların engellenmemesi sağlanmaktadır.

- **Yedeklilik İlkesinde** tek ya da daha fazla bileşenden dolayı ortaya çıkan güvenlik fonksiyonlarını yapabilecek sistemin birden fazla olmasını sağlamaktadır.
- **Ayrılık İlkesi** ile “ortak temelli arızaları” engellemek için, yedeklilik ilkesi devreye alınırken yedek donanım ya da sistemlerin birbirinden ayrı özelliklere sahip olmasına dikkat edilmektedir
- **Fiziksel Ayırım İlkesi** ile yedek sistemler; “ortak temelli arızaları” engellemek için, fiziksel olarak birbirinden farklı yerlere yerleştirilirler. Bu şekilde, aynı dış etkilere maruz kalmayarak diğer yedeklerin faaliyetlerine devam etmesi sağlanmaktadır.

Nükleer santrallerdeki güvenlik sistemlerinin başında, Koruma Kabı Sistemi ve Acil Durum Kor Soğutma Sistemi gelmektedir.

Güvenliğin en iyi şekilde uygulanabilmesi için geliştirilen sistemler sayesinde meydana gelebilecek iç ve dış etkilerden dolayı santrallerde oluşabilecek durumlara karşı önlemler yüksek seviyededir. Alınan önlemler hem santrallerin korunması hem de insana ve çevreye zarar verilmemesini sağlayacak şekilde uygulanmaktadır (<http://nukleerakademi.org>, 2019).

Uranyum ve toryum nükleer enerjinin hammaddeleridir. Toryuma dayalı nükleer santraller ekonomik boyutta devreye girememiştir. Günümüzde kullanılan nükleer enerji hammaddesi uranyumdur. Yerkabuğunda birçok uranyum minerali bulunmasına rağmen büyük bölümü ekonomik değildir. Uranyumun madeni diğer maddelere nazaran alım-satımı ve nakliye edilmesi sıkı denetimler çerçevesinde yapılmaktadır. Nükleer santral kurmayı düşünen ya da kuran ülkeler kendi uranyumlarına sahip olmayı amaçlamaktadır (<http://www.mta.gov.tr>, 2019).

Uranyum rezervinde dünyada ilk sırada Avustralya yer almaktadır. Yapılan araştırmalarda Avustralya’da 1 milyon 664 bin ton, Kazakistan’da 745 bin ton, Kanada’da 509 bin ton ve Rusya’da 507 bin ton uranyum kaynağı bulunmaktadır. 2016 yılı itibariyle Rusya hariç diğer üç ülkenin dünya toplam uranyum üretim oranı %71’dir (MTA, 2017; 11).

## 2.2. İkincil Enerji Kaynakları

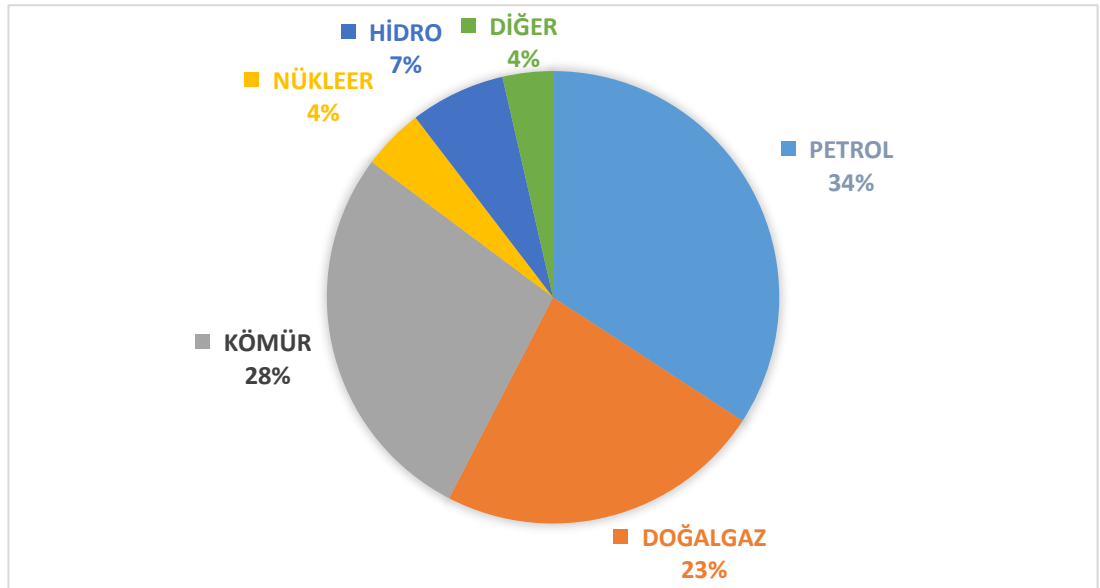
İkincil enerji kaynağı, elektrik, fuel-oil, mazot gibi birincil kaynaklardan kullanılabilir formlara dönüştürülen enerjidir. Termik santrallerde, rafinerilerde bu kaynaklar elde edilirken dönüşüm kayıpları meydana gelmektedir. Bundan dolayı ikincil enerji kaynakları birincil enerji kaynaklarına nazaran daha pahalıdır.

## 2.3. Dünyada ve Türkiye’de Birincil Enerji Kaynakları ve Dağılımı

Enerji kaynakları kullanımına göre sınıflandırma yapıldığında Yenilenebilir ve Yenilenemeyen Enerji Kaynakları olmak üzere ikiye ayrılır. Yenilenemeyen Enerji Kaynakları, kullanıldıkça rezervleri azalan, stok değişken, kendini yenileyemeyen enerji kaynaklarına denir. Bunlar da kendi içinde çekirdek kaynaklı ve fosil kaynaklı olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

Yenilenebilir Enerji Kaynaklarıysa herhangi bir işlem sürecine gereksinim duyulmadan temin edilebilen, sürekli bir devridaimle yenilenen ve her daim doğada hazır bulunan, akım değişken enerji kaynaklarıdır. Şekil 2 de gösterilen ve 2017 yılında raporlanan küresel ölçekte birincil enerji kaynakları tüketim oranlarına göre, enerji kaynaklarından yenilenemeyen enerjinin %89 gibi bir ağırlığı söz konusudur (Gençoğlu; 6).

Şekil 2: 2017 Yılı Küresel Ölçekte Birincil Enerji Tüketim Oranları

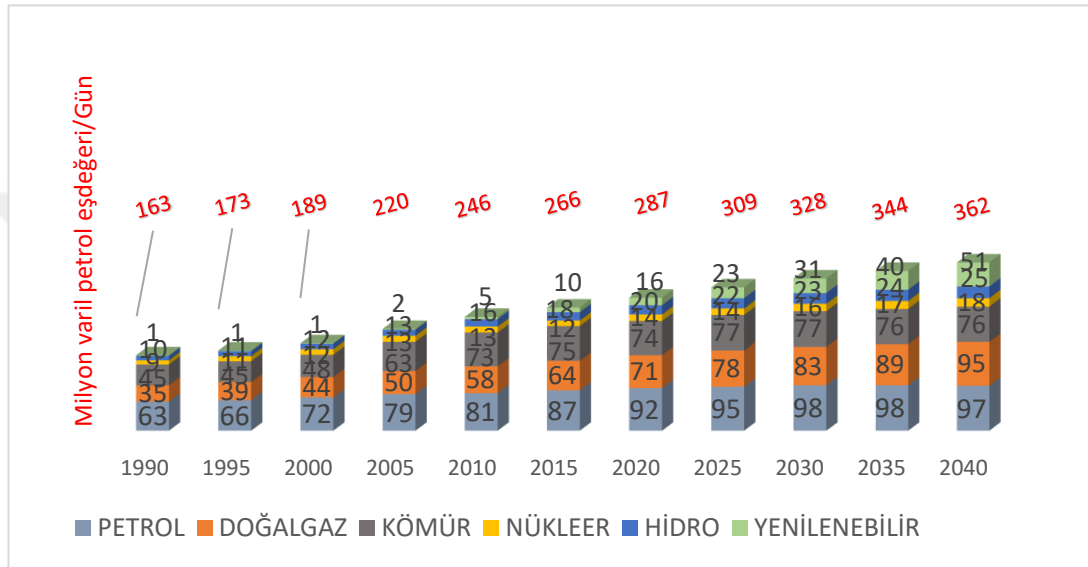


Kaynak: BP, 2018



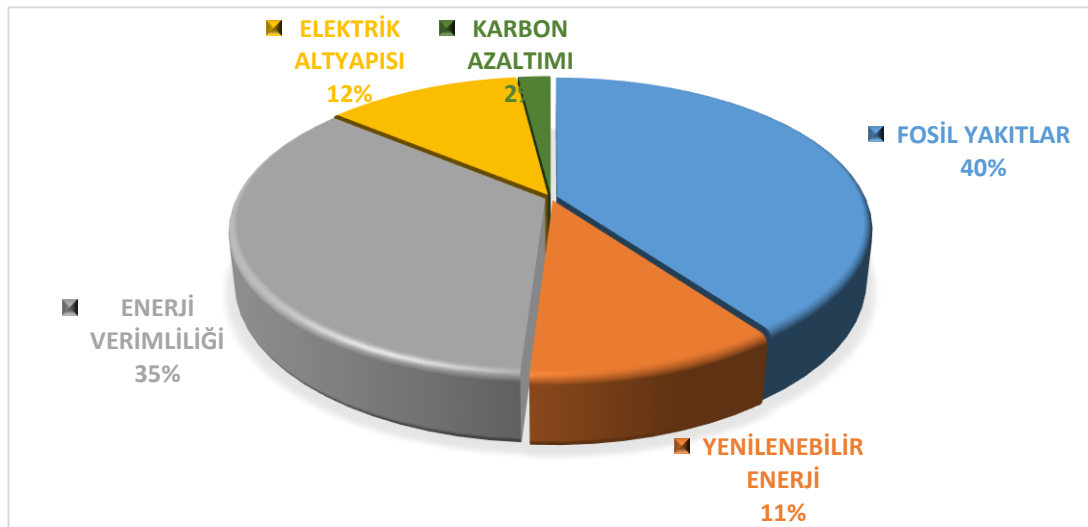
Küresel enerji yatırımları, dünya enerji talebini karşılamak için her sene artmaktadır. Şekil 3’de gösterilen projeksiyon ışığında ve UEA donelerine göre enerji sektörüne 2016-2040 yılları arasında dünya genelinde şekil-4’te belirtilen grafikteki enerji kaynakları ve oranlamasıyla toplamda 66,5 trilyon dolar yatırım yapılacağı düşünülmektedir.

Şekil 3: 1990 – 2040 Enerji Kaynakları Temelinde Dünya Enerji Talebi Projeksiyonu



Kaynak: BP, 2018

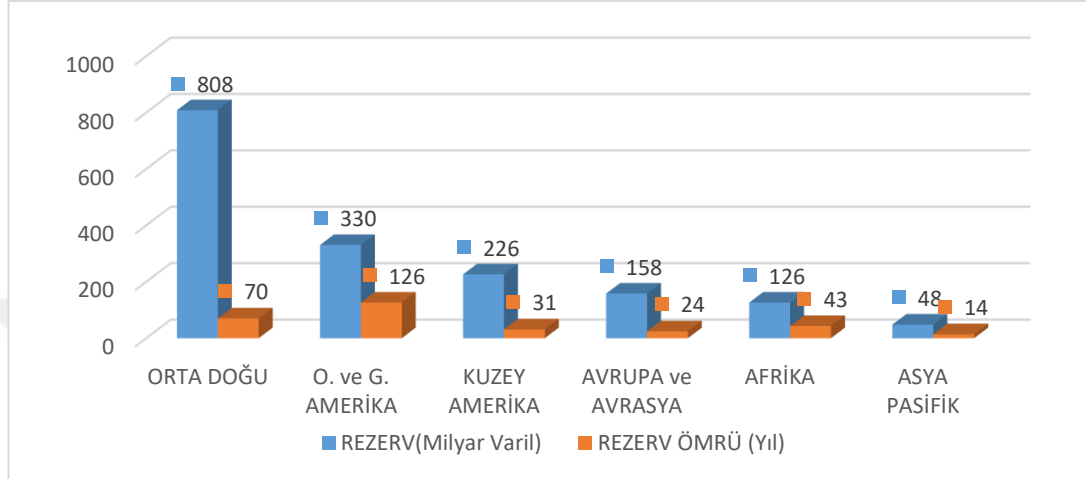
Şekil-4: 2016-2040 Yılları Arasında Yeni Politikalar Senaryosu Dikkate Alındığında Kaynaklara Göre Enerji Arzı Altyapısı İçin Yatırımlar Oranlaması



Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Strateji Geliştirme Başkanlığı

2016 yılında, Dünya ham petrol rezerv miktarı 1,7 trilyon varil olarak kaydedilirken, 2016 yılında, 50,6 yıl olan rezerv ömrü, 2017 yılında, 50,2 yıl olarak hesaplanmıştır (Şekil 5).

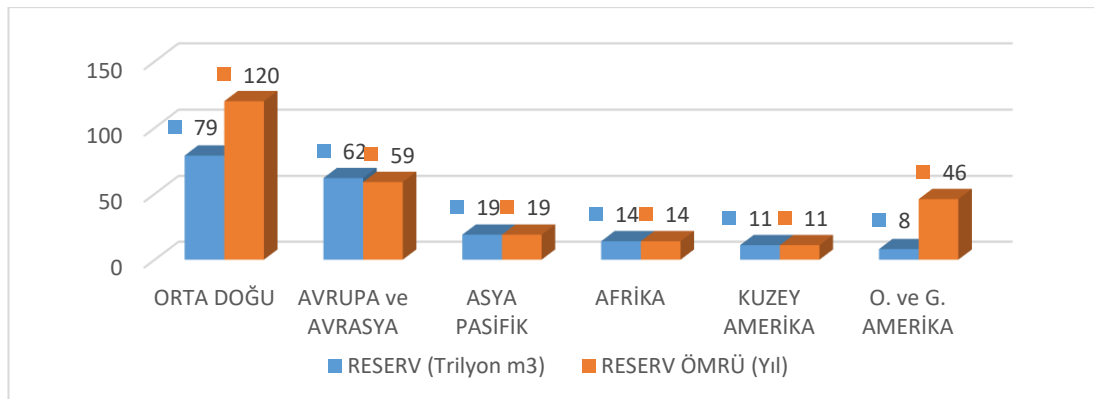
Şekil 5: 2017 Yılı İtibariyle Küresel Bölge Bazında Petrol Rezerv Miktarları



Kaynak: BP, 2018

2017 yılı için, mevcut doğal gaz rezerv miktarı (193,5 trilyon m<sup>3</sup>) mevcut üretime (3,68 trilyon m<sup>3</sup>) bölündüğünde, küresel rezerv ömrünün 52,6 yıl olduğu hesaplanmaktadır. Genel tanım itibariyle ortaya konulan 52,6 yıllık “doğal gaz rezerv ömrü” ifadesinde, söz konusu “ömür” bugün için ispatlanmış olan rezervlerin, mevcut konvansiyonel teknolojilerle ekonomik olarak üretimi çerçevesindeki bir ömürdür (Şekil 6).

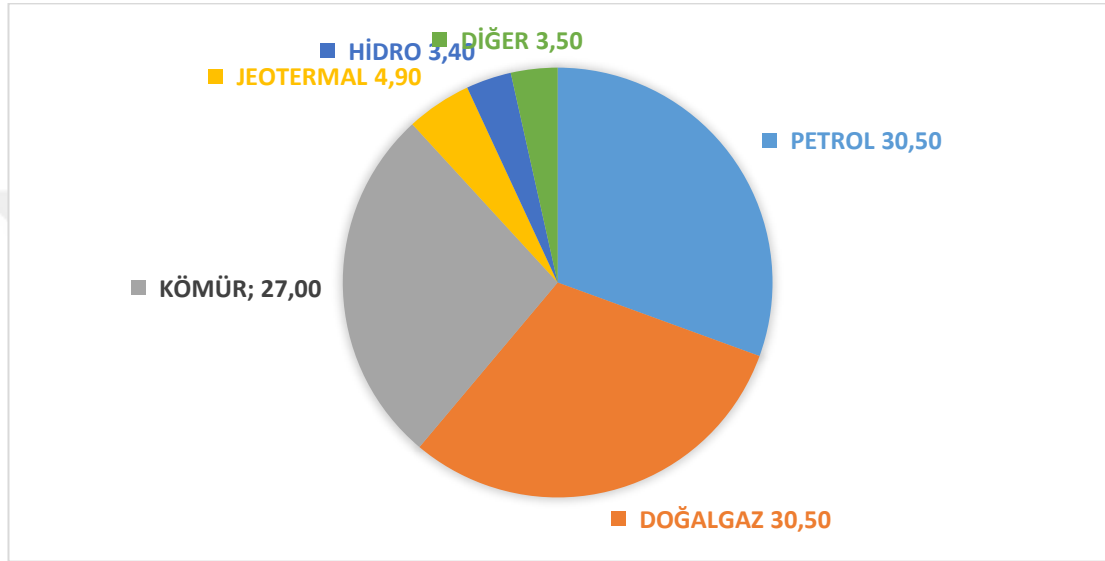
Şekil 6: 2017 Yılı İtibariyle Dünyada Bölge Bazında Doğal Gaz Rezervi ve Ömrü



Kaynak: BP, 2018

Türkiye'nin 145,3 milyon ton petrol eşdeğeri (tep) doğal gaz birincil enerji arzında ve 111,6 milyon tep'lik kısmı toplam nihai enerji tüketiminde değerlendirilirken, 33,6 milyon tep'lik kısmı çevrim ve enerji iş gruplarında kullanılmıştır. Birincil enerji arzı içinde doğal gaz %30,5'lik oranla ilk sırada olup bunu %30,5 ile petrol çok az bir farkla, %27,2 oranla kömür ve diğer kaynaklar takip etmektedir (Şekil 7).

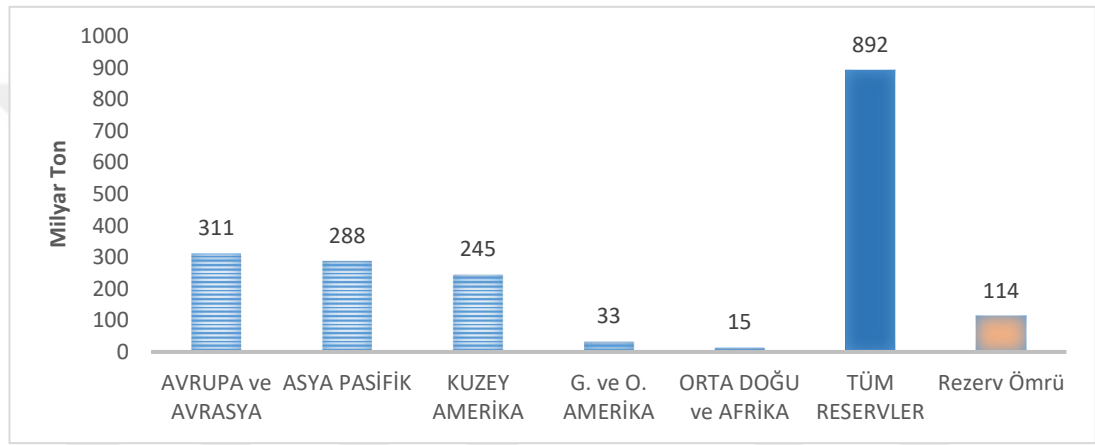
Şekil 7: 2017 Yılı İtibariyle Türkiye Birincil Enerji Arzı İçindeki Kaynakların Dağılımı



Kaynak: BP, 2018

Türkiye’de tespit edilmiş kömür rezervinin %3,3’ü taş kömür, diğer kısmı linyittir. İspatlanmış kömür rezerv miktarı 11,4 milyon ton civarındadır. 2017 yılı taban alındığında 115 yıllık üretim kapasitesi olduğu görülmektedir. Ülkemizde, yeryüzü linyit/alt bitümlü kömür rezervinin takribî %3,2’si bulunmaktadır (Şekil 8). Dünya genelinde fosil yakıtların fiyatlarıyla kömür fiyatları uyumlu bir seyir izlemektedir. Fiyatları arz-talep dengesi ile döviz kurlarının etkisi belirleyici unsurdur. Bundan dolayı son iki yılda kömür fiyatlarında hızlı bir artış olmuştur (KPMG, 2019; 20-21).

Şekil 8: 2017 Yılı Dünyada Bölge Bazında Kömür Rezervi ve Rezerv Ömrü



Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Strateji Geliştirme Başkanlığı

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### 3. TÜRKİYE'DEKİ ENERJİ KAYNAKLARI

Türkiye'nin enerjisini kaynakları; yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji kaynaklarından oluşmaktadır. Yenilenemeyen enerji kaynakları, doğal gaz, kömür ve petroldür. Yenilenebilen enerji kaynaklarıysa jeotermal enerji, biyokütle enerjisi, güneş enerjisi ve hidrolik enerjidir. Nükleer enerji için projeler oluşturulmuş olup santral yapım çalışmaları sürmektedir. Ülkemiz şuan da nükleer enerjiden faydalanamamaktadır.

#### 3.1. Türkiye'nin Yenilenemez Enerji Kaynakları

Türkiye' de ithalata dayalı bir enerji arzı söz konusudur. Türkiye son 10 yılda enerji tüketiminin  $\frac{3}{4}$ 'ünü ithal etmiş ve bu ithalatın %15'ini kömür ithalatı oluşturmaktadır.

Türkiye de enerjinin tüketimi istikrarlı olarak artış göstermektedir. OECD ülkelerindeki kişi başı ortalama enerji tüketimleri Türkiye'ye oranla yüksektir. 2015 yılı için OECD ülkelerinde enerji tüketimi kişi başına yaklaşık 4,2 tep iken Türkiye de yaklaşık 1,6 tep enerji tüketilmektedir. Kentleşme ve sanayileşmede meydana gelen büyümeler Türkiye'deki enerji tüketiminde de artışlara sebep olmaktadır (Türkiye Piyasaları Enerji Görünümü, 2016; 15).

Doğal gaz, elektrik enerjisinin ana kaynağını oluşturmaktadır. Birincil enerji kaynaklarını içerisinde %33,4 payı ile doğal gaz ilk sıradadır. Doğal gazın %18'i, sanayide kullanılmakla beraber, demir ve çelik endüstrilerinde de tüketimde ilk sırada bulunmaktadır. Mesken tüketimleri ve ticari tüketimler toplam tüketimin içerisinde %26'ya denk gelmektedir.

Birincil enerji kaynakları içerisinde kömür, %32,1'lik pay ile ikinci sıradadır. Elektrik sektöründe kömür kullanma oranı %58'dir. Sanayi sektöründe ise kömürün %29'luk kısmını tüketilmektedir.

Birincil enerji kaynakları içerisinde petrol %24,7'lik pay ile üçüncü en büyük enerji kaynağıdır. Petrol %79'luk tüketimi ile taşımacılık sektöründe kullanılmaktadır.

Birincil enerji kaynakları içerisinde hidroelektrik kaynakları ve yenilenebilir enerji %9,8'lik pay ile en düşük yüzdeye sahiptir. Bu kaynakların, %43 'ü mesken ve

ticaret alanları için ve %54'ü de elektrik enerjisinde kullanılmaktadır (Türkiye Piyasaları Enerji Görünümü, 2016; 14).

### 3.1.1. Türkiye'de Petrol

Türkiye'de petrol arama mesaisi Osmanlı döneminde başlamıştır. 1890 yılında ilk sondajlı arama faaliyetleri İskenderun civarında açılan sığ kuyulardır. 1898 yılında da Trakya'da Ganos civarında sığ kuyular açılmış ve gaz ile petrole rastlanmıştır. 1914 yılında Musul'da petrol aramaları için yabancı şirketler ortaklığıyla kurulan Turkish Petroleum Company 1. Dünya Savaşının çıkması ile faaliyetlerini sürdürmemiştir (Atalay, 2003; 1).

792 sayılı petrol yasası ile 1926 yılında devlete petrol araması için yetkiler verilmiştir. 2189 sayılı "Altın ve Petrol Arama ve İşletme İdareleri Teşkiline Dair Yasa" çıkarılarak, 1933 yılında devlet petrol arama ve üretim işlemlerini sürdürmesi için Petrol Arama ve İşletme Dairesi'ni kurmuştur.

Türkiye'de petrol arama faaliyetlerine 1395 yılında kurulan Maden Teknik Arama Enstitüsü devam etmiştir. İlk ticari petrol 1940 yılında Raman'da bulunmuştur. 1952 yılında MTA (Maden Teknik arama Enstitüsü) tüm çalışmalarını ve petrol arama sahalarının TPAO'ya (Türkiye Petrol Anonim Ortaklığı) devretmiştir. 1954 yılında 6326 sayılı petrol kanunu ile beraber yabancı şirketler de Türkiye'de petrol arama faaliyetlerinde bulunmaya başlamıştır (Binici, 1971, 6).

1980'li yılların ilk altı ayında arama faaliyetlerinde ikinci sıçrama yaşanmıştır. Petrol şoku ile birlikte fiyatlarda meydana gelen artış ve yerli üretimin sürekli olarak azalmasından, 1960–1975 yıllarında düşük seviyede meydana gelen jeofizik ve jeolojik faaliyetler, 1975 senesinden sonra sürekli olarak artış göstermiştir. Bu artışla beraber sondaj faaliyetlerinde de artışlar olmuştur. Sondaj faaliyetlerinin artmasıyla beraber yeni kuyular bulunmuş ve üretimde buna paralel olarak artış olmuştur. 1991'de 4.45 milyon ton seviyelere ulaşan üretim, aynı yıl içerisinde sivil tüketimin sadece %21'ini karşılayabilmiştir.

1990'lı yıllarda TPAO ve yabancı şirketlerin arama faaliyetlerinin azalması ve yeni bulunan sahaların küçük olması, üretimdeki azalmayı karşılayamamıştır. 2001 yılı sonu itibariyle toplam üretim 2.55 milyon tona düşmüş ve sivil tüketimin sadece %9'unu karşılayabilmiştir (Atalay, 2003; 4).

TPAO Türkiye’de ki arama çalışmalarının % 70’den fazlasını yürütmektedir. TPAO yabancı ortakları ile birlikte doğal gaz ve petrol aramalarını gerçekleştirmektedir (Makina Mühendisliği Odası, 2018; 217).

1934–2016 dönemleri arasında Türkiye’de 4.734 ad. kuyu açılmış ve takriben 8,3 milyon metre sondaj yapılmıştır. Bu kuyuların %21’i Trakya, %70’i Güneydoğu Anadolu, %7’si diğer bölgelerde yer almaktadır. Aynı süreçte denizlerde 70 adet kuyu açılmış ve bu kuyularda 155 bin metre sondaj yapılmıştır.

Yurtiçi üretilebilir petrol rezervi, 2016 senesinde 341,64 milyon varil (49,32 milyon ton) olarak hesaplanmıştır. Yeni petrol kuyuları açılmadığı takdirde güncel üretim seviyesi (takriben 2,5 milyon ton) ile yurtiçindeki ham petrol kaynağının 19 senelik ömrü bulunduğu hesaplanmaktadır. Türkiye’deki petrol alanlarının sadece %7’sinden yıllık 25 milyon varil petrolden elde edilebilirken, kalan %93’ünden çıkarılabilecek petrol miktarı 25 milyon varilden daha az olduğundan ekonomik değildir (Aydın ve Peker, 2018; 217).

Ülkemizde petrolün %65’i ulaşım sektöründe kullanılmaktadır. Petrolün %11’i sanayide, %7’si tarımda ve hayvancılıkta, %5’i petrokimya sektöründe, %2’si konutlarda ve %10’u enerji dışı sektörlerde kullanılmaktadır (Aydın ve Peker, 2018; 233).

Türkiye 2015 yılında 40 milyon tona yakın petrol ve ham petrol ürünlerini ithal etmiş ve ithal edilen petrolün %63’ü de ham petroldür. Ham petrolün tümü Türkiye’deki rafinerilerde işlenmektedir. İthalatın yarısından fazlası Rusya, İran ve Irak’tan yapılmaktadır. Türkiye 2015 de 11 milyon tona yakın petrol ürünü ihraç etmiştir. İhraç edilen en fazla ürün denizcilik ve hayvancılık yakıtları ile benzindir. Türkiye 2015 yılında 130’dan fazla ülkeye petrol ürünü ihraç etmiştir. İhracatın %45’i beş ülkeye yapılmıştır. Bunlar Birleşik Arap Emirlikleri, Mısır, Malta, Almanya ve İspanya’dır (WEC, 2016; 61).

Petrol, enerji piyasasının ticaretinde önemli bir yer tutmaktadır. Petrol fiyatları belirleyen petrolün arz ve talebi arasındaki orandır. Petrol fiyatındaki yükselmeler ithalat yapan ülkelerin ekonomisinde yavaşlamaya neden olmaktadır. Fiyatların düşmesiyle üreticiler petrol üretiminin azaltılması yolunu tercih etmektedirler. Uzun süre bu durumun devam etmesi ekonomik, sosyal ve siyasal risklerin artmasına neden olabilmektedir.

Enerji ithalatında önemli bir yere sahip olan petrol, Türkiye'nin cari açığında etken bir rol oynamaktadır. Örneğin, Türkiye'de varil başına petrolün 1 dolar azalması veya artması, cari açıkta takriben 200 milyon dolar azalışa veya artışa sebep olmaktadır. Dünyada kısa dönemde petrol talebi fiyatlara göre değişiklik göstermektedir. Uzun dönemde ise, devamlı ve istikrarlı artan talebe karşın, petrol fiyatlarının düzenli olmadığı görülmektedir (Makina Mühendisliği Odası, 2018;228).

2016 yılı sonunda, 2015 yılına göre Türkiye'nin toplam petrol ürünleri ithalatı %1,1 oranında artış göstererek 40 milyon tonun üzerinde gerçekleşmiştir. Petrol ürünlerinin ithalatı 2017 yılının ilk 9 ayında 32 milyon tonu aşmıştır.

### **3.1.2. Türkiye'de Doğal Gaz**

İlk doğal gaz keşfi 1970 senesinde Kumrular ve Hamitabat sahalarında yapılmış ve ticari anlamda ilk doğal gaz satışı 1976 senesinde gerçekleştirilmiştir (<http://www.tpao.gov.tr>). Türkiye'de bölgesel açıdan altyapı eksikliğinden ve pazarın yeteri kadar gelişmemesinden dolayı doğal gazın kullanım alanı sınırlı kalmıştır. 1987'de doğal gazda ithalat başlamış ve ithalat yıllar geçtikçe artış göstermiştir ve giderek kullanımı yaygınlaşmıştır (Atalay, 2003; 5).

Türkiye'nin elektrik üretiminde doğal gaz en önemli kaynaklardandır. Türkiye doğal gazın %99'unu ithal etmektedir. Doğal gaz enerji talebinde dışa bağımlılık oranını önemli ölçüde etkilemektedir. Doğal gaza olan talebin giderek artması buna paralel olarak ithalat hacmini de büyütmektedir. İç piyasa takribî 48,4 bcm doğal gazı 2015 senesinde ithal etmiştir. 2005-2014 yılları arasındaki doğal gaz ithalatının senelik büyümesi %6,2'dir. Dünya doğal gaz rezervinin 30 trilyon metreküpü (%16) Asya Pasifik ve Afrika ülkelerinde, 54 trilyon metreküpü (%29) Rusya ve Bağımsız Devletler Topluluğu ülkelerinde ve en büyük rezervde 80 trilyon metreküp (%43) ile Orta Doğu'da bulunmaktadır (WEC, 2016; 46).

Türkiye'de doğal gazın tüketimi, kentleşmeye ve sanayileşmeye dayanan ekonomik gelişmelere bağlı olarak artmaktadır. Nüfusa ilişkin büyüme tahminleri, doğal gaz tüketiminin daha da artması potansiyeli olduğunu göstermektedir. Doğal gazın Türkiye toplam enerji tüketimi içindeki payı %33 seviyelerindedir. Elektrik üretimi, sanayi ve ısıtma doğal gaz talebini oluşturan bölümlerdir (WEC, 2016; 45).



İthalat, ihracat, tüketim ve üretim rakamları açısından 2016 ve 2017 yıllarının ilk 9 aylık dönemi karşılaştırıldığında, ithalatta %20,33'lük bir artış olduğu görülmektedir. Tüketim değerleri %17,67 artış gösterirken üretimde %3,8'lik, ihracattaysa %9,6'lık bir tökezleme gerçekleşmiştir. Doğal gaz ile 2016 yılında üretilen elektrik için kurulu güç 22.156 MW ile %28,2'lik paya sahipken 2017 yılı Ekim sonundaki verilere göre kurulu güç 23.259 MW ve %28,3'lük paya yükselmiştir. Doğal gazın, iklim koşulları sebebiyle elektrik üretimdeki hissesi 2017 yılının son çeyreğinde önemli oranda artış göstermiştir (KPMG, 2018; 9).

### 3.1.3. Türkiye'de Kömür

1829'da Uzun Mehmet'in taş kömürünü bulmasıyla Türkiye'de ilk taş kömürü madenciliği başlamıştır. 1848 yılında ilkel yöntemlerle 40-50 bin ton civarında ilk kömür üretimi yapılmıştır (<http://www.tki.gov.tr/depo/file/YazBilMet.pdf>).

Türkiye'deki 2014 yılında kanıtlanmış kömür rezervi 16,9 milyar tona yaklaşmıştır. Kömür tüketimi ise 95,9 milyon tondur. Yerli üretimde taş kömüründe 1,8 milyon ton üretimi yapılmış olup linyitte bu oran 62,6 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Taş kömürünün 29,8 milyon tonluk kısmı ithal edildiğinden ithalat egemen bir taş kömürü piyasası oluşmuştur. Taş kömürünün tedarikinin %94'ü ithalattan karşılanmaktadır. Kömür tüketiminin %81'i enerji ve dönüştürme sektöründe kullanılmaktadır. Bunun yanında %10'luk kısmı mesken ve hizmet sektöründe, %9 ise sanayide kullanılmaktadır. (WEC, 2016; 54). Kömür ithalatçısı olarak en önemli ülkelerin başında ABD, Rusya, Güney Afrika ve Kolombiya gelmektedir. Ülkemiz Taş kömürü %90'ından fazlasını bu ülkelere ithal edilmektedir.

Türkiye linyit rezerv bakımından önemli bir konumda bulunmaktadır. 2004-2015 yılları arasında linyitte ulaşılan rezervler dönem başında 9,3 milyar ton iken dönem sonu 15,5 milyar tona kadar artış göstermiştir. Bu rakamlar %4,4'lük senelik bileşik büyüme oranına denk gelmektedir. Bu oran Dünyadaki linyit rezervleri toplamının %4,1'ine denk gelmektedir (WEC, 2016; 55).

Enerji değeri düşük olmasından dolayı linyit genel olarak maden ocaklarının ağızlarında kullanılmaktadır. Kömür ticareti içerisinde de önem derecesi düşüktür (WEC, 2016; 56).

Türkiye'de işletilen 38 Linyit Yakıtlı Termik Santral ve Kömür Santrallerinin kurulu güç toplamı 17.322,30 MW'tır. 2015 yılsonu itibariyle bir önceki yıla oranla kömür santrallerinin kurulu gücü 722 MW'tan 15.493 MW düzeyine yükselmiştir. İthal edilen kömüre dayalı kurulu güç 6.064 MW (%8,3) iken yerli kömüre dayalı toplam kurulu güç ise 9.428 MW (%12,9) şeklindedir. Kömüre tabi santrallerden elektrik üretiminin çoğul üretim içindeki payı 2015 yılında %28,5 düzeyindedir (Kocaman ve Kocaman, 2017;15).

2016 yılında taşkömürü arzının %48,5'lik oranı elektrik üretiminde kullanılmış ve %17,8'lik kısmı ise ısınmada kullanılmıştır. %15,3'lük kısmı Kok fabrikalarında ve %16,1'i ise sanayide kullanılmaktadır. Elektrik santrallerinde taş kömürünün tüketimi giderek artmaktadır. 10 yıl öncesinde %20'lik bir payı varken 2016 yılı itibarıyla kömürü payı %50 seviyesine ulaşmıştır (Makina Mühendisliği Odası, 2018; 254).

2016 yılında toplam linyit arzı 67,9 milyon tondur. Isı üretimi ve elektrik üretiminde toplam linyitin %88,6'sı kullanılmıştır. %8,8'i Sanayi sektörlerinde, %4,9'u konut ile işyerlerinde kullanılmıştır. Linyitin ısı değeri kömüre oranla çok düşüktür (Makina Mühendisliği Odası, 2018; 255).

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, enerjinin üretimi amaçlı olarak 2023 yılına kadar taş kömürü ve yerel linyit rezervlerinin değerlendirilmesine yönelik çalışmalarını sürdürerek bu konuda özel sektöre çeşitli teşvikler sunmakta ve desteklemeyi planlamaktadır. Yeni keşfedilen kaynaklarla beraber Türkiye'de yerli kömür rezervinin 17 milyar tonun üzerinde olacağı düşünülmektedir (KPMG, 2018; 12).

#### **3.1.4. Türkiye'de Nükleer Enerji**

Türkiye'de 1950'li yıllarda nükleer enerji çalışmaları başlamıştır. Türkiye'de 1955 yılında 1.Cenevre konferansından sonrasında Atom Enerji Komisyonu (AEK) kurulmuştur (Yüksel, 2010). 1956 yılında İstanbul Üniversitesi ve İstanbul Teknik Üniversitesi tarafından reaktör komitesi kurulmuştur. 1957 yılında kurucu üye olarak Birleşmiş Milletler çatısı altında oluşturulan Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı'nda (UAEA) yer almıştır. 1958 yılında Reaktör Komitesi görevlerini AEK'ye devretmiş ve 1960 yılında da ilk araştırma reaktörü kurulmuştur (<http://www.taek.gov.tr>). 1965

yılında UAEA tarafından yapılan araştırmalar neticesinde Türkiye’de nükleer enerji santrali kurulmasının uygun olduğu tespit edilmiştir (<http://www.taek.gov.tr>).

Türkiye Elektrik Kurumu (TEK) 1970 yılında, TEK bünyesinde Nükleer Santraller Dairesi de 1972 yılında kurulmuştur. 1983-1984 yıllarında işletilmesi düşünülen nükleer santralin 600 MW güç kapasiteli olması planlanmıştır. Santralin kurulması düşünülen ilk bölge Kuzeybatı Anadolu’dur. Marmara ve Batı Karadeniz bölgesinde de uygun kurulum yerleri aranmıştır. Santral yerinin seçiminde güvenlik, teknik ve bilimsel faktörler incelenerek ilk santral yeri olarak 1974’de Akkuyu seçilmiştir (<http://www.enerji2023.org>).

Nükleer enerjinin ilk uygulamaları 7091 sayılı Kanun ile 1959’da radyoizotop üretiminin yasal çerçevesinin oluşturulmasıyla başlamıştır. Bu yasanın peşine yine 1959’da çıkartılan 7256 sayılı Kanun ve 1961’de çıkartılan 234 sayılı Kanunlar uygulamayla ilgili iyileştirici düzenlemeler getirmiştir. Tüm bu yasal süreçlerin nihayetinde, düzenin kurumsallaştırılması amacıyla, Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) son evre olarak 9 Temmuz 1982 yılında çıkartılan 2690 sayılı Kanun ile kurulmuştur (<http://www.dektmk.org.tr>).

Türkiye Mart 1980’de TBMM’de, Nükleer Silahların Yayılmasını nleme Antlaşması’nı (NPT) onaylayarak hem kendi ülkesine hem de diğer tüm ülkelere, nükleer silah yapmayacağına ve hatta nükleer silah yapmağa kalkışan ülkelere de bu konuda yardımda bulunmayacağına ilişkin vaatte bulunmuştur. Dahası Türkiye’nin mevcut ve kurulacak tüm nükleer tesisleri üzerinde IAEA’nın denetimini de UAEA ile 1981 yılında imzaladığı bir sözleşmeyle kabul etmiştir (<http://www.dektmk.org.tr>).

Nükleer Elektrik Santralleri Kurumu (NELSAK), zel hukuk hükümlerine tabi İktisadi Devlet Teşekkülü olarak Resmi Gazete’ de yayınlanan 166 Sayılı ve ‘‘Nükleer Elektrik Santralleri Kurumu Kuruluşu’’ hakkındaki Kanun Hükmünde Kararname ile 14 Kasım 1983’te kurulmuştur. NELSAK’ın amacı dünyadaki nükleer santrallerin gelişimini incelemek, nükleer enerji etüt ve projelerini yapmak, kurulma aşamasında ve işletme aşaması kadar gerekli tüm çalışmaları gerçekleştirmekti. Ancak, bu kuruluş belirttiği faaliyetleri gerçekleştirememiş kâğıt üzerinde kalmıştır (<http://www.enerji2023.org>).

Nükleer santral için fizibilite çalışmalarına, Türkiye’de ilk kez 1960’ların ortalarında başlanmıştır. Buna rağmen 1970-1971 yıllarında yaşanan sıkıntılı politik

ve ekonomik ortam bu planın hayata geçirilmesine engel olmuştur (Bilim ve Aydınlanma akademisi, 2018; 2).

İkinci girişim 1977 yılında açılan ihalenin sonucuna göre Türkiye Elektrik Kurumu (TEK) ile Asea Atom – Stal Laval – Spie Batignolles şirketler grubu arasında görüşmeler başlamıştır. Fakat sözleşme görüşmeleri çok uzun sürmüş ve bir karar alınamamıştır. 12 Eylül darbesi ile de ihale sonuçlandırılmamış ve nükleer santral çalışmaları sonuçsuz kalmıştır.

Üçüncü girişim ise 12 Eylül 1982 darbesinden sonra Cumhurbaşkanı tarafından 1983 yılında, Türkiye'nin muhtelif yerlerinde üç adet nükleer santral kurulması ve buna ilişkin ihale yapılmasına karar verilmiştir. Bu süreçteki ilk ihale TEK tarafından yapılmış ve yap-işlet-devret modeli ile santral yapılması öngörülmüştür ancak bu seferde finansman sorunları yüzünden ihale sonuçlandırılmamıştır. Görüşmelerin sonuçlandırılmaması ve o dönemde meydana gelen Çernobil kazasının da etkisiyle ihale iptal edilmiştir.

Dördüncü girişimde nükleer santral kurulumu için 1996 yılında Akkuyu sahası ihale yapılmıştır. Değerlendirme aşamasında ihalenin sonuçlarının açıklanması altı kez ertelenmiştir. Nükleer santral yapımı için elverişli koşullar oluşmadığı gerekçesiyle 2000 yılında Bakanlar Kurulu nükleer programların ertelenmesine karar vererek ihaleyi iptal etmiştir.

Beşinci girişim de diğer girişimler gibi başarısız olmuştur. Her ne kadar 8 Mayıs 2007 de meclis tarafından “Nükleer Güç Santrallerinin Kurulması ve İşletilmesi ile Enerji Satışına İlişkin Kanun Tasarısı” 8 Mayıs 2007 kabul edilmiş olsa da 2009 yılında Danıştay'ın yürütmeyi durdurma kararı ile bu girişimde sonuçsuz kalmıştır

Nükleer santral tesislerin güvenliği, projelerin hassaslığı ve emniyet gereksinimi ileri sürülerek yargı süreci, Sayıştay denetimleri ve de Kamu İhale Kurumu'nun mevzuatındaki engelleri aşmak için nükleer santral projelerini bu teknolojiye sahip devletlerle yapılan ikili anlaşmalar çerçevesinde yürütülmesi yoluna gidilmiştir (KPMG, 2017; 6).

Türkiye'nin gündeminde bulunan üç nükleer enerji projesi için yatırım tutarının 42 milyar dolar seviyesinde olması beklenmektedir (KPMG, 2017; 6).

Bunlardan birincisi için “Türkiye ile Rusya arasında Akkuyu Sahası'nda Bir Nükleer Güç Santralının Tesisine ve İşletimine Dair İşbirliğine İlişkin Anlaşma” 2010 yılında imzalanmıştır. İşletmeye başlanıldığında Türkiye'nin elektrik enerjisi ihtiyacının %9'a yakınının Akkuyu Nükleer Santrali'nden karşılayabileceği hesaplanmaktadır (KPMG, 2017; 6).

Akkuyu Nükleer Santrali, Rusya'da inşaatı devam eden Novovoronejskaya-2 santralının bir benzeri olacak ve her biri 1200 MW gücünde 4 reaktörden oluşacaktır. Santralin işletme ömrünün 60 yıl olacağı öngörülmüştür. Santralde kullanılacak donanımların çoğu Rusya'dan temin edilecek olup inşaat ve montaj işleri için tedarik Türkiye'den yapılacaktır (Bilim ve Aydınlanma akademisi, 2018; 4).

Uluslararası anlaşma ile ilk iki ünitenin üreteceği enerjinin %70'i, üçüncü ve dördüncü ünitenin üreteceği enerjinin %30'u Türkiye Elektrik Ticaret ve Taahhüt Anonim Şirketi (TETAŞ) tarafından, 15 yıllık bir satın alma anlaşması süresince KDV hariç 12,35 ABD senti/ kWh ortalama fiyattan satın alımı garanti altına alınmıştır. Kısaca şirket, üçüncü ve dördüncü ünitelerin inşasını, ilk iki ünitenin işletmesinden kazanılacak garantili finansman ile yapacaktır. Ülkemizde son zamanlarda sık tercih edilen ihale tiplerinden biri olan yolcu garantili havalimanları, hasta garantili hastaneler, araç garantili köprüler gibi nükleer santraller de elektrik alımı garantisi ile ihale edilmektedir (Bilim ve Aydınlanma akademisi, 2018; 4).

Kurulması planlanan ikinci nükleer santral, Japonya ile 2013 yılında imzalanan anlaşma çerçevesinde Sinop'ta kurulacaktır (Bilim ve Aydınlanma akademisi, 2018;3).

Üçüncü nükleer santral projesi için 2014 sonunda geliştirilmesine yönelik olarak Westinghouse EC ve SNPTC şirketleri ile EÜAŞ arasında anlaşma imzalanmıştır. Üçüncü nükleer santral kurulum yeri için yer tespit çalışmaları Kırklareli başta olmak üzere çeşitli mahallerde yapılmaktadır (KPMG, 2017; 6).

Türkiye ile Güney Kore, 1950'li yıllarda nükleer enerji alanında çalışmaya başlamıştır. Lakin bugün bakıldığında, Güney Kore 23. nükleer güç reaktörünü işletmeye başlamışken ülkemizde ilk nükleer santral projesine 2010 yılında başlanabilmiştir.

Akkuyu ve Sinop'ta kurulacak nükleer santraller tam kapasite ile işletildiğinde; Ülkemizin 16 milyar metreküp doğal gaz ithal etmeyeceği ve bu yüzden doğal gaz ithalatında yıllık 7,2 milyar dolar tasarrufta bulunacağı T.C. Enerji Bakanlığı Nükleer

Enerji Proje Uygulama Daire Başkanlığı'na hesaplanmıştır. Öyle ki sadece Akkuyu'da yapımı planlanan nükleer santral inşası bugün bitirilmiş olsaydı, Türkiye elektrik tüketim talebinin %17'sini karşılayacak ve ayrıyeten Sinop'ta yapımı planlanan nükleer santral de işletmede olsaydı, her iki santral Türkiye'nin elektrik tüketim talebinin %33'ünü karşılayabilirdi (Özalp, 2017; 183).

Nükleer santralleri yenilenebilir enerji santralleri ile karşılaştırıldığında çok az yer kaplamaktadır. Örneğin, 1000 MW Kurulu güce sahip bir nükleer santral 1 km<sup>2</sup> alan kaplarken benzer güçteki hidrolik santraller 2400 km<sup>2</sup>, rüzgâr santraller 600 km<sup>2</sup>, güneş santraller 500 km<sup>2</sup> ve biyokütle 6000 km<sup>2</sup> alan kaplamaktadır.

Nükleer enerji santrallerindeki sera gazı salınımı kömür, petrol ve doğal gaz gibi fosil yakıtlara göre nispeten daha azdır.

Nükleer Enerjinin çevresel bir negatif etki yaratmaması için üretimin güvenli ve kontrollü bir şekilde yapılması gerekmektedir. Nükleer enerji üretilmesinde ortaya çıkan radyoaktif maddelerin korunması ve saklanması konusunda tedbirlerin alınıp denetimli bir üretim yapılması önem arz etmektedir.

Nükleer Enerjinin hammaddesi uranyumdur ve toryumdur. Ancak günümüzde toryum ile çalışan bir nükleer santral bulunmamaktadır. Ülkemizde Nükleer enerji santral çalışmaları ile beraber uranyum sondaj çalışmaları da başlamıştır.

Geçmiş dönemlerdeki uranyum aramaları neticesinde Türkiye'de pilot laboratuvar çalışmaları yapılmıştır. Teknolojik tetkikler neticesinde ulaşılan uranyum cevherinden sarı pasta üretimi de gerçekleştirilebilmiştir. Köprübaşı (Manisa) cevherlerinde Maden Teknik Arama (MTA) tarafından 1974 yılında kurulan pilot işletmeler, 1974-1982 yılları arasında faaliyet göstermiş olup işletmelerde Köprübaşı ve Fakılı (Uşak) sahasından çıkarılan uranyum cevherlerinden takribî 1200 kg sarı pasta üretilerek 1996 yılında TAEK'e teslim edilmiştir. 2017 yılı itibariyle Ülkemizde toplam 12.614 ton uranyum rezervi olduğu tespit edilmiştir. Nevşehir-Avanos-Yeşilöz sahalarında MTA tarafından uranyum arama çalışmalarına devam edilmektedir (Eroğlu ve Şahiner, 2017; 13).

MTA tarafından Ülkemizin toryum rezervinin tespiti için yapılan araştırmalar neticesinde, Eskişehir ili, Sivrihisar ilçesinin kuzeybatısında, Kızılcaören, Karkın ve Okçu Köyleri arasında bulunan 15 km<sup>2</sup>'lik bir alanda, toryumun haricinde ender toprak elementleri, barit ve fluorit barındıran karmaşık içerikli yataklara rastlanmıştır. 1977

yılında düzenlenen araştırma sonucuna göre bölgedeki cevherin ortalama tenörü % 0,21 ThO<sub>2</sub>, toplam rezervin ise takribî 374.000 ton ThO<sub>2</sub> olduğu hesaplanmıştır. Bölgedeki toryum, torobastnazit ve monazit minerallerinin kafes yapısında bulunmaktadır. Yatağın ortalama tenörü % 0,2 olup tenör bazı örneklerde % 3'e kadar çıkabilmektedir. Bu bölge dışında toryum yatakları tespit edilen Diyarbakır, Sivas, Kayseri-Felâhiye, Burdur-Çanaklı ve Malatya-Hekimhan-Kuluncak sahalarında ayrıntılı araştırmaların yapılması neticesinde, Türkiye'nin toryum rezervinin artacağı öngörülmektedir.

Türkiye, dünyanın en fazla toryum rezervine sahip ülkesi konumundadır. Teknolojik gelişmeler ile nükleer enerjide toryumun aktif olarak kullanılması Türkiye'yi ekonomik olarak dünya ülkeleri ile yarışır duruma getirecektir. Sonuç olarak da dünya ülkeleri ile toryumda rekabet etme gücü söz konusu olabilecektir (Eroğlu ve Şahiner, 2017; 21-22).

### **3.2. Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları**

Türkiye'nin enerji ihtiyacının önemli bölümü fosil yakıtlardan karşılanmaktadır. Artan nüfus ve şehirleşmesindeki artışla birlikte enerji talebinde de paralel bir artış gerçekleşmektedir. Enerji ihtiyacımızın sadece ortalama %28'lik kısmı yerli kaynaklardan karşılanmaktadır. Geri kalan %72'lik oranda enerjide dışa bağımlıdır. Üretimde kullanılan enerjide büyük oranda dışa bağımlı olduğundan fosil yakıt taleplerinin azaltılarak yenilenebilir enerji politikalarının geliştirilmesi gerekmektedir.

Türkiye, rüzgâr, güneş, jeotermal ve hidrolik enerjide birçok ülkeye nazaran daha üstün durumdadır. Ülkemiz uzun yıllar sahip olduğu bu avantajı kendi ekonomik çıkarlarına uygun bir biçimde kullanamamıştır. Türkiye elektrik ihtiyacının karşılanmasında daha çok termik ve hidrolik kaynaklara başvururken, rüzgâr, güneş ve jeotermal gibi kaynaklar görece daha az kullanılmaktadır (Bayraktar ve Kaya, 2016; 10).

Türkiye'de yenilenebilir kaynakların kurulu güç kapasitesi içindeki payı son 10 yılda önemli derecede artmıştır. Şubat 2019 başında Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın yayımladığı verilere göre, geçen yılın ocak ayında hidrolik enerjiden üretilen elektriğin payı yüzde 17,03 olarak hesaplanırken bu yıl bu oran %30

seviyelerine yükselmiştir. Rüzgârın enerjisinden elde edilen elektriğin üretimindeki payı %7,21'den %8,40'a yükselmiştir. Güneş enerjisinin payı %0,99'dan %1,52 seviyelerine çıkmıştır. Jeotermal kaynaklardan elde edilen elektrik üretiminin payı %2,48'den % 2,96'ya yükselmiştir. Buna karşın üretimdeki payları, örneğin doğal gazın aksine kapasitedeki payının altında, yüzde 32,4 seviyesinde seyretmektedir (KPMG, Sektörel Bakış, 2019; 16).

### 3.2.1. Türkiye'de Hidrolik Enerji

Türkiye'de yıllık ortalama yağış miktarı takribî 574 mm olup, bu da yılda ortalama 450 milyar m<sup>3</sup> suya tekabül etmektedir. Yerüstü su potansiyeli yıllık ortalama toplam 94 milyar m<sup>3</sup>, yeraltı su potansiyeli de 18 milyar m<sup>3</sup> olarak belirlenmiş olup Ülkemizin tüketilebilir yerüstü ve yeraltı su potansiyeli yıllık ortalama toplam 112 milyar m<sup>3</sup>'tür. Kullanılabilen miktarsa 54 milyar m<sup>3</sup>'tür. (Yılmaz, 2018; 309-310).

1000 m'den yüksek alanların toplam yüzeyin %55,5'ini kapladığı Türkiye'nin ortalama yükseltisi 1131 m'dir. Ülkemiz topraklarının %64'ünün eğimi %12'nin üstünde olması dışında akarsu eğimleri de yüksektir. İşte bu gibi durumlar, Ülkemize hidroelektrik enerji üretimi açısından, çevre ülkelerine karşı üstünlük oluşturmaktadır. Çevre, işletme ve stratejik açılardan da üstünlüğü bulunan hidroelektrik enerji santrallerinin yerli kaynak kullanma gibi ayrıca önemli bir üstünlüğü de vardır (<http://www.oryaenerji.com.tr>).

Türkiye hidrolik enerjide yerli kaynak kullanımında avantajlı durumda olsa da potansiyel enerji ülkemizde eşit dağılmamıştır. 2005 senesinde üretilen hidroelektrik enerjinin %47'si Atatürk, Karakaya ve Keban barajlarındandır. (<http://www.oryaenerji.com.tr>).

Hidroelektrik santraller çevreye daha uyumlu olarak gözlenmekle beraber çevreye daha az zarar verdiği için tercih edilmektedir. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, hidroelektrik santralleri yenilenebilir, temiz, çevreye uyumlu, yakıt gideri olmayan, yüksek verimli, ani talepleri karşılayabilen, yatırımı geri ödeme süresi kısa, işletme gideri çok düşük, dışa bağımlı olmayan, uzun ömürlü, enerji fiyatlarında sigorta rolü üstlenen yerli bir kaynak olarak nitelendirmektedir (Yaman ve Haşıl, 2018; 148).



Hidrolik kaynaklarımız yenilenebilir enerji kaynaklarımız içerisinde en önemli potansiyele sahiptir. 2017 yılında Hidroelektrik santrallerden 58,2 milyar kWh elektrik üretilmiştir. Türkiye’de kurulu bulunan 636 adet Hidroelektrik santrali (HES), 2018 Haziran ayının sonu itibarıyla 27.912 MW'lık kurulu güce sahiptir (<https://enerji.gov.tr>).

Akarsu ve baraj tipi santrallerden gelen 2016 yılındaki toplam hidroelektrik enerjisinin üretimi %34, 2017 yılında ise %33 olarak gerçekleşmiştir (KPMG, Sektör Raporu, 2018; 10).

Hidroelektrik santralleri, üzerine kuruldukları suyun düşü yüksekliğine, suyun özelliğine, santral kapasitesine, baraj yapım malzemesine, üretilen enerjinin karakter ve değerine ve santral yapım yerine göre çeşitlere ayrılmaktadır. Üzerine kuruldukları suyun özelliğine göre çeşitleri şunlardır (<http://hidroelektrik-santrali.nedir.org>):

- Akarsu Tipi (Barajsız) Hidroelektrik Santraller
- Depo Tipi (Barajlı) Hidroelektrik Santraller
- Depresiyon Hidroelektrik Santraller
- Med-Cezir (Gel-Git) Hidroelektrik Santraller

Hidroelektrik santrallerinin bir veya birden fazla türbin-jeneratör ünitesine sahip olup toplam kurulu gücü 10 MW’tan küçük santrallere, küçük hidroelektrik santraller denilmektedir. Küçük hidroelektrik santralleri farklı çeşitleri bulunmaktadır. Çeşitli ülkelerde de farklı sınıflandırma sistemleri kullanılmaktadır. Sınıflandırmada şu kıstaslar göz önüne alınabilir (Gökdemir ve Diğerleri, 2012; 21;)

- Su ekonomisi açısından sınıflandırma
- Enerji ekonomisi açısından sınıflandırma
- Teknik özellikleri açısından sınıflandırma
- Topoğrafik durum açısından sınıflandırma

Küçük hidroelektrik santrallerin sınıflandırması, Ülkemizde santralin kurulu gücü temel alınarak yapılmaktadır. Küçük HES’lerin kurulu güç sınırları ülkeden ülkeye değişebilmektedir. Kanada ve ABD’de KHES üst sınırı 50 MW’tır. Avrupa’da yenilenebilir enerji teşviklerinden yararlanılabilmesi için KHES büyüklüğünün 10 MW’a kadar olması gerekir. Bununla beraber bazı AB ülkelerinde KHES kapasitesi; Polonya’da 5 MW Litvanya’da 2 MW, Estonya’da 1 MW ve altı kabul edilir (<https://acikders.ankara.edu.tr>). Ülkemizdeki hidroelektrik santralleri, Birleşmiş

Milletler Endüstriyi Geliştirme Organizasyonu (United Nations Industrial Development Organisation) tarafından düzenlenmiş olan sınıflandırma sistemini benimsemiştir. Buna göre;

- 1001-10000 KW güçleri arasında olanlar küçük,
- 101-1000 KW güçleri arasında olanlar mini,
- 100 KW gücün altında olanlarsa mikro HES olarak kabul edilmiştir.

Ülkemizde HES kavramı genel olarak elektrik enerjisi üretmek kastıyla kurulan nehir tipi işletmeler için kullanılmaktadır. Barajlar da HES'ler gibi nehirler üzerine kurulan yapılardır. Lakin HES ve baraj arasında bazı farklılıklar bulunmaktadır. Bu farklar şunlardır (<https://www.wwf.org.tr>);

- HES'lerde baraj yapılarında olduğu gibi bir biriktirme alanı bulunmamaktadır.
- HES'lerin kurulum amacı sadece elektrik üretmektir. Barajlar ise elektrik üretimi dışında içme suyu, sulama ve taşkın önleme amacı için de kurulmaktadır.
- HES'lerdeki elektrik üretimi yağışlara ve nehirsın akışına göre verim almaktadır. Kurak mevsimlerde elektrik enerjisinin hiç üretilmeme riski bulunmaktadır. Barajlarda ise biriktirme yaptığından hava şartlarından etkilenmeden elektrik üretiminde aksama yapmadan çalışabilmektedir (<https://www.wwf.org.tr>).

HES'lerin küçük tipte santraller olduğundan neredeyse tüm nehirlerle uygulanması mümkündür. Kurulduğu bölgelerde ekonomik, sosyal ve çevresel etkileri bulunmaktadır. Kurulduğu bölgede istihdam sağlamaktadır. Ancak çevresel olarak doğayı negatif yönde etkileyeceği düşüncesi mevcuttur. Karbon salımı oluşturmayan HES'ler yerli üretimin artmasına ve dışarıdan daha az enerji ithal edilmesine imkân sağlayacaktır. Bugün bu santrallerden üretilen enerji ile ithal edilen doğal gazın 11 milyar TL tutarındaki kısmı karşılanabilmektedir.

HES'ler elektriğin yeterli olmadığı az gelişmiş sanayinin olduğu bölgelerde, elektrik üretimi faaliyeti göstermesiyle istihdam fırsatları ortaya çıkmaktadır. 2003 yılında yürürlüğe konulan "Su Kullanım Hakkı Anlaşması" çerçevesinde özel sektörün enerji yatırımlarında önünün açılmasıyla birlikte Türkiye'de çok sayıda HES inşa edilmiştir (Bülbül ve Çokluk, 2017; 96). Su Kullanım Hakkı Anlaşması ile HES kuran

şirketler doğal hayatın idamesini sağlayacak miktarda suyu dere yatağına bırakmakla yükümlüdür. Yönetmelikte, dere yatağına bırakılacak can suyu miktarı, HES projesine esas alınan derenin son on yıllık ortalama akışının en az %10'u" olarak saptanmıştır. Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) sürecinde çevrebilimle ilgili ihtiyaçları tespit ederek bu miktarın arttırılıp arttırılmaması gereği ise şirketlerin inisiyatifine bırakılmıştır (<https://www.wwf.org.tr>).

HES'lerin sağlamış olduğu çevresel, ekonomik ve sosyal faydalarının yanında uygulama ve tesis edilmesi aşamasında oluşabilecek zararların da minimum seviyede olması gerekmektedir. Bu şekilde HES'ler sürdürülebilir bir enerji olarak tüm çevrelerce kabul görebilecektir. HES'lerin bir döngü oluşturabilmesi için kuruldukları yerdeki ekosisteme zarar vermemeli ve ekosistemi tüketmemelidir. Özelliklerle nehir tipi olarak bildiğimiz barajsız küçük hidroelektrik santrallerin kurulum aşamasında ve çalışma aşamasında denetimlerinin eksiksiz ve kontrollü bir şekilde yapılması önemlidir.

HES Projelerinin kurulumu aşamasında Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) yapılmaktadır. ÇED sürecinin amacı, yatırım faaliyetinin yol açabileceği tüm olumsuz çevresel etkilerin önceden tespit edilip gerekli tedbirlerin alınmasını sağlamaktır. HES projelerinin de nehir ekosistemleri üzerindeki olumsuz etkilerinin tespit edilmesi, önlenmesi, en aza indirilmesi veya bertaraf edilmesi için ÇED raporlarının hazırlanması ve uygulanması gerekmektedir (WWF, 2013; 8).

2005 yılında yenilenebilir Enerji Kanunu (YEK) ile HES projelerinde ÇED raporu zorunluluğu getirilmiştir. Daha önce kurulu gücü 25 MW ve üzeri olan nehir tipi santraller için ÇED raporunu hazırlanması koşulu, yeni düzenlemeyle kurulu gücü 10 MW ve üzeri olan hidroelektrik santraller için zorunlu hale gelmiştir. (Resmi Gazete, 2014;EK-1). Ancak 10 MW'ın altındaki HES'ler için ÇED zorunluluğu bulunmaktadır. Kurulu gücü 1-10 MW arasında olan HES'ler için seçme/eleme kısıtları uygulanmakta olup gerekli görülmesi durumunda ÇED süreci başlatılmaktadır (Resmi Gazete, 2014; EK-2).

Hidroelektrik santrallerinde üretilen elektriğin taşınabilmesi için iletim hatlarının kurulması gerekmektedir. Bu hatlar kurulurken çevrenin en az zarar göreceği şekilde inşaların yapılması önemlidir. ÇED raporu, iletim hatlarının kurulmasına yönelik nasıl bir sürecin işleme gerektirdiğini içermemektedir

Hidroelektrik yatırımlarının çevresel, sosyal ve ekonomik etkilerinin boyutu, enerji üretimi faydasının üzerine çıktığında, sürdürülebilirlikten söz etmek mümkün değildir. Başka bir ifadeyle, “yenilenebilir” her zaman “sürdürülebilir” değildir. HES inşaatları için bırakılan can suyu uygulaması nehirleri korumak ve çevre bilimle ilgili hizmetleri desteklemek için yeterli değildir. Can suyu uygulamasının yanında “Çevresel Akış” adı verilen uygulamaların da tercih edilip hayata geçirilmesi sürdürülebilirlik açısından pozitif bir etki yaratacaktır. Çevresel akışların en önemli özelliği, su kalitesi, balıkların yumurtlama ve göç koşullarının sürekliliğinin sağlanması, sediman taşınımı, yer altı sularının beslenmesi ve sulak alanların gereksinim duyduğu dönemsel su baskını gibi akış rejimlerinin farklı yönlerini göz önüne almasıdır (<https://www.wwf.org.tr>).

Çevresel akış ya da can suyu, bir hidrolik yapının akarsu ağı ve ilişkili ekosistemin korunması için gerekli olan su miktarını ifade etmektedir (Bayarı, 2007).

Çevresel akışın olması gerekenden düşük seyretmesi özellikle kırsal alanda oluşan atık sular için altyapının yetersiz olmasından dolayı atık sular dere yataklarına yönlendirilmektedir. Suyun akışının düşük olmasından dolayı da atık suların uzaklaştırılması sorun oluşturmaktadır. Bu da çevre kirliliğine neden olmaktadır. Can suyu oranı belirlenirken ekosistemde yaşayan canlıların su kullanım haklarının da suiistimal edilmemesi gerekmektedir (Karakoyun ve Yumurtacı; 14-15).

### 3.2.2. Türkiye’de Rüzgâr Enerjisi

Rüzgâr potansiyeli açısından zengin ülkelerden biri Türkiye’dir. Dağlık alanlar, açık araziler ve kıyı alanları rüzgâr potansiyelinin yüksek olduğu yerlerdir. Türkiye’de rüzgâr enerjisi üretim potansiyeli tespiti için 1990’lı yıllardan itibaren çeşitli ölçüm tabanlı çalışmalar yapılmaktadır. Türkiye’nin batı kıyılarında yüksek rüzgâr potansiyeli vardır. Marmara kenarlarında ve Antakya’nın küçük bir bölümünde en yüksek rüzgâr hızı ölçülmüştür. Yüksek rüzgâr enerjisine sahip bölgelerin tespitinde kıstas olarak deniz seviyesinin 50 m üstü alınmış olup yapılan ölçümlerde Marmara, Doğu Anadolu ve Ege Bölgeleri yüksek potansiyeli ile öne çıkmıştır. Türkiye’nin yıllık rüzgâr hızı ortalama 2.58 (m/s) ve yıllık rüzgâr yoğunluğu ortalama 25.82 (W/ m<sup>2</sup>) olarak ölçülmektedir (Bayraktar ve Kaya, 2016; 12).

1986 yılında 55 kW yazılı güçle Çeşme Altinyunus Tesisleri'nde kurulan rüzgâr türbininden Türkiye'nin ilk rüzgâr elektriği elde edilmiştir. 21 Şubat 1998 tarihinde Çeşme ilçesi Germiyan Köyü'nde Uluslararası seviyede ilk rüzgâr elektriği üretimi yapılmıştır. Alaçatı' da bulunan ARES adlı rüzgâr çiftliği 12 adet rüzgâr türbininden ibaret olup 28 Kasım 1998 tarihinde Yap-İşlet-Devret modeliyle işletilmeye başlanılan ilk rüzgâr enerjisi işletmesidir. Yap İşlet Devret modeliyle kurulmuş ve Türkiye'de döneminin en büyük rüzgâr enerji santrali olan BORES (Bozcaada Rüzgâr Enerji Santrali) 25 Temmuz 2000'de Bozcaada'da kurulmuş olup 10,2 MW gücündedir (Eniş;188). İstanbul Hadımköy'de, 2003 yılında Germiyan RES gibi kendi üretir lisansı ile kurulan, 2 adet türbine sahip ve her biri 600 kW gücünde olan Sunjüt rüzgâr santrali hala işletmededir. Bahsi geçen bu dört santral yenilenebilir enerjiye dair herhangi bir yasa yönetmelik olmadan kurulmuş ve işletilmiştir. 2005 yılında yenilenebilir Enerji Kanunu'nun çıkmasından sonra rüzgâr enerji santralinden üretilen elektriğe alım garantisi getirilmiş ve teknolojik ilerlemelerle beraber sektöre ilgi artmaya başlamıştır (Kısar, 2016; 26) .

RES'lerin Türkiye'deki bölgesel dağılımı: Marmara, Ege, Akdeniz, İç Anadolu, Güneydoğu Anadolu ve Karadeniz bölgeleridir. Doğu Anadolu Bölgesindeki verimlilik düşük olduğundan bölgede RES yer almamaktadır. İl bazında incelendiğinde İzmir en çok RES'in bulunduğu şehrimizdir. Sonrasında Balıkesir, Manisa ve Hatay gibi iller takip etmektedir. İşletme halinde toplam 28 ilde RES (Rüzgâr Enerjisi Santrali) vardır (<http://ekolojist.net>).

2023 hedefleri ve 21 Mayıs 2009 tarihli Elektrik Enerjisi Piyasası ve Arz Güvenliği Strateji Belgesi kapsamında, rüzgâr enerjisinden elde edilecek elektrik gücünün 20.000 MW'a çıkarılması hedeflenmektedir. Bu yönde çıkarılan mevzuat düzenlemeleri ile elektrik üretimi için yenilenebilir kaynakları kullanan santrallere destekleme mekanizması kurulmuş olup bu yönde özel sektördeki yatırımcılar da teşvik edilmektedir (Kısar, 2016; 26).

2016 yılsonu itibariyle Türkiye'de işletmedeki lisanslı RES'lerin kurulu gücü 5.738 MW iken bu sayı 2017 yılı Ekim sonunda 6.353 MW olarak belirlenmiştir. Türkiye'deki rüzgâr enerjisi potansiyeli yaklaşık 48.000 MW olup bu potansiyel güce karşılık gelen alanın, Türkiye yüz ölçümüne oranı % 1,3'tür. Rüzgâr enerjisini randımanlı kullanmak açısından bu oranlar son derece üstün bir coğrafyayı işaret

etmektedir (KPMG, 2018; 13).

2018 yılında işletmedeki RES'lerin toplam kurulu gücü 7.005 MW'tır. Yine 2018 yılında RES'lerden 19,882 milyar kWh elektrik enerjisi üretilmiştir. Dünyadaki kurulu güç açısından bakacak olursak, ABD, Almanya, Çin, İspanya, Hindistan ilk beş sıradaki ülkelerdir. 2017 yılı sonunda Küresel Rüzgâr Enerjisi Konseyi'nin (GWEC – Global Wind Energy Council) yayınladığı raporda, Çin'in 188,392 MW kurulu güç ile ülkesindeki elektrik ihtiyacının sadece % 4,8'ini RES'lerden karşıladığı belirtilmektedir. Almanya'nın yüzölçümü Türkiye'nin yarısı kadar olmasına ve Türkiye'ye nazaran rüzgâr enerjisi potansiyeli de %25-%30 daha az olmasına rağmen her yıl takribî 5.000 MW RES'i işletmeye almakta ve dünyada 3. sırada bulunmaktadır (<http://ekolojist.net>).

Türkiye'deki mevcut rüzgâr enerjisi santralleri karada kurulan (onshore) tiptedir. Dünyada deniz üzerinde (offshore) kurulan Rüzgâr enerji santralleri de mevcuttur. Danimarka offshore rüzgâr santralleri ile bilinen bir ülkedir. İlk deniz üstü RES'i 5 MW kurulu güçte ve Lolland Adası (Danimarka) yakınlarında kurulmuş Vindeby RES'idir (<https://www.yenienerji.com>). Danimarka, elektrik enerjisi ihtiyacının %140'ını RES'lerden karşılarken enerji fazlasını da Norveç, İsveç ve Almanya gibi yakınlarındaki ülkelere ihraç etmektedir (<http://ekolojist.net>).

### 3.2.3. Türkiye'de Güneş Enerjisi

Türkiye Kuzey Yarım Küre'de 36- 42° kuzey enlemleri ile 26- 45° doğu boylamları arasında bulunmaktadır. Ülkemizin bu mükemmel coğrafi konumu sayesinde sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli yüksektir. Ancak güneş enerjisinden faydalanma oranı düşüktür (Çanka Kılıç, 2015; 30).

Güneş enerjisi enerji kaynağı olarak ülkemizde ilk defa 1960'ların başlarında yatırımcılar ve üniversitelerde verilen tezler ile güneş enerjisi üzerine çalışmalarla başlamıştır.

1975 yılında İzmir'de Güneş enerjisi konusunda ilk ulusal kongre yapılmıştır. Yine 1975 yılında Orta Doğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ) çatısı altında ilk pasif güneş enerjisi uygulaması gerçekleştirilmiştir. Güneş enerjisi alanındaki çalışmalar yoğunlukla ODTÜ, İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ), Ege ve Yıldız Üniversiteleri tarafından kapsamlı biçimde yürütülmekle birlikte, Türkiye'deki tek Güneş Enerjisi

Enstitüsü 1978 yılında Ege Üniversitesi çatısı altında kurulmuş ve halen daha faaliyet göstermektedir. TÜBİTAK çatısı altındaki Marmara Bilimsel ve Endüstriyel Araştırma Enstitüsü (MBEAE) 1980'lerin sonlarından itibaren bu alandaki çalışmaları devlet destekli olarak yürütmektedir. Düşük sıcaklık uygulamaları ve Türk endüstrisinin ısı enerji ihtiyacının modellenmesi alanındaki Güneş enerjisi projeleri 1977-1985 yılları arasında büyük oranda MBEAE tarafından desteklemiştir. 1986 yılında yine TÜBİTAK çatısı altında kurulan Ankara Elektronik Araştırma ve Geliştirme Enstitüsü de güneş pillerinin üretimi ve tasarımı alanındaki çalışmaları desteklemektedir (<http://www.gunessistemleri.com>).

Türkiye'nin, güneşlenme süresi ve güneş radyasyonuna sahip alanı dikkate alındığında Avrupa'da İspanya ile beraber en yüksek güneş enerjisi potansiyeline haiz ülke durumundadır. Ülkemizde en verimli güneş enerjisi potansiyeline haiz bölgelerimiz, ortalama güneş radyasyonu 1.460 kWh/ m<sup>2</sup> ve güneşlenme süresi 2.993 saat olan Güneydoğu ve ortalama güneş radyasyonu 1.390 kWh/ m<sup>2</sup> ve ortalama güneşlenme süresi 2.956 saat olan Akdeniz'dir (WEC, 2016; 28).

Türkiye ortalama 7,5 saat günlük güneşlenme süresi ile Almanya'dan % 60 daha fazla güneş ışınlarından faydalanmaktadır. Fakat Türkiye'de 2015 yılı kurulu güç kapasite artışı değerlendirildiğinde Almanya'nın binde 6'sı kadar bir ilerleme kaydettiği görülmektedir (Karagöl ve Kavaz, 2017; 20).

Türkiye'nin güneş enerjisi ile elektrik üretim potansiyeli değerlendirildiğinde en az 500 bin MW olduğu öngörülmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında güneş, Türkiye'de en fazla enerji potansiyeline sahip kaynaktır. 2016 yılı itibarıyla elektrik enerjisinde toplam kurulu gücünün yaklaşık olarak 79 bin MW olduğu göz önüne alınmaktadır (Karagöl ve Kavaz, 2017; 21).

Güneş Enerji Santralleri temelde iki farklı yapı ile çalışmaktadır (<https://www.enerji.gov.tr/>);

- **Güneş Hücreleri**, Fotovoltaik (PV) güneş elektriği sistemleri de denilen güneş hücreleri, yarı iletken malzemelerden yapılmış olup güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine çevirirler.
- **Isıl Güneş Teknolojileri ve Odaklanmış Güneş Enerjisi (CSP)**, Güneş enerjisinden ısı elde edilen bu sistemlerde, ısı doğrudan kullanılacağı gibi elektrik üretiminde de kullanılabilir.

Isıl güneş enerjisi pazarında Türkiye güçlü durumda olup bunun tamamının resmiyette ölçülmesi güçtür. Kayıt dışı küçük üreticilerin bu ticaret alanındaki payının büyüklüğü hesapları etkilemektedir. 2015 yılı sonunda Türkiye'nin yıllık doğal gaz ihtiyacının yaklaşık %10'u, faaliyette bulunan 13,6 GWh'lik ve 19,4 milyon m<sup>2</sup> ısıtılabilir güneş enerjisi sistemlerine (kayıt dışılar dâhil) denk gelmektedir (Özgür, 2018; 357).

2010 yılından önce güneş enerjisi bina çatılarında termal güneş sistemleri olarak kurulmakta ve su ısıtma amacıyla kullanılmaktaydı. Gelişen teknolojiler ve enerjideki talebin artış göstermesi güneş enerjisinden elektrik üretimine doğru yönelim göstermiştir (Karagöl ve Kavaz, 2017; 22)

Türkiye'de güneş enerjisinde önemli bir adım olarak, fotovoltaik sistemlerin kullanımının yaygınlaştırmak amacıyla, gerekli olan 5346 sayılı "Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kanunu" 29.12.2010 yılında revize edilmiş ve 2013'te mevzuat çalışmaları tamamlanmıştır. Zamanla, kademeli olarak kapasite yükseltilmesi ve önümüzdeki yıllarda yaklaşık 3000 MW lisanslı PV (fotovoltaik) santral kurulu gücüne ulaşılması hedeflenmektedir. Ayrıca, başta kamu kuruluşlarında olmak üzere, küçük güçlerin karşılanması ve araştırma amaçları için kullanılan fotovoltaik güneş elektrikli sistemleri 3,5 MW kurulu güce ulaşmıştır (Kılıç, 2015; 30).

WWF'nin 2013 yılında yayımladığı Güneş Atlası raporunda, iyi planlandığında fotovoltaik güneş enerjisi teknolojilerinin doğa koruma öncelikleriyle çelişmeyeceğini ortaya koymaktadır. Güneş Atlası'nda, Türkiye'nin mevcut elektrik ihtiyacının tamamı, toplam 790 km<sup>2</sup>'lik bir alana yayılacak güneş panelleriyle teoride karşılanabileceğine değinmektedir. Belirtilen bu alan Türkiye'nin toplam yüzölçümünün binde 1'ine denk gelmektedir. Bu şekilde oluşturulabilecek fotovoltaik paneller teoride ülkemizin tüm elektrikliğini karşılayabilecektir (wwf raporu, 2014; 37).

Büyük ölçekli güneş enerjisi sistemleri, rüzgâr, kömür ve doğal gazla daha maliyetlidir. Ancak bu sistemlerin rekabet edebilirliğinin önümüzdeki 25 sene içerisinde önemli oranda artma potansiyeli vardır. Gelecek 10 sene içerisinde de güneş ve rüzgâr sistemleri ile kömür ve doğal gaz sistemleri arasındaki farkın büyük ölçüde kapanacağı tahmin edilmektedir (Zorlu Enerji, 51).

İşletmede bulunan 2018 yılından itibaren güneş enerjisi santral sayısı 5.868 adet, 4.981,2 MW'ı lisanssız, 81,8 MW da lisanslı olmak üzere toplamda ki kurulu



gücü 5.063 MW'a ulaşmıştır. Ülkemizdeki toplam elektrik üretimi içerisindeki payı 7.477,3 GWh ile %2,5'a yükselmiştir (<https://www.enerji.gov.tr>).

#### **3.2.4. Türkiye'nin Jeotermal Enerjisi**

Türkiye Alp-Himalaya kuşağı üstünde yer almaktadır. Bu kuşak dolayısıyla jeotermal potansiyeli yüksektir. Potansiyel oluşturan alanların % 78'i Batı Anadolu'da, % 9'u İç Anadolu'da, % 7'si Marmara Bölgesinde, % 5'i Doğu Anadolu'da ve % 1'i diğer bölgelerde yer almaktadır. Jeotermal kaynaklarımızın % 90'ı uygulamalar (ısıtma, termal turizm, mineral eldesi vs.) için % 10'u ise dolaylı uygulamalar (elektrik enerjisi üretimi) için kullanılmaktadır (<http://www.mta.gov.tr>).

Türkiye'de 1975 yılında MTA Genel Müdürlüğü tarafından kurulan ve 0,5 MW güce sahip Kızıldere Santrali ile jeotermal enerji kullanılarak ilk elektrik üretimi başlamıştır (<http://www.mta.gov.tr>). Ülkemizdeki jeotermal enerji potansiyelinin belirlenmesinde araştırmalar ve incelemeleri 1962 yılında Maden Tetkik ve Arama (MTA) Genel Müdürlüğü tarafından başlatılmıştır (Kaya, 2018; 383).

Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu, 2008 yılında yürürlüğe girmesiyle özel sektörü teşvik ederek jeotermal yatırım, arama ve geliştirme çalışmalarını desteklemiştir.

Jeotermal enerjiden elektrik üretiminde ilk sırada yer alan beş ülke ABD, Filipinler, Endonezya, Türkiye ve Yeni Zelanda'dır. Jeotermal enerjinin elektrik dışındaki doğrudan kullanımlarda ilk sırada yer alan beş ülke ilk beş ülke Çin, ABD, İsveç, Türkiye ve İzlanda'dır (KPMG, Sektör raporu, 2018; 14).

Jeotermal enerji üretim maliyeti diğer enerji kaynaklarına oranla daha düşük maliyetlidir. Maliyetler bütünleşmiş sistemler söz konusu olduğunda daha da düşmektedir (Koçak, 2005; 227).

Türkiye'deki jeotermal sahalar, yüksek oranlarda CO<sub>2</sub> içermektedir. Jeotermal akışkanda çözünmüş olarak bulunan CO<sub>2</sub>, üretim sonrası açığa çıkmakta ve çok büyük bir kısmı atmosfere bırakılmaktadır. Türkiye'de elektrik üretimi yapan jeotermal santrallerde açığa çıkan kondense olmayan gazların (NCG) miktarları, birim üretime göre salınan NCG miktarlarının kömürle çalışan termik santrallerden 2-3 kat daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum temiz ve çevreci olarak tanınan jeotermal kaynaklar için ciddi bir sorundur (Aksoy ve Diğerler, 2017; 170).

Jeotermal akışkanın üretilmesi ile açığa çıkan CO<sub>2</sub>'nin kullanımı ile ilgili iki alternatif çözüm proje aşamasında devam etmektedir. Bunlardan ilki üretilen CO<sub>2</sub>'nin rezervuara geri basılması, bir diğer alternatif çözüm ise mevcut JES tasarımına ilave bir sistem ile jeotermal akışkandan açığa çıkan CO<sub>2</sub>'den elektrik üretiminin gerçekleştirilebilmesidir. Sahip olduğu ısı enerjisini elektrik enerjisine dönüştürüldükten sonra soğuyan jeotermal akışkanın çevreyi kirletmemesi, rezervuar basınçlarının korunarak kaynağın sürdürülebilirliğinin devamı için reenjeksiyon yapılması zorunlu hale gelmiştir. Jeotermal akışkandan açığa çıkan CO<sub>2</sub>'nin rezervuara geri basılması halen proje aşamasında olup, uygulamaya geçilmemiştir. Ancak araştırmalar tamamlanıp uygulamalar gerçekleşirse, gerek uzun dönem rezervuar basınçlarının korunması, gerekse sıfır CO<sub>2</sub> salınımı sağlaması açısından önemli bir çözüm olarak görülmektedir. Bir diğer alternatif çözüm ise jeotermal akışkanın üretimi ile sistemden ayrıştırılan CO<sub>2</sub>'den elektrik üretilmesidir. Bu çözüm esas olarak jeotermal akışkandan ayrıştırılan yüksek sıcaklık ve basınçtaki CO<sub>2</sub>'den elektrik üretimine yönelik bir çözümdür. Farklı süreçler ile alternatif santral modelleri proje aşamasında bulunmakla birlikte, CO<sub>2</sub>'den elektrik üretimi gerçekleştikten sonra düşük sıcaklık ve basınca sahip CO<sub>2</sub>'nin yeniden atmosfere salınması söz konusu olmaktadır. Ya da farklı santral tasarımlarında türbinden çıkan düşük sıcaklıklı gazlar jeotermal enerji santralinin kondenserine aktarılmaktadır (Ateş ve Serpen, 2017; 90).

### **3.2.5. Türkiye'de Biyoenerji**

Biyokütle enerjisi yerli ve çevre dostu bir enerji kaynağıdır. Biyokütle enerjisini diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından ayıran en önemli fark kaynağını direk olarak çevreden almamasıdır. Biyokütle enerjisinin temelinde yetiştirme tekniği kullanılarak ve atıklardan oluşan yeni kaynakları kullanması vardır (Çelebi, 2017; 32).

Biyokütle enerjisinin diğer ayırıcı özelliği sürekliliğinin kesintiye uğramaması ve kolay depolanabilmesidir. Biyokütleden enerji elde edilirken atmosferde karbon artışına yol açmaz, çevre ile dosttur ayrıca yerli kaynaklardan üretilmesi bir diğer artısıdır (Çelebi, 2017; 33).

Türkiye, güneşlenme süresi, tarım arazisi potansiyeli, su kaynakları ve iklim koşulları gibi nitelikleri ile biyokütle üretimine uygun bir ülkedir. Türkiye'de geleneksel yönetime bağlı olarak biyokütle enerjisi ticari olmayan yakıt biçiminde

kullanılmaktadır. Ancak, son yıllarda giderek artan miktarlarda modern biyokütlenin kullanılmaya başlanması, yerel kalkınmanın sağlanması, istihdam yaratılması ve küresel ısınmanın azaltılması açılarından önemli bir gelişmedir. Türkiye için biyokütle enerjisi kullanımı, dışa olan enerji bağımlılığının azaltılmasının yanı sıra, tarımsal ve endüstriyel atıklardan kaynaklanan kirliliğin de önlenmesine yardımcı olmaktadır. Türkiye nüfusunun % 35'inin tarım sektöründe istihdam edilmesi, tarım alanlarının % 55,6'sının ekilebilir nitelikte olması ve % 15'inin ormanlarla kaplı olması sonucunda, 77 milyon tonluk tarımsal biyokütle potansiyeline sahiptir (Bayraç ve Özarslan, 2018; 4).

Biyokütle için kullanılacak materyalle; orman ve diğer ağaçlar, mısır ve buğday gibi tarımsal ürünlerin artıkları, her türlü ot, sucul bitki ve yosunlar, evlerden atılan meyve ve sebze atığı gibi tüm organik çöpler, hayvan dışkıları, gübre ve sanayi atıklarını sayılabilir. Biyokütle ya doğrudan yakılmakta ya da çeşitli süreçlerde biyokütlenin yakıt kalitesi artırılıp alternatif biyoyakıtlar olan biyogaz, çöp gazı, biyodizel, biyoetanol, sentetik yağ gibi kullanımı kolay enerji kaynakları üretilmektedir (Ertuğrul ve Güner, 1).

Türkiye'de 2000'li yıllarda biyokütle kaynaklarına dair enerji üretimine ilişkin incelemeler başlatılmış olup, Yenilenebilir Enerji Kanunu'nun yürürlüğe girmesi ve özel sektörün de dâhil olmasıyla hızlı bir gelişme göstermiştir (Deloitte, 2014; 12).

### **3.2.5.1. Biyogaz**

Çöpten biyogaz üretimi bazı sanayi tesisleri, belediyelerin atık su ve diğer tesislerinden biyogaz üretimi, Orman ve Su İşleri Bakanlığı tarafından Anadolu'nun farklı yörelerinde yürütülen gazifikasyon gösterim projeleri ve özel sektörde yürütülmekte olan sayıları az da olsa nitelikli biyogaz projelerinden oluşmaktadır (Kaplukan, 2014; 116).

Biyokütle enerji potansiyeli Türkiye'de yüksek de olsa halen hatırı sayılır proje bulunmamaktadır. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK)'ndan 2018 yılı sonunda üretim lisansı almış 122 biyokütle yakıtlı (çöp gazı, termik, biyogaz ve atık su) enerji santrali bulunmaktadır. Türkiye'de biyokütle enerjisinin çoğunluğunu çöp gazı projeleri oluşturmaktadır. Çöp gazı tesisleri, biyogaz kurulu gücünün %40'ını ve işletmedeki kurulu gücün %45'ini oluşturmaktadır. 2018 yılı sonu itibarıyla biyogaz

kurulu ve işletmedeki gücü %20 oranında olup artmaktadır. Atık su arıtma işletmeleri kaynaklı biyogaz santralleri kurulu gücü %2 ve işletmedeki gücü %3 gibi bir orandadır. Biyokütle enerjisi üretimi için çöp sahaları, Türkiye’de geçmiş yıllardan beri sık tercih edilen bir eğilim olmuştur. Atıklar, Türkiye’nin birçok şehrinde düzenli depolama sahalarına taşınmaktadır. Türkiye’deki biyogaz santrallerinin yaygın kaynağı hayvan dışkıdır. Endüstriyel hayvancılık ciddiyle takip edilmesi gereken bir atık sorunu yaratmaktadır. Şimdiye dek uygulanan dışkıların tarlaya gübre olarak yayılması yöntemi, çevresel tahribat oluşturmaya başlayınca, yalnızca gübre formunu almış pasif ürünlerin toprağa uygulanmasına yönelik yönetmelikler çıkarılmıştır (<https://www.enerjiportali.com>).

#### 5.2.5.2. Biyoetanol

Biyoetanol, içerisinde yeterli düzeyde glukoz bulunduran ya da glukozla dönüştürülebilen şekerlerin bulunduğu (nişasta, selüloz ve sukroz gibi) ham maddelerden üretilmektedir. Biyoetanol üretimindeki ham maddeler şu şekilde sıralanabilir (Sabancı ve Diğerleri; 7);

- Nişasta yoğun ham maddeler (örnek olarak arpa, mısır ve buğday),
- Sukroz yoğun ham maddeler (örnek olarak şeker kamışı, süpürge darısı şerbeti ve şeker pancarı),
- Lignoselulozik ham maddeler (örnek olarak çimen, odun ve saman)

Nişasta ve sukroz içeren ham maddelerden biyoetanol üretimi teknolojisi günümüzde aktif olarak kullanılmaktadır. Lignoselulozik içeren ham maddelerde ise biyoetanol üretimi teknolojik zaviyede tam anlamıyla uyarlanamamıştır. Günümüzde çoğunlukla üretilen biyoetanole “birinci kuşak biyoetanol” denilmektedir (Melikoğlu ve Albostan, 2011; 153).

1931 yılında ilk defa yakıt alkolü olarak gündeme gelmiştir. 2. Dünya Savaşı sırasında orduda % 20 oranında biyo-etanol karıştırılarak yakıt kullanılmıştır. (Kaplukan, 2014; 114). Biyodizelle ilgili ilk çalışmalar Atatürk tarafından, 1934 yılında “Bitkisel Yağların Tarım Traktörlerinde Yakıt Olarak Kullanımı” adı altında Atatürk Orman Çiftliği’nde yaptırılmıştır. Dünyada giderek yaygınlaşan biyoyakıt enerjisinden ülkemizde de çalışmalar başlamış ve başta biyodizel olmak üzere, 2000’li yılların başında çalışmalar hız kazanmıştır. 2001 yılında Sanayi ve Ticaret Bakanlığı

tarafından Biyodizel Çalışma Grubu'nun kurulması biyodizelle ilgili çalışmaların yasal sürecinin de başlamasıyla devam etmiştir (Sabancı ve Diğerleri, 12).

Biyometanol, araçlarda hem benzine alternatif olarak hem de benzinle farklı oranlarda karıştırılarak kullanılabilir. Türkiye'de ilgili mevzuata göre %5'e kadar benzinle karıştırılabilir. Lakin Özel Tüketim Vergisi (ÖTV) avantajı yalnızca %2'lik katımlara uygulandığından, en fazla %2 katım yapılmaktadır. Araçlarda hiçbir modifikasyona gerek duyulmadan %10'a kadar katılabilir. Türkiye'de biyometanol üretimi yapan 12 adet işletme bulunmaktadır. Bu işletmelerin 8 tanesi biyoyakıt üretebilme kapasitesine sahiptir. Bunlardan yalnızca 3 tanesi yakıt olarak biyometanol üretmektedir. Diğer işletmelerse etanolü içecekler için kullanmakta. 2010 yılı itibari ile biyometanol üretimi 60 milyon lt. iken 2015 sonunda yıllık 150 milyon lt. seviyesinde olmuştur (İllez, 2018; 408).

### 3.2.5.3. Biyodizel

Biyodizel, hayvansal veya bitkisel yağlardan kimyasal olarak elde edilen yağ asidi zincirinin mono alkil esteri olarak tanımlanır. "Biyodizel" sözcüğü yakıtın canlı kaynaklı (bitkisel veya hayvansal) olduğunu, "dizel" ise dizel motorlu taşıtlarda kullanıldığını belirtir. Bitkisel ve Hayvansal yağların yakıt olarak kullanabilmelerini sağlamak düşüncesiyle iki alanda araştırmalara yoğunlaşmıştır. Bunlardan ilki motorlu taşıtların motor tipinin değiştirilmesi, ikincisi ise bitkisel ve hayvansal yağların yakıt özelliklerinin iyileştirilmesi yönündedir (Özdemir ve Mutlubaş, 2016; 132).

Biyodizel diğer yakıtlara alternatif olarak tek başına kullanılabilir veya biyometanol gibi dizel yakıtlarla belirli oranlarda karıştırılabilir. Biyodizel karışımı yakıtlar için dünyanın pek çok yerinde "B" harfli sistemler kullanılmaktadır. "B" harfinin yanında, dizel yakıtı eklenen biyodizel miktarının oranı bulunmaktadır. Örneğin, %20 biyodizel ve %80 dizel yakıt karışımı B20'yi ifade etmektedir (İllez, 2018; 412).

Yerli tarım ürünü kullanılması zorunlu EPDK kararı ile 1 Ocak 2018 itibariyle motorinde binde 5 oranında biyodizelin harmanlanması zorunlu hale getirilmiştir. Her 200 litre motorin için 1 litre biyodizel katılması zorunlu hale gelmiştir. Katılacak biyodizelin ise yerli tarım ürünlerinden ve atık yağlardan elde edilmesi gerekmektedir. Bu uygulama ile enerjide dışa bağımlılığın azaltılması, kaynak çeşitliliğinin artırılması, bitkisel atık yağların etkin olarak geri kazanımının sağlanması, çevre

kirliliğinin azaltılması ve Avrupa Birliği'nin yenilenebilir enerji politikalarına uyum sağlanması amaçlanmaktadır. Türkiye'de tarım alanlarının % 15'ine kenevir ekilmesi durumunda yılda 31,5 milyon ton biyodizel üretilebileceği öngörülmektedir. Endüstriyel kenevir üretiminin artırılmasıyla et üretim maliyetinin yüzde 60'ını oluşturan ve ham maddesinin büyük bir kısmı ithal olan yem giderinin de düşeceği öngörülmektedir (<https://www.enerjiportali.com>).



## DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

### 4. TÜRKİYE'DE YENİLENEBİLİR ENERJİ POLİTİKALARI VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

Türkiye'de "10.05.2005 tarih ve 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretim Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun" ile yenilenebilir enerji politikaları için çalışmalar başlamıştır (Deloitte, 2011; 23). Türkiye'de enerji politikalarının öncelikleri arasında kaynak gelişimi ve enerjinin verimliliği gelmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarını desteklenmesi ve yatırımcılara cazip hale gelmesi için özellikle enerji alımını garantileyen alım garantisi tarifesi hazırlanmıştır. Bu çalışma, Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması (YEKDEM) olarak bilinir. Bu mekanizma, yatırımcıların istikrarlı ve güvenilir bir şekilde gelir sağlamasına olanak vermektedir (WEC, 2016; 29).

#### 4.1 Enerji Verimliliği

Enerji verimliliği, üretilen enerjinin kalitesini ve miktarını düşürmeden tüketilen enerjinin maliyetlerini sosyal refahı ve ekonomik kalkınmayı engellemeden en az düzeyde tutmaktır. Enerji verimliliğinin sadece enerji sektöründe değil tüm ekonomi üzerinde etkisi vardır. İklim değişikliğinde Paris Anlaşması dünyadaki yeni dönüşüm noktası olmuştur. İçeriğinde enerji verimliliğinin önemini vurgulayarak iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini azaltmak ve karbon salınımını en aza indirmek görüşü, bu anlaşma ile tekrar gündeme gelmiş ve önem kazanmıştır (Keskin ve Altuntaşoğlu, 2018; 454-455).

Son on yıl zarfında Türkiye'nin enerji verimliliğine verdiği önemin arttığı görülmektedir. Enerji verimliliği 10. Kalkınma Planı'nda (2014-2018) yer verilen 25 öncelikli dönüşüm programı, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın Stratejik Planı'ndaki (2015-2019) ana başlıklar ve de Türkiye'nin Ulusal İklim Değişikliği Stratejisi ve Eylem Planı'nda ortaya konulan öncelikler arasında yer almaktadır. Buna ek olarak, 2007 yılında yürürlüğe giren Enerji Verimliliği Kanunu ve 2012 yılında kabul edilen Enerji Verimliliği Strateji Belgesi ile 2023'e kadar enerji yoğunluğunu 2011'deki düzeyine kıyasla %20 oranında azaltma hedefi çerçevesinde enerji

verimliliğine özel mevzuat uygulamaya konulmuş durumdadır (E3G ve Diğerleri, 2017; 31).

Enerji verimliliği konusunda sanayi sektöründe verimsiz enerji kullanımları denetlenmektedir. Ayrıca enerji verimliliği konusunda uygulamalar yapan firmalara teşvikler verilmektedir. Firmaların teşviklerden faydalanabilmeleri için ISO 50001 belgesine sahip olmaları, enerji yönetimi birimi açmaları veya enerji yöneticisi atamaları şartı bulunmaktadır.

#### **4.2. Enerji Yoğunluğu**

Enerji yoğunluğu, bir dolarlık mal ya da hizmet üretmek için tüketilen enerji miktarını ifade etmektedir. Enerji yoğunluğu düşük olması, üretilen mal ya da hizmetin daha az enerji kullanarak elde edildiğini göstermektedir.

Enerji yoğunluğunun düşürülmesi amacıyla bazı adımlar atılmıştır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın 2010-2014 Stratejik Planı'nda "Yürütülen ve planlanan çalışmalar kapsamında birincil enerji yoğunluğunun 2023 yılına kadar, 2008 yılına göre % 20 oranında düşürülmesi hedeflenmektedir" ifadesi yer almaktadır. Ayrıca çimento, tekstil, seramik, kâğıt, gıda, içecek, otomotiv, ilaç ve plastik sektörlerinden 11 sanayi kuruluşu üç yıl içinde enerji yoğunluğunu yüzde 10 düşürmek ve 2010 yılından itibaren yürürlüğe konulmak üzere Elektrik İşleri Etüt İdaresi ile gönüllü anlaşma yapmıştır (WWF, 2011; 14).

#### **4.3. Ulusal Yenilenebilir Enerji Stratejisi**

5346 Sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına Dair Kanun (Yenilenebilir Enerji Kanunu, YEK) 2005 yılında yürürlüğe girmiştir. Aralık 2010'da Yenilenebilir Enerji Kanununda yapılan değişiklikle bazı kaynaklar için daha yüksek sabit fiyat garantisi ve çeşitli parasal ve parasal olmayan teşvikler getirilmiştir. Özellikle de sabit fiyat garantilerinin revize edilmesinin ardından, yenilenebilir enerji yatırımları hem yerli hem de uluslararası yatırımcılar için cazip ortam sunmuştur (Türkiye Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı, 2014, 11).



Yenilenebilir enerjinin aktif olarak kullanılmasını sağlamak için çeşitli yasalar oluşturulmuştur. Enerjinin korunması, verimli olması ve yatırımcıları yatırıma yönlendirmelerini sağlamayı amaçlayan kanunlar ve teşvikler aşağıdaki gibidir;

- Elektrik Piyasası Kanunu (4628 sayılı Kanun), şeffaf bir elektrik piyasası hedefleyerek kaliteli, sürekli, yeterli, çevre ile uyumlu ve düşük maliyetli elektrik piyasası hedeflemektedir (Yılmaz ve Hotunluoğlu, 2015; 78).
- Yeni Elektrik Piyasası Kanunu (6446 sayılı Kanun), elektrik üretimi, iletimi, dağıtımı, toptan veya perakende satışı, ithalat ve ihracatı, piyasa işletimi ile bu faaliyetlerle ilişkili tüm gerçek ve tüzel kişilerin hak ve yükümlülüklerini kapsamaktadır (EPK, 2013).
- Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına Dair Kanun (5346 sayılı Kanun), Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi amaçlı kullanımını düzenleyen ilk yasal çerçeveyi oluşturmaktadır.
- Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına Dair Kanunda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun (6094 sayılı Kanun),
- Enerji Verimliliği Kanunu (5627 sayılı Kanun), enerjinin üretim, iletim, dağıtım ve tüketim aşamalarında, endüstriyel işletmelerde, binalarda, elektrik enerjisi üretim tesislerinde, iletim ve dağıtım şebekeleri ile ulaşımda enerji verimliliğinin artırılmasına ve desteklenmesine, toplum genelinde enerji bilincinin geliştirilmesine, yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılmasına yönelik uygulanacak usul ve esasları kapsamaktadır.
- Çevre Kanunu'nda (2872 sayılı Kanun) 2006 yılında yapılan değişiklik, temel amacı; bütün canlıların ortak varlığı olan çevrenin, sürdürülebilir çevre ve sürdürülebilir kalkınma ilkeleri doğrultusunda korunmasını sağlamaktır (Yılmaz ve Hotunluoğlu, 2015; 82).
- Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu (5686 sayılı Kanun), jeotermal ve doğal mineralli su kaynaklarının etkin bir şekilde aranması, araştırılması, geliştirilmesi, üretilmesi, korunması, bu kaynaklar üzerinde hak sahibi olunması ve hakların devredilmesi, çevre ile uyumlu

olarak ekonomik şekilde değerlendirilmesi ve terk edilmesi ile ilgili usul ve esasları düzenlemektir.

- Enerji Verimliliği Strateji Belgesi 2012-2023 ile Türkiye’de yeni yatırımları özendirmeye yönelik teşvikler, sabit fiyat garantisi, lisanssız üretim ve genel yatırım teşvik uygulamaları kapsamındaki KDV istisnası, gümrük vergisi muafiyeti gibi mali teşvikler gelmektedir (Yurdadoğ ve Tosunoğlu, 2017; 13).
- Sabit Fiyat Garantisi, belirli bir süre için verilmekle ve ülkeden ülkeye değişmekle birlikte, genellikle yenilenebilir üretim tesisinin faaliyete geçtiği andan başlayan 10-20 yıllık zaman aralığını kapsamaktadır (Yurdadoğ ve Tosunoğlu, 2017; 8).
- Lisansız Üretim İzni
- Prim Garantisi,
- Zorunlu Kota ve Yeşil Sertifika Piyasası
- İhale Yöntemi ile Teşvik
- Yatırım Teşvikleri, Yenilenebilir yatırımları için verilen sübvansiyonlar, düşük faizli krediler, yatırım dönemine özel bazı vergi avantajları, yatırım teşvikleri kapsamında değerlendirilmektedir (Deloitte, 2011; 7).
- Genel Yatırım Teşvik Planı, yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üreten tesislerde KDV ve gümrük vergisi muafiyetinden yararlanabilmektedir.
- Bölgesel Yatırım Teşvik Planı, Bu teşvikler ülkedeki bölgeler arası eşitsizlikleri ortadan kaldırmak amacıyla bölge tabanlı olarak tahsis edilmektedir. (Türkiye Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı, 2014; 30).
- Büyük Ölçekli Yatırımlar Teşvik Planı, AR-GE ve teknoloji açısından Türkiye’nin mevcut kapasitesini artırma ve uluslararası rekabet gücünü sağlamak amaçlıdır (Yılmaz ve Hotunluoğlu, 2015; 91).
- Stratejik Yatırımlar Teşvik Planı, Bu plan ithalat bağımlılığı yüksek (%50’den fazla) ara ve nihai ürünlerin üretimi için sunulmaktadır.

#### **4.4. Enerji Arz Güvenliği**

Enerji güvenliği, enerji kaynağının mevcudiyeti, ulaşılabilirliği, ekonomik

olması ve sürdürülebilirliği gibi önemli unsurları içinde barındıran geniş kapsamlı bir kavramdır. Enerji güvenliğinin en önemli unsuru, enerjinin mevcut olması ve elde edilebilir olmasıdır. Enerjinin elde edilebilirliği bazı kaynaklarda; tükenen olan petrol, doğal gaz ve kömür gibi fosil yakıtlar için fiziksel olarak mevcut olması olarak tanımlanırken bazı kaynaklarda; tüketicinin ihtiyacı olan enerji mal ve hizmetlerine ulaşabilmesi olarak tanımlanmaktadır. Enerji güvenliğinin ön koşulu; ekonomik, siyasî, stratejik vb. hangi nedenle olursa olsun, enerji mal ve hizmetlerini alan ve satan tarafların karşılıklı bağımlılığının olmasıdır (Erdal ve Karakaya, 2012; 111-112).

Enerji güvenliği bir ülkenin yalnızca kendi kaynakları dâhilinde ele alınabilecek bir konu değildir. Her ülkenin aynı miktarda enerji kaynağına sahip olmaması ve enerji talebinin de farklılıklar göstermesinde dolayı enerji meselesi hem ulusal hem de uluslararası düzeyde önemlidir. Enerjinin üretim noktasından tüketim noktasına ulaşana dek çoğunlukla farklı ülkelerin topraklarından geçmesi gerekmektedir. Enerji verimliliği iç siyaset meselesi olduğu kadar yalnızca bir iç siyaset meselesi değil aynı zamanda enerji üreticileri, transit enerji ülkeleri ve enerji tüketicileri arasında yer alan ciddi bir uluslararası siyaset meselesidir (<http://www.enver.org.tr>).

Enerji arz güvenliği, enerjinin üretimi, iletimi ve tüketimi faaliyetleri kapsamında, enerji arzı, nakli ve talebinin, yeterli miktarda ve kaliteli olarak, makul maliyet/fiyatlarla, kesintisiz ve çevreye duyarlı biçimde gerçekleştirilmesi olarak tanımlanmaktadır (Erdal ve Karakaya, 2012; 115).

Enerji arz güvenliğinin ilk çıkış noktası, Avrupa Birliği Komisyonu tarafından 2001 yılında hazırlanan “Enerji Arz Güvenliği İçin Bir Avrupa Stratejisine Doğru” başlıklı Yeşil Kitap’tır. Kitapta enerji arz güvenliği, Toplumun tümünün iyiliği ve iyi işleyen bir ekonomi için sürdürülebilir gelişme hedefi çerçevesinde bütün tüketiciler için her fiyatta enerji ürünleri pazarına kesintisiz fiziki erişim sağlamak olarak tanımlanmaktadır (Karagöl ve Kaya, 2004; 12).

Uluslararası ilişkilerin ve ticaretin önemli bir bölümüne hâkim olan enerjiye duyulan ihtiyacının artarak devam etmesi, enerji arz güvenliğini ülke ekonomileri açısından stratejik bir konuma getirmiştir.

Enerji güvenlik politikalarının temeli beş ana unsurdan oluşmaktadır. Bunlar elverişlilik, ulaşılabilirlik, mesuliyet, karşılıklı bilirlilik ve kabul edilebilirliktir. Bu

şekilde enerji güvenliğinin elverişlilik, enerji politikaları ve gerekli teknolojilerin geliştirilmesini kapsamaktadır. Ulaşılabilirlik, enerji kaynaklarına erişim, enerji arzının iletimi ve bu amaçla enerji yollarının kapsamaktadır. Karşılana bilirlik enerji talebinin karşılanması ve uzun ömürlü enerjinin elde edilebilmesi için geçerli enerji kullanım ve üretim yollarının geliştirilmesini amaçlamaktadır. Kabul edilebilirlik enerjinin çevre ile ilgili boyutunu ele alır ve yaşayan bir gezegen için çözümler üretmeyi kapsamaktadır. Mesuliyet ise bu uygulamaların sağlanması için gerekli olan politikalar, düzenlemeler ve finansman yollarını ele almaktadır (<http://www.enver.org.tr>).

#### **4.5. Sürdürülebilir Kalkınma Ve Sürdürülebilir Enerji Kavramı**

BM (Birleşmiş Milletler) ve WCED (Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu) 1987 yılında yayınladığı Brundtland Raporu'nda, ekonomi ile çevre bilim arasında bölgesel, küresel ve ulusal temelde karşılıklı olarak bağımlılığın ve etkileşim olduğunu vurgulamış ve kalkınma literatüründe "sürdürülebilir kalkınma" bir terim olarak yer almıştır (Yapraklı, 2013; 13).

Brundtland Raporu'na göre sürdürülebilir kalkınma, İnsanlığın gelecek kuşaklarının ihtiyaçlarını karşılanmasına zarar vermeden şu anki ihtiyaçlarının karşılanmasının garantilenmesi olarak belirtilmektedir (Dağlıoğlu Şanlı ve Armağan, 2017; 94)

**Sürdürülebilir kalkınma**, çevresel, ekonomik ve sosyal alanların bir arada, birbirini tamamlayan ve aralarında bir denge kurarak üç ana faktörün beraber hareket etmesini sağlamak olarak ifade edilebilmektedir. Kalkınmanın sağlanabilmesi için en önemli etkenlerden birisi sürdürülebilir kalkınmadır. Sürdürülebilir kalkınma, enerji ihtiyacının giderek artması ile ekonomik büyümenin ve nüfus artışının beraberinde getirdiği yaşam standartlarının iyileştirilmesi ve üretimin daha etkin olmasının sağlanması açısından çok önemlidir. (Seydioğulları,2013;19).

Sürdürülebilir kalkınma kavramı ile geleneksel ekonomik kalkınma ve büyüme teorilerinde doğal kaynaklar serbest mal gibi kabul edilirken kıt kaynaklar olarak değerlendirilmeye başlanmıştır. Burada doğal çevre, yenilenebilir kaynaklar (su kaynakları, rüzgâr, tarım toprakları vb.) ve yenilenemeyen kaynaklardan (mineraller ve fosil yakıtlar vb. ) oluşmaktadır (Yapraklı, 2013; 14-15).

Enerji ve sürdürülebilir kalkınmanın arasındaki ilişkinin uluslararası gündeme taşınmasında BM ve Dünya Bankası gibi kurumların çalışmaları etkili olmuştur. 1972 yılında yayımlanan “Büyümenin Sınırları (Limits to Growth) Raporu” ve Stockholm’de toplanan BM Çevre Konferansında ilk küresel adımlar atılmıştır. 1992’de toplanan Rio Konferansı’nda çevre ve kalkınmaya yönelik stratejilere değinilmiş ve 21. yüzyılın gündemi belirlenmiştir. Kyoto Protokolü ile de küresel ısınma ve iklim değişikliği konusunda yapılması gerekenler tespit edilmiştir. 2000 yılında BM’nin önderliğinde BM Binyıl Zirvesi’nde Binyılın Kalkınma Hedefleri belirlenmiştir. 2002 yılına gelindiğinde Rio Konferansı kararlarının uygulanmasında daha etkili sürdürülebilir kalkınma stratejilerinin oluşturulması hedefiyle Johannesburg’da, Dünya Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi’nde, enerji ve sürdürülebilir kalkınma arasındaki ilişki çevresel ve ekonomik boyutun yanı sıra sosyal boyut açısından da ele alınmıştır (Aksu, 2020; 11)

Sürdürülebilir kalkınma ve enerji arasındaki ilişkiler konusunda uluslararası kuruluşlar önemli katkılar yapmış olmakla birlikte, enerjiyi sürdürülebilir kalkınma açısından önemli olmasının temel faktörleri; 1973 ve 1974 ile 1979 ve 1980 yıllarında meydana gelen enerji krizleridir. 1973-1974 yıllarındaki enerji krizleri, enerji konusunu uluslararası gündeme taşımış, 1979-1980 yıllarındaki petrol krizlerinden sonra, dünyada enerji konusunda ciddi önlemlerin alınmasının gerekliliğini göstermiştir. Bu kapsamda, petrol, kömür gibi yenilenemeyen yakıtlara dayanmayan alternatif enerji kaynakları geliştirmişler ve gelecek nesillerin enerji ihtiyaçlarını da dikkate alarak enerjide sürdürülebilirlik konusu üzerinde durmuşlardır (Yapraklı, 2013; 16).

**Sürdürülebilir enerji;** Enerji üretiminde kullanılan kaynaklar ve bunları kullanma yöntemleri ne şekilde olursa olsun çevreyi etkilemektedir. Enerjinin kalıcı çevresel zararlara yol açmadan, çevre bilimle ilgili düzeni bozmadan ve gelecek nesillere en sağlıklı bir şekilde ulaşabilmesi için “sürdürülebilir enerji” kavramını uluslararası toplumun ortak bir anlayış olarak ortaya çıkarmaktadır (MEB, 2012; 8).

Sürdürülebilir enerji yaklaşımı bir ülkenin gerekli olan enerjinin en asgari düzeyde, en düşük finansmanla, sosyal ve çevresel maliyetle, devamlı olarak ulaşılabilmeye imkân sağlayan politika, teknoloji ve bunların uygulamalarından meydana gelmektedir. Bunu amaçlayan ülkelerin birçoğu sürdürülebilir kalkınmaya

sürdürülebilir enerjiyle sahip olmak için ulusal programlar uygulamakla beraber, sürdürülebilir amaçlara ulaşmaya yönelik stratejiler geliştirmektedir. Bu kapsamda 2004 yılında yayımlanan Dünya Enerji Konseyinin (WEC) bildirisinde, sürdürülebilirliğin sağlanması için dikkate alınması gereken faktörler aşağıdaki gibi sıralanmıştır (Yapraklı, 2013; 17-18);

- Enerji çeşitliliği sağlanmalı ve enerji verimliliği artırılmalıdır,
- Enerji sektöründe gerekli alt yapı yatırımları yapılmalı, gerçek maliyeti yansıtan enerji fiyatları belirlenmelidir,
- Özel politika önlemleri, enerji piyasasının en uygun değer düzeyde çalıştırılmasını desteklemelidir,
- Enerji arz güvenliğini sağlamaya yönelik önlemler, öncelik sırasına göre alınmalıdır,
- Enerji arz sistemlerinin bölgesel bütünleşmesi desteklenmelidir,
- Piyasa mekanizması yoluyla, iklim değişikliğinin etkilerinin azaltılmasına yönelik pozitif fırsatlar değerlendirilmelidir,
- Çevre dostu enerji etkin teknolojiler geliştirilmeli ve teknolojik yenilikler desteklenmelidir,
- Enerji sektörü konusunda, toplumun anlayış ve güveninin sağlanması için sürekli olarak bilgilendirme çalışmaları yapılmalıdır.

Fosil yakıt rezervlerinin giderek azalması, enerjideki sürdürülebilir kalkınmanın önemini giderek artırmaktadır. 2040 yılına kadar küresel enerji tüketiminin %28 oranında yükseleceği tahmin edilmektedir. Artışın en büyük bölümünün Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (OECD ) dışında yer alan ve gelişmekte olan ülkelere meydana geleceği düşünülmektedir. Ekonomik büyüme oranlarının gelişmekte olan ülkelerde yüksek olmasından dolayı enerji tüketimleri de bu doğrultuda artmaktadır. Enerji politikaları değerlendirilmesinde enerji pazarında ortaya çıkan önemli ve öncelikli konular: Yeni teknolojilerin gelişimi, yeşil enerji yaklaşımı ve müşterilerin davranışlarının değerlendirilmesi şeklindedir. Beklenen durumların oluşması ile yenilenebilir enerji en hızlı şekilde dünyada büyüyen ve gelişen enerji kaynağı olarak öne çıkacaktır. Avrupa günümüzde yenilenebilir enerjide küresel lider konumundadır (KPMG,2018; 3).

#### 4.6. Yenilenebilir Enerjilerin Sürdürülebilirliği

Yenilenebilir her enerji sürdürülebilir değildir. Sürdürülebilirlikten söz etmek için enerjilerin kullanılması sonucunda ortaya çıkan faydanın fazla olması buna karşın elde edilen zararın hiç olmaması veya asgari düzeyde olması beklenmektedir. Bu şekilde sürdürülebilir bir yaklaşımla yenilenebilir enerji kullanımını desteklenmelidir.

Yenilenebilir enerjilerde güneş enerjisi doğaya, çevreye, insana zarar vermeyen bir kaynaktır. Enerjinin kaynağı olan güneş ışını kullanılırken zararlı gazlar oluşmamaktadır. Sürekli ve kendi ülke güneşlenme süresinden faydalanarak elde edilmektedir. Ülke enerjisinde kendi milli kaynaklarının kullanılması enerjide de ithalatın azalmasına olanak sağlamaktadır. Güneş enerjisinden faydalanmak için teknolojik donanımlı sistemlerin uygulanması yeterlidir. Donanımların üretilmesi aşamasında ortaya çıkan asgari düzeyde bir azot salınımı söz konusu olmaktadır. Ancak güneş panellerinin veya güneş pillerinin kullanımı aşamasında zararlı bir salınımı bulunmamaktadır. Fayda zarar oranı değerlendirildiğinde faydası öne çıkmaktadır. Güneş panellerinin günümüz teknolojisiyle ortalama 20 yıl ömrü bulunmaktadır. Güneş enerjisinin sürekli ve devamlı bir süreçte aynı oranda enerji elde etmek mümkün olmayabilir. Bunun içinde güneş enerjisinin depolanması için uygulamalar yapılmaktadır. Enerjinin depolanması ile de güneşlenme sürelerinin azaldığı dönemlerde depo edilen enerjiden faydalanmak mümkün olmaktadır. Hemen hemen her coğrafik bölgede uygulanabilmesi açısından ulaşılabilir bir enerjidir. En doğal ve en ulaşılabilir enerji kaynağı olan güneş yenilenebilir olması yanında sürdürülebilir de bir enerji kaynağıdır.

Yenilenebilir enerjiler içerisinde yer alan rüzgâr enerjisi ülkelerin kendi kaynaklarından oluştuğu için dışa bağımlı olmayan milli bir enerji kaynağımızdır. Rüzgâr enerjisinin kullanılması rüzgârın yoğun ve sürekli olduğu bölgelerde verimlidir. Hem denizde hem de karada kurulabilmektedirler. Rüzgâr enerjisi de güneş enerjisi gibi kaynağına bağımlıdır. Kaynakta meydana gelen rüzgâr hızındaki düşme enerjinin de düşmesine neden olmaktadır. Rüzgâr enerjisi temiz bir enerji kaynağıdır sera gazı etkisi bulunmaz. Ancak pervanelerin dönmesi sonucu gürültü kirliliği meydana gelebilmektedir. Bunun yanında bazı göç yollarında kurulan rüzgâr santrallerinin kuş ölümlerine neden olduğu görülmüştür. Olumsuz yönlerinin varlığı elbette ki enerjinin değerlendirilmesinde temel alınmaktadır. Ancak elde edilen

enerjinin yoğunluğu ve dışa bağımlılığın azaltılarak ülke kalkınmasına faydası da göz ardı edilmemektedir. Rüzgâr potansiyeli olan her yerde kurulabilen rüzgâr santralleri sürdürülebilir enerji kaynakları arasındadır.

Yenilenebilir enerjilerde bir diğeri hidrolik veya hidroelektrik enerjidir. Hidroelektrik santralleri birikimli veya birikimsiz şekilde oluşturulabilmektedir. Birikimli santraller genel olarak barajlarımız için kullanılmaktadır. Barajlarda biriken suyun türbinler vasıtasıyla elektrik enerjisine dönüşmesini sağlamaktadır. Baraj tipi santrallerde bekleyen suyun ısınması ile asgari düzeyde sera gazı etkisi oluşabilmektedir. Birikimsiz hidroelektrik santralleri suyun akış hızını kullanarak elektrik elde etmektedir. Neredeyse tüm derelere uygulanabilecek bir teknolojidir. Uygulanması aşamasında sera gazı etkisi bulunmamaktadır. Ancak burada süreklilik arz etmesi suyun debisinin yüksek olmasına bağlıdır. Temiz bir enerji kaynağı olması yanında sürdürülebilirliğini kaybetmemesi için kaynak suyun kendini yenileyemeyecek şekilde sömürülmesinin önlenmesi gerekmektedir. Kurulan santrallerin kuruldukları yerlerdeki çevreyi, hayvanları ve sudaki yaşamı tehdit etmeyecek uygulamalarla işletilmesi önem arz etmektedir. Kaynakların ihtiyaçtan fazla kullanılmaması doğrultusunda sürdürülebilir bir enerji kaynağımız olarak ortaya çıkmaktadır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarından bir diğeri jeotermal enerjidir. Jeotermal enerji doğrudan veya dolaylı yollarla yeraltı kayalarında bulunan sıcak su kaynaklarının kullanılarak enerji elde edilmesidir. Jeotermal enerji de milli bir enerji kaynağıdır. Üretimde verimli bir kaynak olması yanında çevre dostu olarak da değerlendirilmektedir. Ancak bazı jeotermal kaynaklar çıkarılırken zararlı kimyasallar ortaya çıkmakta ve atmosferi kirletmektedir. Bunun önüne geçilebilmek ve kimyasalların toplanıp atmosfere karışmadan ayrıştırılması için teknolojiler kullanılmaktadır. Jeotermal santraller genel olarak kaynağına yakın yerlerde oluşturulur ve taşınması verimli olmadığından çevresine fayda sağlamaktadır. Diğer enerji kaynakları ile değerlendirildiğinde verimi düşük ve zararı daha fazla olabilmektedir. İyi kontrol edilip aktif teknolojiler kullanıldığında en az zararlı sürdürülebilirliğini koruyabilecektir.

Yenilenebilir enerji kaynağı olarak biyokütle enerjisi bitkilerin yakılması ve hayvan atıkları kullanılarak oluşturulabilmektedir. Biyokütle enerjisi kullanılarak



birçok alternatif enerji kaynağı da oluşturulabilmektedir. Ülke ekonomisine enerjide kendi kaynaklarıyla oluşturulması olanağı vardır. Üretimi aşamasında az da olsa çevreye zararı bulunmaktadır. Kullanılan materyallerine ulaşmak kolay olduğundan her yerde kurulabilmektedir. Biyokütle enerjisi için gerekli olan bitkisel kaynakları yetiştirmek için tarım alanlarının kullanılması bir rekabetin oluşmasına sebep olmaktadır. Sürekli doğada olan kaynaklardan faydalanmasından dolayı gelişen teknolojilerin de desteğiyle sürdürülebilir enerji yaklaşımına uygun olarak enerji elde edebilecektir.

Yenilenebilir enerjide hidrojen enerjisi doğada bileşikler halinde bulunmakta olup işlem göerek enerjiye dönüşmektedir. İçerisinde karbon bulunmadığından zararlı gaz salınımları oluşmamaktadır. Petrole göre verimi yüksek olması ileride petrolün kullanım alanlarında hidrojen enerjisinin gelişmesinin önünü açmaktadır. Üretim aşamasında enerji dönüştürülürken fosil yakıtlar kullanılmaktadır. Bu durumda dolaylı olarak atmosfere zarar vermektedir. Teknolojilerin gelişmesi ile üretim aşamasında oluşan zararın önlenmesi hidrojen enerjisini tam olarak sürdürülebilir enerjiler konumuna getirebilecektir.

Yenilenebilir bir diğer enerji de dalga enerjisidir. Denizlerin ve okyanusların dalgalarını teknolojik sistemlerle enerjiye dönüştürmesidir. Temiz ve doğal bir enerji kaynağıdır. Enerjinin kaynağı dalga olduğundan dönem dönem sürekliliği olmayabilir. Çevreye zararlı bir etkisi bulunmamaktadır. Kurulum bölgeleri deniz ve okyanuslar olduğundan sınırlı alanlarda işletilebilmektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde yenilenebilir enerjilerin kurulum aşamasında asgari düzeyde çevreye gaz salımı söz konusu olmaktadır. Üretim aşamasında güneş, rüzgâr, dalga ve hidroelektrik sera gazı etkisi oluşturmamaktadır. Jeotermal enerji, hidrolik ve biyokütle enerjide üretim aşamasında belirli düzeyde gaz salınımları oluşmaktadır. Sürdürülebilir yaklaşımın devamlılığı için doğal kaynaklar açısından sırasıyla güneş, rüzgâr, dalga ve hidroelektrik santralleri gelmektedir. Yenilenebilir enerjinin sürdürülebilir olabilmesi için muhakkak döngü içerisindeki varlığının sıfırlanmadan devir daim yapmasına imkân sağlanmalıdır.

#### **4.7. Türkiye'deki Önemli Enerji ve Enerji Verimliliği Üzerine Faaliyet Gösteren Kurumlar**

Enerji verimliliğinin çalışılması konusunda farklı alanlardan aktörlerin bütünleşmesi gerekmektedir. Devlet kuruluşlarının yanı sıra özellikle üniversiteler ve araştırma merkezleri ve ayrıca sivil toplum örgütleri enerji verimliliği konusunda önemli katkı sağlama potansiyeline sahiptir. Türkiye'de faaliyet gösteren belli başlı enerji merkezleri ve sivil toplum örgütleri şunlardır;

- Afyon Kocatepe Üniversitesi Güneş ve Rüzgâr Enerjisi Uygulama ve Araştırma Merkezi
- Başkent Üniversitesi Sürdürülebilir Enerji Sistemleri Araştırma Merkezi
- Doğu Akdeniz Üniversitesi Enerji Araştırma Merkezi
- Harran Üniversitesi Güneş Enerjisi Araştırma ve Uygulama Merkezi
- Karabük Üniversitesi Enerji ve Çevre Teknolojileri Birimi
- İTÜ Enerji Enstitüsü
- Koç Üniversitesi TÜPRAŞ Enerji Merkezi
- Muğla Üniversitesi Temiz Enerji Kaynakları Ar-Ge Merkezi
- Orta Doğu Teknik Üniversitesi Güneş Enerjisi Araştırma Merkezi
- Özyeğin Üniversitesi Enerji, Çevre ve Ekonomi Merkezi
- Pamukkale Üniversitesi Enerji Araştırma ve Uygulama Merkezi
- TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Enerji Enstitüsü
- Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı -Enerji Bitkileri Araştırma Merkezi
- Elektrik Mühendisleri Odası
- Enerji Enstitüsü
- Enerji Verimliliği Dergisi
- Enerji Verimliliği Derneği
- Heinrich Böll Stiftung Derneği
- Türkiye Enerji Verimliliği Meclisi
- Ulusal Enerji Forumu ve Fuarı

## SONUÇ

Dünyada aktif olarak en çok tüketilen enerji kaynakları fosil yakıtlardır. Fosil yakıtların dünya enerjisinde kullanım oranı %81 civarındadır. Büyüyen ve gelişen dünya ile beraber enerji ihtiyacı da her geçen gün artmaktadır. Fosil yakıtların sınırlı olan rezervleri azalması, atmosfere saldıkları karbonun giderek yaşamı tehdit etmesi alternatif yenilenebilir temiz enerji kaynaklarına doğru bir yönelim doğurmuştur.

Türkiye %72 oranında enerjide dışa bağımlı bir ülkedir. Enerji ithalatı ekonomik cari açığımızın etkili sebeplerindendir. Günümüzde yenilenebilir enerjinin sürdürülebilmesi için ülkemizde de yenilenebilir enerji kaynaklarına doğru bir yönelim mevcuttur. Gelişen teknolojilerin kullanılması ve mevcut yenilenebilir enerji potansiyellerimizin belirlenmesi önemlidir.

Türkiye de enerji kaynakları genel olarak elektrik üretiminde, taşımacılık da, sanayi, konut ve ticarethaneler kullanılmaktadır. En yoğun kullanıldığı alan elektrik sektörüdür. Elektrik sektörünün başlıca kaynakları; %33,4 ile doğal gaz , %33,2 ile kömür ve %24,7 ile petroldür. Doğal gaz %99 seviyesinde ithal edilmektedir. Taş kömürünün %94'ü ithaldir. 2017 yılında 25,8 milyon ton olarak gerçekleştirilen ham petrol ithalatımızın yanı sıra 16,8 milyon ton petrol ürünü ithal edilmiştir. Buna karşın 10,1 milyon ton petrol ürünü ihraç edilmiştir.

Türkiye de nükleer enerji alanında da çalışmalar yapılmıştır. İlk çalışmalar 1950'li yıllarda başlamıştır. 1955'te 'Atom Enerjisinin Barışçıl Amaçlarla Kullanılması amacıyla toplanan 1. Cenevre Konferansından sonra, Türkiye'de Başbakanlığa bağlı bir 'Atom Enerjisi Komisyonu ' kurulmuştur. 1960, 1977, 1983, 1996 ve 2009 yıllarında nükleer enerji santralleri için fizibilite çalışmaları yapılmış ancak dönemin ekonomik ve siyasi durumlarından dolayı girişimler sonuçsuz kalmıştır.

Türkiye'nin gündeminde, toplam yatırım tutarı 42 milyar dolara yakın olması beklenen, 3 nükleer enerji projesi bulunmaktadır. Bunlardan birincisi, 2010 yılında Türkiye Cumhuriyeti Hükümeti ile Rusya Federasyonu Hükümeti Arasında Türkiye Cumhuriyeti'nde Akkuyu Sahası'nda Bir Nükleer Güç Santralinin Tesisine ve İşletimine Dair İşbirliğine İlişkin Anlaşma imzalanmıştır. Kurulması planlanan ikinci nükleer santrale için, Japonya ile 2013 yılında Sinop'ta Bir Nükleer Santral Kurulmasına İlişkin Anlaşma imzalanmıştır. Üçüncü nükleer santral projesinin

geliştirilmesine yönelik olarak 2014 sonunda EÜAŞ ile Westinghouse EC ve SNPTC şirketleri arasında bir mutabakat zaptı imzalandı. Bu konuda Kırklareli başta olmak üzere yer tespit çalışmaları devam etmektedir.

Türkiye de yenilenebilir enerji kullanımında giderek artan santral güç kapasitesi mevcuttur. Ülkemizde son 10 yılda ciddi bir biçimde yenilenebilir enerji kullanımını artmıştır. Yenilenebilir enerji potansiyeli içerisinde en önemli yeri tutan hidroelektrik santrallerinin teorik potansiyeli 433 milyon KWh'dir. 2017 yılı itibarıyla rüzgâr enerjisi potansiyeli 48 bin MW'tır. Güneşten enerji elde etme potansiyeli en az 500 bin MW 'tır. Jeotermal enerji potansiyeli 31 300 MW'tır. 2013 yılında biyokütle kurulu gücü 237 MW'a ulaşmıştır.

Enerji verimliliğinin çalışılması konusunda farklı alanlardan aktörlerin bütünleşmesi gerekmektedir. Devlet kuruluşlarının yanı sıra özellikle üniversiteler ve araştırma merkezleri ve ayrıca sivil toplum örgütleri enerji verimliliği konusunda önemli katkı sağlama potansiyeline sahiptir.

Son on yıl zarfında Türkiye'nin enerji verimliliğine verdiği önemin arttığı görülmektedir. Enerji verimliliği 10. Kalkınma Planı'nda (2014-2018) yer verilen 25 öncelikli dönüşüm programı, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın Stratejik Planı'ndaki (2015-2019) ana başlıklar ve de Türkiye'nin Ulusal İklim Değişikliği Stratejisi ve Eylem Planı'nda ortaya konulan öncelikler arasında yer almaktadır. Buna ek olarak, 2007 yılında yürürlüğe giren Enerji Verimliliği Kanunu ve 2012 yılında kabul edilen Enerji Verimliliği Strateji Belgesi ile 2023'e kadar enerji yoğunluğunu 2011'deki düzeyine kıyasla %20 oranında azaltma hedefi çerçevesinde enerji verimliliğine özel mevzuat uygulamaya konulmuş durumdadır.

Türkiye de yenilenebilir enerji politikalarının kilometre taşı olarak 2005 tarihinde yayımlanan "yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretim amaçlı kullanımına ilişkin kanun" sayılabilir. Yenilenebilir enerji kanunu ile yenilenebilir enerji kaynakları tanımlanmış ve bir kısım teşvikler getirilmiştir. Ülkemiz de enerji politikalarında öncelik verilen konular arasında öne çıkan başlıkların birincisi yenilenebilir enerji kaynaklarının gelişim ve ikinci de enerji verimliliğidir. Yenilenebilir enerji yatırımlarını desteklemek ve yenilenebilir üretim varlıklarını yerli imalatını teşvik amacıyla yeni yatırım mekanizmaları geliştirilmiştir. Hükümet yenilenebilir enerji kaynaklarının destek politikası çerçevesinde enerji

alımını teminat niteliğindeki alım garantili tarifelerini yatırımcılara sunmuştur. Yenilenebilir enerji alanındaki teşvikler sadece sabit alım fiyat garantili yerli donanım kullanımı ile sınırlı tutulmamıştır. Projelerin hizmet bedellerinde muafiyet, enerji üretim tesisleri ve AR-GE yatırımları gibi çeşitli teşvikler de sunulmuştur.

Ülkemizde yenilenebilir enerji kaynakları kanunlar ve bunların dışında yürürlükte olan yönetmelikler kapsamında ve Genel Yatırım Teşvik Uygulamaları kapsamında desteklenmektedir. Yürürlükte olan teşvik mekanizmalarının başında sabit fiyat garantisi, lisanssız üretim ve genel yatırım teşvik uygulamaları kapsamındaki KDV istisnası, gümrük vergisi muafiyeti gibi mali teşvikler gelmektedir.

Dünya ekonomisi için önemli olduğu kadar ülke ekonomisi içinde enerji vazgeçilmez bir belirleyicidir. Enerjinin verimli olması kadar verimli kullanılması önemlidir. En önemli unsurlardan biride enerjinin kar-zarar ilişkisinden çok bıraktığı negatif etkinin en aza indirilmesidir. Gelişen bir ekonomide çevre de aynı etkiyle gelişmekte ve aynı paralelde zarar görmektedir. Enerji kaynaklarının daha etkin, verimli ve daha az insana çevreye zararlı olacak şekilde gelişmesi çok önemlidir. Bu yüzden yenilenebilir enerji kaynaklarıyla sürdürülebilir enerjiyi geliştirmek ve kullanım alanlarının geliştirilip genişletilmesi önem arz etmektedir.

Bu çalışmamda Türkiye'nin yerli ve ithal ettiği enerji kaynaklarına değinilerek sürdürülebilir enerji için kullanılan yöntemler aktarılmıştır. Türkiye enerjide dışa bağımlı bir ülkedir. Bu algıyı değiştirebilme adına ülkenin var olan yenilenebilir enerji potansiyelini aktif olarak kullanmak gerekmektedir. Ülkemiz güneş, rüzgâr, hidrolik, jeotermal ve biyokütle enerji alanlarında bağımsız olarak gelişmeler sağlanabilecek potansiyele sahiptir. Yenilenebilir enerji santrallerinin kurulum aşamasındaki ilk maliyetlerinin devletin yatırımcıları teşvikleriyle daha yapılabilir bir düzeye çekebileceği görünmektedir. Sadece santral yapmakla değil işleyişini ve gelişiminin de sürekli takip edilmesi önem arz etmektedir. Yenilenebilir enerji santralleri ekonomik sosyal ve çevresel faktörleri iyi analiz etmelidir. Kurulduğu yerde istihdam sağlama bağlamında avantajlar sağlasa da çevresel ve sosyal zararları minimum tutması hatta sıfır zararı hedefleyen işletmeler çalışmalıdır. Her ne kadar kanunlarla desteklenip teşvikler ve santral kurulum kolaylıkları verilse de yenilenebilir enerji her zaman sürdürülebilir değildir. Sürdürülebilir bir yaklaşım için yenilenebilir kaynakların yaşam sınırının altına düşürülmesinin önlenmesi önemlidir.

## KAYNAKÇA

- ACAR, Çağdaş, Sevtaç BÜLBÜL, Fevzi GÜMRAH, Çiğdem METİN ve Mahmut PARLAKTUNA (2011), Petrol ve Doğal Gaz, Ankara: ODTÜ Yayıncılık
- ACAROĞLU, Mustafa (2013), Alternatif Enerji Kaynakları, Ankara: Nobel yayınları
- AKALIN, Burcu, Anıl M. SEYREKBASAN (2015),Dünyadaki Biyoetanol Politikalarının Türkiye Koşulları ile Karşılaştırmalı İncelenmesi ve Türkiye Şartlarına Uygunluk Açısından Biyoetanol Üretiminde Kullanılan
- AKÇA, Emrah Eray (2014), Doğal Kaynakların Ekonomik Gelişme Üzerine Etkisi: Seçilmiş Ülke Deneyimleri, İstanbul; İktisadi Araştırmalar Vakfı Ünal Aysal Tez Değerlendirme Yarışma Dizisi
- AKOĞLU, Alp (2011),Nükleer Santraller ve Güvenlik, Bilim ve Teknik Dergisi, Nisan 2011, sayı:521;32
- AKSOY, Niyazi, Özge GÖK, Halim Mutlu, Gizem KILINÇ (2017), Jeotermal Santrallarda Karbon Emisyonu ve Tutumu, TMMOB makina mühendisleri odası, 13. ULUSAL TESİSAT MÜHENDİSLİĞİ KONGRESİ, Jeotermal Enerji Sistemleri Bildirim Kitabı, 19-22 NİSAN 2017/İZMİR, s.168-178
- AKSU, Ceren (2002), Sürdürülebilir Kalkınma Ve Çevre, Güney Ege Kalkınma Ajansı, 2002
- AYDIN KOCAEREN, Aysel (2016),Çevre ve Enerji, Ankara; Nobel Kitapevi
- AYDIN, Levent (2014),Enerji Ekonomisi ve Politikaları, Ankara; Seçkin Yayıncılık
- AYDIN, Ülker, Hülya PEKER(Nisan 2018), Türkiye'nin enerji görünümü 2018: Petrol Sektörünün Durumu, TMMOB Makina Mühendisleri Odası Raporu, Ankara; Yayın MMO/691; 209-236
- BAĞDATLIOĞU, Cem (2011),“Nükleer Enerji ve Japonya’daki Son Durum”, Bilim ve Teknik Dergisi, Nisan 2011, Sayı:521; 25
- BAYARI, Serdar (2007), ÇEVRESEL AKIŞ MİKTARININ BELİRLENMESİ VE ÇEVRESEL AKIŞIN ÖNEMİ, Hidrojeoloji Yük. Müh. Hacettepe Üniversitesin Jeoloji Mühendisliği Bölümü
- BAYRAÇ, Hüseyin Naci, Başak ÖZARSLAN (2018), Biyokütle Enerjisi ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin Ampirik Bir Analizi: Türkiye Örneği, Yalova Sosyal Bilimler Dergisi, Yıl: 8, Sayı: 17, s.1-17

- BAYRAKTAR, Yüksel, Halil İbrahim KAYA (Aralık 2016), Yenilenebilir Enerji Politikaları ve Rüzgâr Enerjisi Açısından Bir Karşılaştırma: Çin, Almanya ve Türkiye Örneği, Uluslararası Ekonomik Araştırmalar Dergisi, Cilt 2, Sayı 4; 1-18
- BİNİCİ, İlhami (1972), Türkiye'nin Petrol Politikası Nedir? Elektrik Mühendisliği Dergisi, 1971, sayı:171-172,s.6-13 BP Energy Outlook, 2018 Edition
- ÇANKA KILIÇ, Fatma (2015), Güneş Enerjisi, Türkiye'deki Son Durumu ve Üretim Teknolojileri, Mühendis ve Makina, cilt 56, sayı 671, s. 28-40.
- ÇELEBİ Mehmet (2017), Belediye atıklarından Çöp Gazı (LFC-Landfill Gas) Elde Edilerek Elektrik Enerjisi Üretilmesi ve Ülkemizdeki Örneklerinin İncelenmesi, İller Bankası Anonim Şirketi, Uzmanlık Tezi
- ÇERÇEVE Dergisi, 2 Aylık İş Dünyası ve Güncel Ekonomi Dergisi, MUSIAD. org.tr; Sayı:86 Mayıs-Haziran 2018;56-59
- DAĞLIOĞLU ŞANLI, İclal, Ramazan Armağan (2017),Sürdürülebilir Kalkınma perspektifinden Yenilenebilir enerji: Kamu Politikalarının Gerekliliği, Vizyoner Dergisi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Cilt: 8, Sayı: 19, ss.93-109.
- DİNÇER, Mithat Zeki, Özgür ASLAN (2008), Sürdürülebilir Kalkınma, Yenilenebilir Enerji Kaynakları Ve Hidrojen Enerjisi: Türkiye Değerlendirmesi, İstanbul Ticaret Odası Yayınları, Yayın N: 2009-51
- Dünya Ve Türkiye Enerji Ve Tabii Kaynaklar Görünümü, Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Strateji Geliştirme Başkanlığı, sayı 15 2017
- E3G, WWF Türkiye ve Yeryüzü Derneği (2017), Düşük Karbon Ekonomisi Enerji Verimliliği ve Yenilenebilir Kaynaklar Enerji Politikalarına İlişkin Riskleri Nasıl Azaltabilir? Yeryüzü Derneği Yayınları – 6, İstanbul
- Elektrik Piyasası Kanunu (6446 Sayılı Kanun 2013), Resmi Gazete, Sayı; 28603
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Strateji Geliştirme Başkanlığı, Dünya Ve Türkiye Enerji Ve Tabii Kaynaklar Görünümü 1 Ocak 2017 sayı-15
- Enerji Verimliliği Kanunu (5627 sayılı Kanun 2007), Resmi Gazete, Sayı; 26510
- ERDAL, Leman, Etem Karakaya (2012) Enerji Arz Güvenliğini Etkileyen Ekonomik, Siyasî Ve Coğrafi Faktörler, Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 2012, Cilt: XXXI, Sayı/No. 1, s. 107-136

- ERDENER, Hülya, Serdar ERKAN, Ela EROĞLU, Nadiye GÜR, Erce ŞENGÜL, Nurcan BAÇ (2013), Sürdürülebilir Enerji ve Hidrojen, Ankara; ODTÜ Yayıncılık
- ERGÜN BÜLBÜL, Serpil, Yasemin ÇOKLUK (Temmuz 2017), Türkiye'de Gelişen Enerji Sektörü HES'ler ve Kar Kaybı Sigortaları, Finansal Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi • Cilt: 9 • Sayı: 17, ISSN: 1309-1123, ss. 89-114
- EROĞLU, Gonca, Mesut Şahiner ( Mayıs 2017), Dünyada ve Türkiye'de Uranyum ve Toryum, MTA genel müdürlüğü Fizibilite Etütleri Daire Başkanlığı, Maden serisi:3, Ankara
- GENÇOĞLU, Muhsin Tunay, Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Türkiye Açısından Önemi, Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği bölümü
- GÜNÜŞEN VARLIK, İpek, Ahmet YILMAZ (2017), Türkiye Ekonomisinde Yenilenebilir Enerji Projelerinin Gerçekleştirilmesinde Sorunlar ve Çözüm Önerileri, Finans Politik & Ekonomik Yorumlar 2017 Cilt: 54 Sayı: 623; s.51-62
- GÖKDEMİR, Murat, Murat İhsan Kömürcü ve Taylan Ulaş Evcimen (2012), Türkiye'de Hidroelektrik Enerji ve HES Uygulamalarına Genel Bakış, Türkiye Mühendislik Haberleri (2012) sayı:417; s.18-26
- İLLEEZ, Bülent (Nisan 2018), Türkiye'de Biyokütle Enerjisi, TMMOB Makina Mühendisleri Odası Raporu, Ankara; Yayın MMO/691; 391-426
- Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular Kanunu (5686 sayılı Kanun 2007), Resmi Gazete, Sayı; 26551
- KAPLUHAN, Erol (2017), Enerji Coğrafyası Açısından Bir İnceleme: Biyokütle Enerjisinin Dünyadaki Ve Türkiye'deki Kullanım Durumu, Marmara Coğrafya Dergisi Sayı: 30, Temmuz-2014, S.97-125
- KARAGÖL, Erdal Tanas, İsmail KAVAS (Nisan 2017), Dünyada ve Türkiye'de Yenilenebilir Enerji, Siyaset, Ekonomi ve Toplum araştırma Vakfı (SETAV), Sayı:197
- KARAGÖL, Erdal Tanas, Ssliye Kaya (2014), Enerji Arz Güvenliği Ve Güney Gaz Koridoru, Seta yayınları, Eylül 2014, sayı;108
- KARAGÖL, Erdal Tanas, Mehmet Rıda, TÜR (2017), Türkiye'de Elektrik Enerjisi, SETA Yayınları 96



- KARAKOYUN, Yakup, Zehra Yumurtacı, Hidroelektrik Santral Projelerinde Çevresel Akış Miktarının Ve Çevresel Etkinin Değerlendirmesi, Yıldız Teknik Üniversitesi,  
Makine Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 34349 Beşiktaş-İstanbul
- KAYA, Tefik (Nisan 2018), Türkiye'nin enerji görünümü 2018: Jeotermal Enerji, TMMOB Makina Mühendisleri Odası Raporu, Ankara; Yayın MMO/691; 383-390 Kaynaklar Bakanlığı Yenel
- KESKİN Tülin, Zerrin Taç Altuntaşoğlu (Nisan 2018), Enerji Verimliliği, TMMOB Makina Mühendisleri Odası Raporu, Ankara; Yayın MMO/691; s.445-469
- KISAR, Abdullah Onur (Haziran 2016), Türkiye’de Rüzgâr Enerjisinin Gelişimi ve Geleceği, EMO İzmir Şubesi bülteni, Sayı: 313; 26-27
- KIVANÇ ATEŞ, Hilal, Ümran SERPEN (2017), Jeotermal Kaynaklardan Açığa Çıkan Karbondioksitten Elektrik Üretimi ve Uygulama Projeleri, TMMOB makina mühendisleri odası, 13. ULUSAL TESİSAT MÜHENDİSLİĞİ KONGRESİ, Jeotermal Enerji Sistemleri Bildirim Kitabı, – 19-22 NİSAN 2017/İZMİR, s.85-97
- KOÇAK, Ali (21-23 Aralık 2005), Türkiye’de Jeotermal Enerji Aramaları ve Potansiyeli, V. Enerji Sempozyumu, TMMOB elektrik Mühendisleri Odası, Milli Kütüphane, Ankara; 217-233
- MELİKOĞLU, Mehmet, Ayhan ALBOSTAN (2011), Türkiye’de Biyoetanol Üretimi ve Potansiyeli, Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 26, No 1, 151-160.
- MİLLİ EĞİTİM BAKANLIĞI (2012), Yenilenebilir Enerji Kaynakları Ve Önemi, Yenilenebilir Enerji Teknolojileri, Ankara, 2012
- MURRAYİ Raymond L.Keith E. HOLBERT (2015) Nuclear Energy, Amsterdam; Elsevier publishing
- ÖZALP, Mustafa (2017), Türkiye’de Nükleer enerji Kurumunun Enerjide DışaBağımlılık ve Arz Güvenliği Etkisi, C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, Cilt 18, Sayı:2; 175-188
- ÖZEV, Muharrem Hilmi (2017), Küresel Denkleme Türkiye’nin Enerji Güvenliği, SETA Yayınları-89, İstanbul

- ÖZDEMİR, Zafer Ömer, Halil MUTLUBAŞ (2016), Biyodizel Üretim Yöntemleri ve Çevresel Etkileri, Kırklareli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Enerji Sistemleri Mühendisliği; S.129-143
- ÖZGÜR, Evren (Nisan 2018), Türkiye'nin enerji görünümü 2018: Güneş enerjisi, TMMOB Makina Mühendisleri Odası Raporu, Ankara; Yayın MMO/691; s.351-372
- ÖZTÜRK, H.Hüseyin (2013),Yenilenebilir enerji Kaynakları, İstanbul; Birsen Yayınevi
- Politikaları, Eurasian Business & Economics Journal, Sayı:9, s.1-21
- Resmi Gazete 17 Temmuz 2008, Çevresel Etki Değerlendirme Yönetmeliği, EK-1 ve EK-2
- Resmi Gazete 25 Kasım 2014, Çevresel Etki Değerlendirme Yönetmeliği, EK-1 ve EK-2
- SABANCI, Alaettin, Mehmet ATAL, Abdulkadir YAŞAR (2006), Türkiye’de Biyodizel Kullanım ve Olanakları, Tarım Makinaları Bilimi Dergisi 2006, 2(1), s.33-39
- SABANCI, Alaettin, M. Necat Ören, Baran Yaşar, H. Hüseyin Öztürk ve Mehmet Atal, Türkiye’de Biyodizel Ve Biyoetanol Üretiminin Tarım Sektörü Açısından Değerlendirilmesi,  
[http://www.zmo.org.tr/resimler/ekler/cf0ed8641cfcbbf\\_ek.pdf](http://www.zmo.org.tr/resimler/ekler/cf0ed8641cfcbbf_ek.pdf)
- SARAÇOĞLU, Nedim (2010), Küresel İklim Değişimi, Biyoenerji ve Enerji Ormancılığı, Ankara; Efil Yayınevi
- SERPEN, Ümran (2017), Türkiye'de Jeotermal Endüstri'nin Gidişatı, TMMOB makina mühendisleri odası, 13. ULUSAL TESİSAT MÜHENDİSLİĞİ KONGRESİ, Jeotermal Enerji Sistemleri Bildirim Kitabı, – 19-22 NİSAN 2017/İZMİR, s.181-190
- SEYDİOĞULLARI, Hatice Selcen (2013), Sürdürülebilir Kalkınma için Yenilenebilir Enerji, TMMOB Şehir plancıları Odası, Planlama 2013;23(1):19-25
- SÖZEN, Eser, Gökhan GÜNDÜZ, Deniz AYDEMİR, Ersin GÜNGÖR (1 Haziran,2017 ),Biyokütle Kullanımının Enerji, Çevre, Sağlık ve Ekonomi Açısından Değerlendirilmesi, Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 19(1): 148-160,

- ŞENEL, Mahmut Can, Erdem Koç (2015), Dünyada ve Türkiye’de Rüzgâr Enerjisi Durumu-Genel Değerlendirme, Mühendis ve Makina, cilt 56, sayı 663, s. 46-56
- TEZCAN ÜN, Ümran, DALGA ENERJİSİ Teknolojisi, Ekonomisi, Çevresel Etkisi ve Dünyadaki Durumu, Anadolu Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü
- TMMOB FİZİK MÜHENDİSLERİ ODASI, (2011), Nükleer Enerji Raporu, Ankara
- TMMOB Makina Mühendisleri Odası Raporu (Nisan 2018), Türkiye'nin enerji görünümü 2018, Ankara; Yayın MMO/691
- Türkiye Kömür İşletmeler Müdürlüğü, 2017 Faaliyet raporu; Araştırma Planlama Ve Koordinasyon Dairesi Başkanlığı Strateji Geliştirme Müdürlüğü Mayıs 2018
- Türkiye Petrolleri Strateji Geliştirme Daire Başkanlığı (Mayıs 2016), Ham Petrol ve Doğal Gaz Sektör Raporu
- Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı 2018 Yılı Ham Petrol Ve Doğal Gaz Sektör Raporu 2019
- Türkiye Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı (2014), T.C. enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
- U.Ü.ZİRAAT FAKÜLTESİ DERGİSİ (2015), Hammaddelerin Değerlendirilmesi, Cilt 29, Sayı 1, 157-168
- World Energy Council (Ekim 2016), Türkiye Enerji Piyasasının Görünümü, İstanbul
- YAMAN, Murat, Fatih HAŞIL (2018), Türkiye'deki Hidroelektrik Santrali (HES) Uygulamalarına Çevre açısından Bakış, Uluslararası Afro-Avrasya Araştırmaları Dergisi, Ocak, Sayı:5;145-156
- YAMAN, Yusuf (2007), Enerji Tasarrufu ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları, İstanbul: Birsen Yayınevi
- YAPRAKLI, sevda (2013), Enerjiye Dayalı Büyüme, İstanbul; Beta Basım
- YAVUZ TİFTİKÇİGİL, Burcu, Çağla Gül YESEVİ (2015), Türkiye'nin Enerji Görünümü Stratejiler ve İlişkiler, İstanbul; Derin yayınları
- Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına Dair Kanunda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun (6094 sayılı Kanun 2011), Resmi Gazete, Sayı; 27809
- Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına Dair Kanun (5346 sayılı Kanun 2005), Resmi Gazete, Sayı; 25819

- YILDIRIM, Metin, İbrahim Örnek (2007), Enerjide Son Seçim; Nükleer Enerji, Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi; 6(1)32-44
- YILMAZ, Olcay, Hakan HOTUNLUOĞLU (2015), Yenilenebilir Enerjiye Yönelik Teşvikler ve Türkiye, Adnan Menderes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Yıl: 2, Sayı: 2; s. 74-97Tür
- YILMAZ, Şayende, (Nisan 2018), Türkiye'nin enerji görünümü 2018: Türkiye Hidroelektrik Potansiyeli ve Gelişme Durumu, TMMOB Makina Mühendisleri Odası Raporu, Ankara; Yayın MMO/691; 309-330
- YURDADOĞ, Volkan, Şebnem TOSUNOĞLU (2017) Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Destek



### İnternet Kaynakları

- ATALAY, Mesut (Ağustos 2003), Türkiye'de Petrol Aramacılığı, Strateji ve Analiz E-Dergisi Sayı:7 <http://www.emreozgur.com/TPETROL.pdf>  
(Erişim Tarihi:06.03.2019)
- BAYULKEN, Ahmet, Nükleer Çağın Türkiye'deki 50 Yılı, İTÜ Enerji Enstitüsü ; [http://www.dektmk.org.tr/pdf/enerji\\_kongresi\\_10/ahmetbayulken.pdf](http://www.dektmk.org.tr/pdf/enerji_kongresi_10/ahmetbayulken.pdf)  
(Erişim Tarihi: 06.03.2019)
- Bilim ve Aydınlanma Akademisi (15.11.2018), Türkiye'nin Nükleer Enerji Macerası ve Akkuyu Nükleer Santrali: Bilinenler ve Bilinmeyenler, Kolektif Yaşamı Kurgulama Bilim Alınkı Enerji Komisyonu <https://enerji.mmo.org.tr/wp-content/uploads/2018/11/Bilim-Ve-Aydınlanma-Akademisi-Akkuyu-Raporu.pdf> (Erişim Tarihi:06.03.2019)
- Enerji Politikaları ve Yatırımlar Üzerindeki Etkisi, TEPAV [https://www.tepav.org.tr/upload/files/1475070941-5.Enerji\\_Politikalari\\_ve\\_Yatirimlar\\_Uzerindeki\\_Etkisi.pdf](https://www.tepav.org.tr/upload/files/1475070941-5.Enerji_Politikalari_ve_Yatirimlar_Uzerindeki_Etkisi.pdf) (Erişim Tarihi:09.04.2019)
- ENİŞ, Ahmet, Enerji Politikaları; Yerli, Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Makina Mühendisleri Odası Enerji Çalışma Grubu bülteni; 175-207 [http://www.emo.org.tr/ekler/c5689792e08eb2e\\_ek.pdf](http://www.emo.org.tr/ekler/c5689792e08eb2e_ek.pdf) (Erişim Tarihi:08.03.2019)
- ERTUĞRUL, Barış, Tolga GÜNER, Biyokütle Enerjisi Potansiyelimiz, <https://www.stb.org.tr/Dosyalar/Arastirmalar/biyokutle-potansiyelimiz.pdf>  
(Erişim Tarihi:23.03.019)
- Deloitte (2014), Biyokütlenin Altın Çağı,<https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/tr/Documents/energy-resources/Biyok%C3%BCtlenin%20alt%C4%B1n%20%C3%A7a%C4%9F%C4%B1Sonn.pdf> (Erişim Tarihi:11.03.2019)
- Deloitte (2011), Yenilenebilirler İçin Yeni Hayat Yenilenebilir Enerji Politikaları ve Beklentiler, Enerji ve Doğal Kaynaklar Endüstrisi, İstanbul
- Dünya Enerji Kongresi 2016, Türkiye Piyasaları Enerji Görünümü, İstanbul <https://www.dunyaenerji.org.tr/wp-content/uploads/2017/10/turkiye-enerji-piyasasinin-gorunumu.pdf> (Erişim Tarihi:03.03.2019)

GÖKDEMİR, Murat, Murat İhsan Kömürcü, Taylan Ulaş Evcimen (2012), Türkiye’de Hidroelektrik Enerji ve HES Uygulamalarına Genel Bakış, İMO Su Yapıları Kurulu;18-26

[http://www.imo.org.tr/resimler/dosya\\_ekler/d8c5e9986a1c41b\\_ek.pdf?dergi=260](http://www.imo.org.tr/resimler/dosya_ekler/d8c5e9986a1c41b_ek.pdf?dergi=260) (Erişim Tarihi:07.03.2019)

KOCAMAN, Rahmi, Birsen KOCAMAN,(11-12 Ocak 2017), Kömürden Enerji elde Edilmesi, 8.Enerji Verimliliği Forum ve Fuarı, İstanbul

<http://www.yegm.gov.tr/verimlilik/sunum2017/8.Bildiriler/Kömürden%20Enerji%20Elde%20Edilmesi.pdf> (Erişim Tarihi:10.04.2019)

KPMG (2018), Enerji Sektörel Bakış 2018,

<https://home.kpmg/tr/tr/home/gorusler/2018/02/sektorel-bakis-2018-enerji.html> (Erişim Tarihi:02.03.2019)

KPMG (2019), Enerji Sektörel Bakış 2019,

<https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/tr/pdf/2019/03/sektorel-bakis-2019-enerji.pdf> (Erişim Tarihi:07.03.2019)

SABANCI, Alaettin, M. Necat ÖREN, Baran YASAR, H. Hüseyin ÖZTÜRK, Mehmet ATAL, Türkiye’de Biyodizel Ve Biyoetanol Üretiminin Tarım Sektörü Açısından Değerlendirilmesi, [http://www.zmo.org.tr/resimler/ekler/cf0ed8641cfcbbf\\_ek.pdf](http://www.zmo.org.tr/resimler/ekler/cf0ed8641cfcbbf_ek.pdf) (Erişim Tarihi:24.03.2019)

Türkiye’nin Enerji Verimliliği Haritası ve Hedefler, Koç üniversitesi , <http://www.en-ver.org.tr/UserFiles/Article/90dfee6d-4004-4165-99c0-5642a4e90ed0.pdf> (Erişim Tarihi: 23.04.2019)

WWF-Türkiye Doğal Hayatı Koruma Vakfı(2011), Enerji Verimliliği ve İklim Değişikliği, İstanbul [https://d2hawiim0tjbd8.cloudfront.net/downloads/wwf\\_enerjiverimliliği.pdf](https://d2hawiim0tjbd8.cloudfront.net/downloads/wwf_enerjiverimliliği.pdf) (Erişim Tarihi:19.03.2019)

WWF Türkiye Raporu, Türkiye'nin Yenilenebilir Gücü, 2014, [http://awsassets.wwftr.panda.org/downloads/turkiye\\_nin\\_yenilenebilir\\_gucu\\_son.pdf](http://awsassets.wwftr.panda.org/downloads/turkiye_nin_yenilenebilir_gucu_son.pdf) (Erişim Tarihi:15.03.2019)

YÜKSEL, Mete (21 Mayıs 2010), Nükleer Enerji ve Türkiye, [http://www.tasam.org/tr-TR/Icerik/1261/nukleer\\_enerji\\_ve\\_turkiye](http://www.tasam.org/tr-TR/Icerik/1261/nukleer_enerji_ve_turkiye) (Erişim Tarihi:12.04.2019)

- Zorlu Enerji, Güneş Enerjisinin Bugünü ve Yarını: Türkiye İçin Çıkarımlar,  
<http://www.guyad.org/Eklenti/13,zorlu-gunes-enerjisi-raporupdf.pdf?0>  
(Erişim Tarihi:09.03.2019)
- [https://pvpaneller.weebly.com/uploads/7/1/2/8/7128467/yenilenebilir\\_enerji\\_politikalar\\_trkiye.pdf](https://pvpaneller.weebly.com/uploads/7/1/2/8/7128467/yenilenebilir_enerji_politikalar_trkiye.pdf) (Erişim Tarihi:18.03.2019)
- <https://www.enerjiportali.com/enerji-nedir-enerji-kaynaklari-nelerdir/>  
(Erişim Tarihi:25.02.2019)
- [http://www.yegm.gov.tr/genc\\_cocuk/Enerji\\_Nedir.aspx](http://www.yegm.gov.tr/genc_cocuk/Enerji_Nedir.aspx) (Erişim Tarihi: 25.02.2019)
- <https://www.teknoraysolar.com.tr/gunes-enerjisi-nedir-ve-kullanım-alanlari/>  
(Erişim Tarihi: 25.02.2019)
- [http://www.wwf.org.tr/ne\\_yapiyoruz/iklim\\_degisikligi\\_ve\\_enerji/yenilenebilirnerji\\_ve\\_enerjiverimlilik/kisakisayenilenebilirenerjikaynaklari/](http://www.wwf.org.tr/ne_yapiyoruz/iklim_degisikligi_ve_enerji/yenilenebilirnerji_ve_enerjiverimlilik/kisakisayenilenebilirenerjikaynaklari/)  
(Erişim Tarihi: 26.02.2019)
- <https://www.enerjiatlası.com/ulkelere-gore-jeotermal-enerji.html>  
(Erişim Tarihi: 26.02.2019)
- <https://www.enerjiatlası.com/ulkelere-gore-gunes-enerjisi.html>  
(Erişim Tarihi: 26.02.2019)
- <https://www.enerjiatlası.com/rezerv/dunya-petrol-rezervi.html>  
(Erişim tarihi:27.02.2018)
- [http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/jeo\\_kullanım\\_alanlari.aspx](http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/jeo_kullanım_alanlari.aspx)  
(Erişim Tarihi: 26.02.2019)
- [http://www.emo.org.tr/ekler/3f010d6bc392b90\\_ek.pdf](http://www.emo.org.tr/ekler/3f010d6bc392b90_ek.pdf) (Erişim Tarihi: 26.02.2019)
- [http://www.wwf.org.tr/ne\\_yapiyoruz/iklim\\_degisikligi\\_ve\\_enerji/yenilenebilirnerji\\_ve\\_enerjiverimlilik/kisakisayenilenebilirenerjikaynaklari/](http://www.wwf.org.tr/ne_yapiyoruz/iklim_degisikligi_ve_enerji/yenilenebilirnerji_ve_enerjiverimlilik/kisakisayenilenebilirenerjikaynaklari/)  
(Erişim Tarihi:26.02.2019)
- <https://www.enerjibes.com/dalga-enerjisi/> (Erişim Tarihi:26.02.2019)
- <https://www.elektrikport.com/makale-detay/gelgit-enerjisinden-elektrik-elde edilmesi/4357#ad-image-0> (Erişim Tarihi:26.02.2019)
- <http://www.cevreenerji.org/sayfa/91/okyanus-enerjisi> (Erişim Tarihi: 27.02.2019)
- <https://www.enerjisistemlerimuhendisligi.com/biyokutle-enerjisi.html>  
(Erişim Tarihi:26.02.2019)

- <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/tr/Documents/energy-resources/Biyokütlenin%20altın%20çağıSonnn.pdf>(Erişim Tarihi:27.02.2019)
- <http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/biyoetanol.aspx> (Erişim Tarihi:27.02.2019)
- <http://dergipark.gov.tr/download/article-file/154239> (Erişim tarihi:27.02.2019)
- <https://malzemebilimi.net/biyogaz-nedir-tarimda-biyogaz-enerjisinin-kullanimi.html>  
(Erişim Tarihi:28.02.2019)
- <http://www.gazbir.org.tr/uploads/page/Dunya-ve-Turkiye-Enerji-Gorunumu.pdf>  
(Erişim Tarihi:27.02.2018)
- <http://www.nkfu.com/petrolun-avantajlari-ve-dezavantajlari-nelerdir/>  
(Erişim Tarihi:27.02.2019)
- <http://www.tki.gov.tr/bilgi/komur/enerji-ve-komur/232> (Erişim Tarihi:28.02.2019)
- <http://www.greenpeace.org/turkey/tr/news/koemuer-hakk-nda-10-ac-ger-ek/>  
(Erişim Tarihi:28.02.2019)
- <https://www.petform.org.tr/arama-uretim-sektoru/dogal-gaz-nedir/>  
(Erişim Tarihi:28.02.2019)
- <https://www.termodinamik.info/gorus/dogalgaz-ve-cevre-etkisi>  
(Erişim Tarihi:28.02.2019)
- <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Nukleer-Enerji> (Erişim Tarihi:28.02.2019)
- <https://nukleer.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Dunyada-Nukleer-Guc-Santralleri>  
(Erişim Tarihi:28.02.2017)
- <http://nukleerakademi.org/nukleer-santraller-ve-cevre/cevresel-etkiler/>  
(Erişim Tarihi:01.03.2019)
- <http://nukleerakademi.org/nukleer-guvenlik/teknolojik-guvenlik-tedbirleri-ve-denetim/> (Erişim Tarihi:01.03.2019)
- <http://www.taek.gov.tr/tr/2016-06-09-00-43-55/162-nukleer-yakit-cevrimi/1072-nuekleer-hammadde-uranyum-toryum.html> (Erişim Tarihi:01.03.2019)
- <http://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/uranyum> (Erişim Tarih:01.03.2019)
- <https://www.petform.org.tr/arama-uretim-sektoru/turkiyede-petrol-uretimi/>  
(Erişim Tarihi:04.03.2019)
- <http://www.tpao.gov.tr/?mod=projeler&contID=94> (Erişim Tarihi:05.03.2019)
- <http://www.tki.gov.tr/depo/file/YazBilMet.pdf> (Erişim Tarihi:05.03.2019)



- <http://www.taek.gov.tr/tr/sik-sorulan-sorular/136-nukleer-enerji-ve-nukleer-reaktorler-sss/852-su-ana-kadar-neden-turkiyede-nukleer-santral-kurulmadi.html> (Erişim Tarihi:06.03.2019)
- [http://web.archive.org/web/20160304212659/http://www.enerji2023.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=152:tuerkye-acisindan-nuekleer-enerjnn-yer&catid=6:nuekleer&Itemid=221](http://web.archive.org/web/20160304212659/http://www.enerji2023.org/index.php?option=com_content&view=article&id=152:tuerkye-acisindan-nuekleer-enerjnn-yer&catid=6:nuekleer&Itemid=221) (Erişim Tarihi:06.03.2019)
- <https://www.ntv.com.tr/ekonomi/nukleer-enerjinin-turkiyedeki-tarihcesi,LI7qG7zm-0q6yZLV0rHy7g> (Erişim Tarihi:06.03.2019)
- [https://tr.wikipedia.org/wiki/Türkiye%27de\\_nükleer\\_enerji](https://tr.wikipedia.org/wiki/Türkiye%27de_nükleer_enerji) (Erişim Tarihi:06.03.2019)
- <https://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2F1%2FDocuments%2FSayfalar%2FNükleer+Bilgilendirme+Kitapçığı.pdf> (Erişim Tarihi:06.03.2019)
- [http://www.oryaenerji.com.tr/turkiye\\_ve\\_hesler.aspx](http://www.oryaenerji.com.tr/turkiye_ve_hesler.aspx) (Erişim Tarihi:07.03.2019)
- <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Hidrolik> (Erişim Tarihi:07.03.2019)
- <http://hidroelektrik-santrali.nedir.org> (Erişim Tarihi:07.03.2019)
- [https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/18478/mod\\_resource/content/0/YENİLENEBİLİR%20ENERJİ%20KAYNAKLARI%20VE%20TEKNOLOJİLERİ%207.pdf](https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/18478/mod_resource/content/0/YENİLENEBİLİR%20ENERJİ%20KAYNAKLARI%20VE%20TEKNOLOJİLERİ%207.pdf) (Erişim Tarihi:07.03.2019)
- [https://www.wwf.org.tr/ne\\_yapiyoruz/ayak\\_izinin\\_azaltilmasi/su/yenilenebilir\\_enerjinin\\_surdurulebilirligi/hes\\_nedir2/](https://www.wwf.org.tr/ne_yapiyoruz/ayak_izinin_azaltilmasi/su/yenilenebilir_enerjinin_surdurulebilirligi/hes_nedir2/) (Erişim Tarihi:07.03.2019)
- <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Ruzgar> (Erişim Tarihi:07.03.2019)
- [https://www.wwf.org.tr/ne\\_yapiyoruz/ayak\\_izinin\\_azaltilmasi/su/yenilenebilir\\_enerjinin\\_surdurulebilirligi/cevresel\\_akis\\_nedir/](https://www.wwf.org.tr/ne_yapiyoruz/ayak_izinin_azaltilmasi/su/yenilenebilir_enerjinin_surdurulebilirligi/cevresel_akis_nedir/) (Erişim Tarihi:08.03.2019)
- <http://ekolojist.net/ruzgar-enerjisi-ve-turkiye/> (Erişim Tarihi:08.03.2019)
- <https://www.yenienerji.com/makale/offshore-ruzgar-enerji-santralleri> (Erişim Tarihi:08.03.2019)
- <http://www.gunessistemleri.com/tarihsel.php> (Erişim Tarihi:08.03.2019)
- <http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx> (Erişim Tarihi:08.03.2019)
- <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Gunes> (Erişim Tarihi:08.03.2019)
- <http://www.mta.gov.tr/v3.0/arastirmalar/jeotermal-enerji-arastirmalari> (Erişim Tarihi:10.03.2019)

<https://www.enerjiportali.com/turkiyenin-biyokutle-gucu-surdurulebilirlik-icin-secenek/> (Erişim Tarihi:23.03.2019)

<https://www.enerjiportali.com/enerjide-biodizel-firsatlari-turkiyeye-neler-katabilir/> (Erişim Tarihi:23.03.2019)

<https://www.enerjiportali.com/kenevir-yetistirilerek-turkiyede-315-milyon-ton-biodizel-uretilebilir/> (Erişim Tarihi:23.03.2019)



## ÖZGEÇMİŞ

Mediha Nazan KAVURAN, 1985 yılında Rize ili Pazar ilçesinde doğmuştur. İlk, orta ve lise öğrenimini Rize'nin Fındıklı ilçesinde tamamlamıştır. 2007 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Tirebolu Meslek Yüksekokulu Bankacılık ve Sigortacılık bölümünden mezun olmuştur. 2007 yılında dikey geçiş sınavını kazanarak Giresun Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi İktisat bölümünü kazanmış ve 2010 yılında mezun olmuştur. Yüksek lisans eğitimini 2019 yılında Giresun Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı'nda tamamlamıştır.

Türkiye İş Bankası'nda 2012 yılından beri çalışmakta olan Mediha Nazan KAVURAN evli ve bir çocuk sahibidir.

